สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แบบจำลองระบบควบคุมคลังสินค้า

WAREHOUSE CONTROL

T062023

โดย

นายเกียรติสกุล วัชรินทร์ยานนท์

นายชวลิต หอรังสิวัฒน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62023
วัน,เดือน,ปี 25 ก.ค. 2549

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เชิงกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองระบบควบคุมคลังสินค้า

WAREHOUSE CONTROL

โดย

นาย เกียรติสกุล วัชรินทร์ยานนท์ รหัส 44010040

นาย ชวลิต หอรังสิวัฒน์ รหัส 44010095

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เชิงกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เชิงกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แบบจำลองระบบควบคุมคลังสินค้า

WAREHOUSE CONTROL

ผู้จัดทำ

นาย เกียรติสกุล วัชรินทร์ยานนท์ รหัส 44010040

นาย ชวลิต หอรังสิวัฒน์ รหัส 44010095

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองระบบควบคุมคลังสินค้า

เกียรติสกุล วัชรินทร์ยานนท์ รหัส 44010040
ชวลิต หอรังสิวัฒน์ รหัส 44010095
อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.เกียรติวรรณ ทรงสัตย์
ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการสร้างแบบจำลองระบบจัดการคลังสินค้าโดยใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการเก็บข้อมูล ตรวจสอบรายการสินค้าคงคลังและประมวลผลเพื่อสั่งการให้มีการนำสินค้าเข้าออกตามคำสั่งของผู้ใช้ โดยการส่งสัญญาณควบคุมผ่านทางพอร์ตอนุกรมสั่งการรถยกซึ่งควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 มีส่วนตรวจจับใช้เซนเซอร์ที่ประกอบด้วยตัวส่งและตัวรับแสงอินฟาเรด และมีส่วนขับเคลื่อนที่ใช้มอเตอร์กระแสตรง ให้ทำการขนสิ้นค้าเข้า และออกจากคลังสินค้า

WAREHOUSE CONTROL

Kietsakul Watchrinyanon 44010040
Chawalit Horrangsiwat 44010095
Advisor
Kiatiwan Songsat
2004

Abstract

This project presents the design and making of the warehouse control system by using the personal computer to store information of the users in the database, display the status of the warehouse and receive the order from the user. After receiving order the computer will check the status of the warehouse and transmit the control signal through the serial port to the fork lift car which is control by microprocessor. The fork lift car uses the infared light emitting diodes and photo transistors as the sensors and DC motors as the drivers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน ท่านแรกที่ต้องกล่าวถึงคืออาจารย์เกียรติวรรณ ทรงสัตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยาพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา อีกทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้เสมอมา ซึ่งในความกรุณาของอาจารย์ทุกท่านต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ผู้ซึ่งให้โอกาสทางการศึกษาและยังให้กำลังใจรวมทั้งความเอาใจใส่เสมอมาในทุก ๆ ด้าน

นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และกำลังใจที่ดีเสมอมา

เกียรติสกุล วัชรินทร์ยานนท์

ชวลิต หอรังสิวัฒน์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ i

สารบัญตาราง iii

สารบัญรูป iv

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา 1

1.2 ขอบเขตของโครงงาน 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและการออกแบบ 2

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 2

2.1.1 โครงสร้างพื้นฐาน 2

2.1.2 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 4

2.1.3 พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 7

2.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม 9

2.2.1 การส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1 (Standard UART) 11

2.2.2 อัตราการส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1 12

2.2.3 การอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรมของ MCS – 51 12

2.2.4 พอร์ตอนุกรมของ PC 13

2.2.5 ระบบการอินเตอร์เฟส RS-232 14

2.3 การตรวจจับตำแหน่ง 15

2.4 การควบคุมมอเตอร์ 16

2.5 การเขียนโปรแกรมภาษา C 19

2.6 การออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์ 20

2.6.1 โครงสร้างรถยก 20

2.6.1.1 ส่วนตรวจจับตำแหน่ง 21

2.6.1.2 ส่วนขับเคลื่อน 22

2.6.1.3 ส่วนรับข้อมูล 23

2.6.1.4 ส่วนควบคุม 23

2.6.2 โครงสร้างคลังสินค้า 28

2.7 การออกแบบทางซอฟท์แวร์ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.7.1 การออกแบบระบบฐานข้อมูล 30

2.7.1.1 การออกแบบฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบการล็อกอิน (Log in) 30

2.7.1.2 การออกแบบฐานข้อมูลของคลังสินค้า 31

2.7.1.3 ฐานข้อมูลที่ใช้ในการรายงานการใช้ 31

2.7.2 การออกแบบหน้าจอในการติดต่อกับผู้ใช้ 32

2.7.2.1 ส่วนของการเข้าสู่ระบบการใช้งาน (Log in) 33

2.7.2.2 ส่วนของการใช้งาน 34

2.7.2.3 ส่วนของการรายงานข้อมูลการใช้งาน 40

บทที่ 3 ผลการทดลอง 42

3.1 การเข้าสู่ระบบใช้งาน (Log in) 42

3.2 การขนถ่ายสินค้าเข้าสู่คลัง 43

3.3 การขนถ่ายสินค้าออก 46

3.4 การรายงานข้อมูลการใช้งาน 47

บทที่ 4 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ 49

เอกสารอ้างอิง 50

ภาคผนวก ก. วงจรรวม ก-1

ภาคผนวก ข. Microsoft Visual Basic เบื้องต้น ข-1

ภาคผนวก ค. โปรแกรมภาษาซี ค-1

ภาคผนวก ง. ดาต้าชีท ง-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	รีจิสเตอร์ TCON (Timer/Counter Control Register)	5
ตารางที่ 2.2	รีจิสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)	6
ตารางที่ 2.3	รีจิสเตอร์ SCON (Serial Port Control Register)	8
ตารางที่ 2.4	รีจิสเตอร์ PCON (Port Control Register)	12
ตารางที่ 2.5	คุณสมบัติของ RS – 232	14
ตารางที่ 2.6	การทำงานของ L293D	18
ตารางที่ 2.7	รูปแบบฟิลด์ฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบการ ล็อกอิน	30
ตารางที่ 2.8	รูปแบบฟิลด์ฐานข้อมูลของคลังสินค้า	31
ตารางที่ 2.9	รูปแบบฟิลด์ในฐานข้อมูลในการใช้งาน	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การจัดขาของ 89C51 4
รูปที่ 2.2 รูปแบบการรับส่งข้อมูลในโหมด 1 11
รูปที่ 2.3 ขาสัญญาณของ RS – 232 แบบ DB – 9 13
รูปที่ 2.4 วงจรรับส่งข้อมูลอนุกรม 15
รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายใน LM324 15
รูปที่ 2.6 วงจรตรวจจับตำแหน่ง 16
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างสัญญาณควบคุมแบบ PWM ที่มี ดิวตี้ ไซเคิล ต่าง ๆ 17
รูปที่ 2.8 โครสร้างภายใน L293D 18
รูปที่ 2.9 วงจรขับมอเตอร์ 19
รูปที่ 2.10 การแปลโปรแกรมภาษา C ให้เป็นภาษาเครื่อง 20
รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของรถยก 21
รูปที่ 2.12 แผนภาพการติดตั้งเซนเซอร์ 21
รูปที่ 2.13 ภาพการติดตั้งเซนเซอร์ 22
รูปที่ 2.14 โครงสร้างลิฟต์ยกสินค้า 23
รูปที่ 2.15 โฟลวชาร์ตการควบคุมให้รถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนด 24
รูปที่ 2.15 โฟลวชาร์ตการควบคุมให้รถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนด 25
รูปที่ 2.17 แผนภาพแบบจำลองคลังสินค้า 29
รูปที่ 2.18 แบบจำลองคลังสินค้า 29
รูปที่ 2.19 รูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงรายชื่อผู้ใช้ 30
รูปที่ 2.20 รูปแบบฟิลด์ที่อ้างอิงถึงสถานะภายในคลังสินค้า 31
รูปที่ 2.21 รูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงข้อมูลการใช้งาน 32
รูปที่ 2.22 แสดงส่วนของหน้าจอ Log In 33
รูปที่ 2.23 Flow Chart แสดงขั้นตอนการ Log in 34
รูปที่ 2.24 แสดงหน้าจอการใช้งานหลัก 35
รูปที่ 2.25 แสดงหน้าจอสถานะภายในคลังสินค้า 36
รูปที่ 2.26 Flow Chart แสดงการทำงานของระบบเมื่อต้องการขนถ่ายสินค้าเข้า 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 2.27 Flow Chart แสดงการทำงานของระบบเมื่อต้องการขนถ่ายสินค้าออก 39
รูปที่ 2.28 แสดงส่วนของหน้าจอรายงานการใช้งาน 40
รูปที่ 2.29 แสดงหน้าจอการรายงานการใช้งานเพิ่มเติม 41
รูปที่ 3.1 แสดงหน้าจอเข้าสู่ระบบใช้งาน 42
รูปที่ 3.2 แสดงกล่องข้อความรายงานความผิดพลาด 42
รูปที่ 3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ 43
รูปที่ 3.4 แสดงหน้าจอการใช้งานเพื่อขนถ่ายสินค้าเข้า 44
รูปที่ 3.5 กล่องข้อความแสดงความผิดพลาด 44
รูปที่ 3.6 การขนถ่ายสินค้าเข้า 45
รูปที่ 3.7 กล่องข้อความแสดงการรายงานผล 45
รูปที่ 3.8 กล่องข้อความแสดงความผิดพลาด 46
รูปที่ 3.9 กล่องข้อความแสดงความผิดพลาด 46
รูปที่ 3.10 กล่องข้อความรายงานผล 47
รูปที่ 3.11 แสดงหน้าจอการรายงานผลการใช้งาน 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในอดีตเรื่อยมาจนกระทั่งปัจจุบัน ระบบการตลาดของธุรกิจต่างๆจะมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ การขาย การขนส่ง การจัดการทางบัญชีและการจัดการสินค้าคงคลัง ซึ่งแต่ละส่วนนั้นจำเป็นจะต้องได้รับการควบคุมโดยพนักงานที่แบ่งเป็นฝ่ายต่างๆ แล้วนำข้อมูลมาแลกเปลี่ยนประสานงานกัน งานทางด้านการจัดการสินค้าคงคลังสามารถมองเป็นภาพรวมได้คือ การนำสินค้าที่ผลิตได้มาจัดเก็บ การนำสินค้าที่จัดเก็บออกมาเพื่อส่งขาย และการตรวจสอบปริมาณสินค้าคงคลัง ซึ่งโดยส่วนใหญ่ในกิจการขนาดใหญ่ที่มีสินค้าคงคลังจำนวนมาก ก็จะใช้คลังสินค้าที่มีลักษณะเป็นโกดัง (Warehouse) ในการจัดเก็บ และทำการเคลื่อนย้ายสินค้าเข้า และออกโดยใช้รถยก (Forklift) ขับไปขนย้ายสินค้าตามชั้นวางภายในโกดัง ตามคำสั่งที่ได้รับจากส่วนงานการตรวจสอบปริมาณสินค้าคงคลัง

จากระบบงานการจัดการคลังสินค้าดังกล่าว สามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลและการประมวลผล นอกจากนั้นหากเราสามารถนำเอาระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ ด้วยการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์กับงานดังกล่าวก็จะทำให้ระบบทำงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ในโครงงานนี้จึงมุ่งพัฒนาแบบจำลองระบบจัดการคลังสินค้าที่ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการเก็บข้อมูล สั่งการ และทำงานร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมให้รถยกสามารถทำการเคลื่อนย้ายสินค้าในคลังสินค้าได้ตามความต้องการ โดยไม่ต้องมีคนขับประจำบนตัวรถเพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไปสู่การทำงานในระบบจริง

1.2 ขอบเขตการทำงานของโครงงาน

ขอบเขตของโครงงานนี้ จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน้าที่เก็บข้อมูลการเข้าออกของสินค้า รับคำสั่งจากผู้ใช้ นำมาประมวลผลเพื่อสั่งการให้รถยกทำงาน และรายงานการใช้งานย้อนหลัง
2. ส่วนของรถยกทำหน้าที่รับคำสั่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อนำสินค้าเข้า หรือออกจากตำแหน่งดังกล่าว
3. ส่วนของคลังสินค้าจำลองทำหน้าที่เป็นที่เก็บสินค้า ซึ่งตัวคลังสินค้าประกอบด้วยชั้นวาง 2 ชั้น แต่ละชั้นเก็บสินค้าได้ 6 ชิ้น นอกจากนี้ พื้นของคลังสินค้ายังทำหน้าที่กำหนดเส้นทางวิ่งของรถด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและการออกแบบ

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51

2.1.1 โครงสร้างพื้นฐาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 มีคุณสมบัติพื้นฐานดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลช สามารถลบ และเขียนใหม่ได้ประมาณหนึ่งพันครั้ง
- ขาพอร์ตเป็นเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ตัวสามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 5 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

หน้าที่การใช้งานของแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 มีดังนี้

Vcc : สำหรับต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้า (+5V)

Vss : สำหรับต่อกราวด์

P0 : มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุทสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพิแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุทได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนกานมัลติเพล็กเข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรส และขาข้อมูล

P1 : มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นขา P1.0 ยังถูกใช้เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

P2 : มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพิแดนซ์สูง สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุทได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ตสูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

P3 : มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพิแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุทได้ นอกจากนั้นชาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RXD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TXD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INT0

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

RST : ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้จะต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

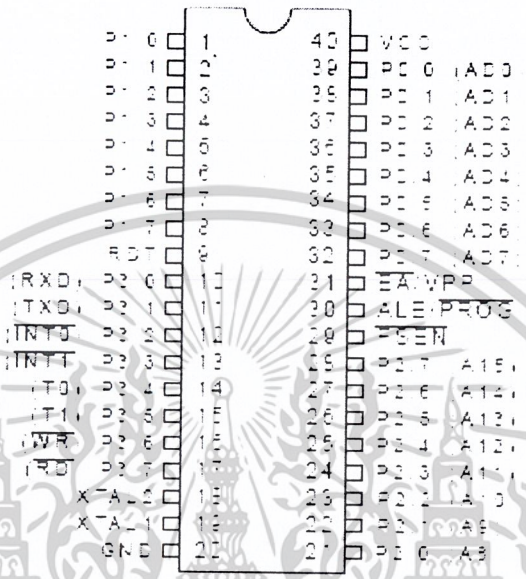
ALE : เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต0เมื่อมีการใช้หน่วยความจำภายนอก

PSEN : ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญารออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา

EA/Vpp : ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอก หรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายใน ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังเป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 ต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XTAL1/2 : เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.1 การจัดขาของ 89C51

2.1.2 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 ใน 89C51มีรีจิสเตอร์ที่ต้องเกี่ยวข้องเป็นพื้นฐานอยู่ 6 ตัว ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

รีจิสเตอร์ไทเมอร์

มีอยู่ด้วยกัน 4 ตัวคือ TL0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH. TH0มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH. TL1มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH และ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8DH แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต แต่ในการใช้งานทั่วไปมักใช้ร่วมกัน โดยจัดเป็นคู่ คือ TL0 กับ TH0 รวมกันเป็นรีจิสเตอร์ Timer 0 ขนาด 16 บิต และ TL1 กับ TH1 รวมกันเป็นรีจิสเตอร์ Timer 1 ขนาด 16 บิต โดยใน TL0 และ TL1 เก็บข้อมูล 8 บิตล่าง ส่วน TH0 และ TH1 เก็บข้อมูล 8 บิตบน รีจิสเตอร์ไทเมอร์ทั้ง 2 คู่ เมื่อนำมาใช้ร่วมกันจะสามารถเก็บค่าของการนับได้สูงสุด 65,536 หรือ FFFFH เมื่อนับถึงค่านี้แล้วจะวนไปเริ่มนับ 0000H ใหม่ และเมื่อเกิดการนับรอบใหม่ บิต TF0 หรือ TF1 ในรีจิสเตอร์ TCON ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไทเมอร์จะเกิดการเซต เพื่อแจ้งให้ทราบว่า นับเกินค่าสูงสุดแล้ว การเซตบิต TF0 หรือ TF1 ขึ้นอยู่กับว่าเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ไทเมอร์ตัวใด

รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (TCON – Timer/Counter Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 88H สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ตารางที่ 2.1 รีจิสเตอร์ TCON (Timer/Counter Control Register)

บิตที่ 7 TF1 เซตด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อค่าของรีจิสเตอร์ไทเมอร์ 1 เกิดการนับเหิน หรือเกิดโอเวอร์โฟลว การเคลียร์บิตนี้ทำได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เช่นกัน โดยบิตนี้จะเคลียเมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

บิตที่ 6 TR1 ใช้ในการเปิดปิดการทำงานของไทเมอร์ 1 ทำการเซต และเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอท์ฟแวร์ถ้าต้องการให้ไทเมอร์ 1 ทำงานต้องเซตบิตนี้เป็น "1"

บิตที่ 5 TF0 เซตด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อค่าของรีจิสเตอร์ไทเมอร์ 0 เกิดการนับเหิน หรือเกิดโอเวอร์โฟลว การเคลียร์บิตนี้ทำได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เช่นกัน โดยบิตนี้จะเคลียเมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

บิตที่ 4 TR0 ใช้ในการเปิดปิดการทำงานของไทเมอร์ 0 ทำการเซต และเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอท์ฟแวร์ถ้าต้องการให้ไทเมอร์ 0 ทำงานต้องเซตบิตนี้เป็น "1"

บิตที่ 3 IE1 บิตนี้ใช้ในกระบวนการอินเตอร์รัปต์ สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อสามารถตรวจจับขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INT1 ได้ และจะทำการเคลียร์เมื่อมีการบริการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

บิตที่ 2 IT1 บิตนี้ใช้ในกระบวนการอินเตอร์รัปต์ โดยใช้ในการเลือกลักษณะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ต้องการให้ทำการตอบสนองสำหรับขา INT1 การเซต และเคลียร์ทำได้ด้วยกระบวนการทางซอท์ฟแวร์

IT1 = "0" เลือกขอบขาลงของสัญญาณ

IT1 = "1" เลือกระดับลอจิกต่ำ

บิตที่ 1 IE0 บิตนี้ใช้ในกระบวนการอินเตอร์รัปต์ สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อสามารถตรวจจับขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INT0 ได้ และจะทำการเคลียร์เมื่อมีการบริการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

บิตที่ 0 IT0 บิตนี้ใช้ในกระบวนการอินเตอร์รัปต์ โดยใช้ในการเลือกลักษณะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ต้องการให้ทำการตอบสนองสำหรับขา INT0 การเซต และเคลียร์ทำได้ด้วยกระบวนการทางซอท์ฟแวร์

IT0 = "0" เลือกขอบขาลงของสัญญาณ

IT0 = "1" เลือกระดับลอจิกต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์เลือกหมวดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (TMOD – Timer/Counter Mode Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 89H ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ 4 บิตล่างใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์ 0 และ 4 บิตบนใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์ 1 ดังนั้นในการอธิบายการทำงานจะขออธิบายเพียงส่วนเดียวดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
Timer 1				Timer 0			

ตารางที่ 2.2 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)

บิตที่ 7 GATE ใช้เลือกลักษณะการควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์

GATE = "0" ไทเมอร์จะทำงานเมื่อบิต TRx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น "1" เรียกการควบคุมแบบนี้ว่า การควบคุมทางซอฟท์แวร์

GATE = "1" ไทเมอร์จะทำงานเมื่อบิต TRx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น "1" และสถานะลอจิกที่ขา INT0 และ INT1 เป็น "1" เรียกการควบคุมแบบนี้ว่า การควบคุมทางฮาร์ดแวร์

บิตที่ 6 C/T ใช้เลือกลักษณะการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์

C/T = "0" เลือกให้ทำงานเป็นไทเมอร์ โดยใช้สัญญาณอินพุตจากสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

C/T = "1" เลือกให้ทำงานเป็นเคาน์เตอร์ โดยรับสัญญาณอินพุตทางขา T0 หรือ T1

บิตที่ 5 M1 และบิตที่ 4 M0 ใช้เลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์

M1 = "0" M0 = "0" ทำงานในโหมดไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 13 บิต

M1 = "0" M0 = "1" ทำงานในโหมดไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต

M1 = "1" M0 = "0" ทำงานในโหมดไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 8 บิต แบบตั้งค่าอัตโนมัติ

M1 = "1" M0 = "1" สำหรับไทเมอร์ 0 ทำงานในโหมดไทเมอร์/เคาน์เตอร์แยกส่วน โดยแยกออกเป็นไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 8 บิต 2 ตัว รีจิสเตอร์ TL0 จะได้รับการควบคุมการเปิดปิดจากบิต TR0 ในรีจิสเตอร์ TCON และ รีจิสเตอร์ TH0 จะได้รับการควบคุมการเปิดปิดจากบิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON ในกรณีของไทเมอร์ 1 เป็นการสั่งให้หยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการทำงานของไทเมอร์ทั้ง 4 แบบ ในที่นี้จะใช้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ในการอธิบาย สามารถอธิบายได้ดังนี้

โหมด 0 เป็นการกำหนดให้ใช้งานรีจิสเตอร์ TL1 เพียง 5 บิต และ TH1 ครบ 8 บิต โดย TL1 จะทำหน้าที่คล้ายกับเป็นปรีสเกลเลอร์หาร 32 สัญญาณอินพุตสำหรับการนับจะเลือกจากสัญญาณนาฬิกาภายในหรือภายนอกผ่านทางขา T1 ขึ้นอยู่กับการควบคุมของบิต C/T และ GATE ในรีจิสเตอร์ TMOD, บิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON และสถานะลอจิกที่ขา INT1 เมื่อนับครบ 32 คือจาก 0 – 31 ก็จะส่งสัญญาณไปยัง TH1 เพื่อทำการเพิ่มค่า ดังนั้นในโหมดนี้ค่าของการนับจะมีขนาด 13 บิต เมื่อทำการนับครบรอบ ก็จะทำการเซตบิต TF1 ในรีจิสเตอร์ TCON

โหมด 1 การทำงานในโหมดนี้จะคล้ายกับโหมด 0 แต่จะใช้งานรีจิสเตอร์ TL1 และ TH1 ครบ 8 บิต ดังนั้นในโหมดนี้ค่าของการนับจะมีขนาด 16 บิต คือ 0000H – FFFFH เมื่อทำการนับครบรอบ ค่าของการนับเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H ก็จะเซตบิต TF1 ในรีจิสเตอร์ TCON

โหมด 2 การทำงานในโหมดนี้จะแยกรีจิสเตอร์ไทเมอร์ออกเป็น 2 ตัว ตัวละ 8 บิต โดยรีจิสเตอร์ TL1 ทำหน้าที่เป็นตัวนับค่า ส่วน TH1 ใช้ในการเก็บค่าเริ่มต้นในการนับ เมื่อเริ่มต้นการทำงาน ค่าของรีจิสเตอร์ TH1 จะถูกส่งไปยัง TL1ทำให้เมื่อเริ่มต้นการทำงาน ค่าของรีจิสเตอร์ TL1 และ TH1 จะเหมือนกัน เมื่อ TL1 นับถึง FFH และจะเริ่มต้นการนับรอบใหม่ จะทำการเซตบิต TF1 พร้อม ๆ กับทำการรับค่าการนับเริ่มต้นจาก TH1 ใหม่โดยอัตโนมัติ หรือเรียกกระบวนการนี้ว่า รีโหลด แม้ว่าจะมีการส่งค่าเริ่มต้นไปยัง TL1 แล้วก็ตาม ค่าของข้อมูลในรีจิสเตอร์ TH1 ยังคงเป็นค่าเดิม ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จนกว่าจะมีการกำหนดค่าใหม่ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

โหมด 3 เป็นโหมดเดียวที่การทำงานของไทเมอร์ 0 และ ไทเมอร์ 1 ไม่เหมือนกัน ขออธิบายในส่วนของไทเมอร์ 1 ก่อน เมื่อเข้าสู่โหมดนี้ จะเป็นการสั่งให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์หยุดนับค่าของการนับก่อนหน้านี้จะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ไทเมอร์ 1 มีลักษณะการทำงานเหมือนกับการดิสเอเบิลไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ด้วยการเคลียร์บิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON

ส่วนการทำงานของไทเมอร์ 0 การทำงานจะแยกรีจิสเตอร์ไทเมอร์ 0 ออกเป็น 2 ตัว ตัวละ 8 บิต คือ รีจิสเตอร์ TL0 และ TH0 โดยแยกการทำงานออกจากกัน รีจิสเตอร์ TL0 สามารถเลือกการทำงานได้เหมือนกับไทเมอร์ เคาน์เตอร์ตามปกติ ส่วนรีจิสเตอร์ TH0 สามารถทำงานในโหมดไทเมอร์ได้เพียงอย่างเดียว กล่าวคือสามารถรับสัญญาณอินพุตจากสัญญาณนาฬิกาภายในเพียงทางเดียวเท่านั้น แต่การแจ้งการนับเกินยังคงเหมือนเดิม หากแต่ TL0 แจ้งผ่านบิต TF0 ในขณะที่ TH0 จะแจ้งผ่านทางบิต TF1

2.1.3 พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

พอร์ตอนุกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 มีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่า ฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) ซึ่งหมายความถึงความสามารถในการรับ และส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านตัวส่ง (Transmitter) ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ SBUF ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่จะส่งออก การใช้คำสั่งเขียนหรือโอนย้ายข้อมูลมายังรีจิสเตอร์นี้ จะเป็นการส่งข้อมูลนั้นออกไปยังพอร์ตอนุกรมทางขาสัญญาณ TXD (P3.1) โดยอัตโนมัติ ส่วนด้านตัวรับ (Receiver) ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ SBUF เช่นเดียวกัน แต่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่นำมาจากส่วนของการเลื่อนบิต หรือชิพรีจิสเตอร์ (Shift register) ของส่วนจัดการข้อมูลอนุกรมภายในสัญญาณข้อมูลอนุกรมที่รับเข้าจะผ่านมาทางขาสัญญาณ RXD (P3.0)

พอร์ตอนุกรมของ 89C51 สามารถโปรแกรมให้ทำหน้าที่ในรูปแบบต่าง ๆ กันสี่แบบ (หรือเรียกว่าโหมดการทำงาน) โดยการกำหนดค่าบิต SM0 และ SM1 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม และบอกสถานะ SCON โหมดการทำงานทั้ง 4 แบบ ของพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

โหมด 0 เป็นการขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต โดยทำงานร่วมกับไอซีชิพรีจิสเตอร์ภายนอกประเภทที่ทีแอล หรือซีมอส

โหมด 1 ใช้สำหรับเชื่อมต่ออนุกรมแบบ UART (Universal asynchronous receiver transmitter) โดยการใช้กลุ่มข้อมูลแบบ 10 บิต และสามารถเปลี่ยนแปลงอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้

โหมด 2 ใช้สำหรับเชื่อมต่ออนุกรมแบบ UART โดยการใช้กลุ่มข้อมูลแบบ 11 บิต และกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลคงที่

โหมด 3 ใช้สำหรับเชื่อมต่ออนุกรมแบบ UART โดยการใช้กลุ่มข้อมูลแบบ 11 บิต และสามารถเปลี่ยนแปลงอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้

ชิพรีจิสเตอร์ภายในตัวส่งจะทำหน้าที่ในการเลื่อนบิตข้อมูลออกไปภายนอก โดยไม่มีการบัฟเฟอร์ และเมื่อใดที่มีการเขียนข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ SBUF แสดงว่ามีความต้องการที่จะส่งข้อมูลนี้ออกไปแบบอนุกรม สำหรับชิพรีจิสเตอร์ทางด้านรับจะทำการเลื่อนบิตข้อมูลที่รับเข้ามาเก็บไว้ เมื่อบิตข้อมูลที่รับมาครบถ้วนตามจำนวนที่กำหนดไว้ ตามลักษณะโหมดการทำงานต่าง ๆ แล้ว จะถูกย้ายไปเก็บยังรีจิสเตอร์ SBUF ต่อไป อย่างไรก็ตาม การย้ายข้อมูลนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อรีจิสเตอร์ SBUF ไม่มีข้อมูลที่จะทำการส่ง หรือได้ส่งข้อมูลออกไปเสร็จสิ้นแล้ว

การควบคุมการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม ทำได้โดยการกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งมีตำแหน่งหน่วยความจำภายในอยู่ที่ 098H เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต แสดงได้ดังนี้

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

ตารางที่ 2.3 รีจิสเตอร์ SCON (Serial Port Control Register)

บิตที่ 6 SM1 และบิตที่ 7 SM0 เป็น 2 บิตที่ที่ใช้งานร่วมกันเพื่อกำหนดโหมดของการรับส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ค่าใน 2 บิตนี้จะกำหนดโหมดได้ดังนี้

SM0 = "0" SM1 = "0" ทำงานในโหมด 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SM0 = “0” SM1 = “1” ทำงานในโหมด 1

SM0 = “1” SM1 = “0” ทำงานในโหมด 2

SM0 = “1” SM1 = “1” ทำงานในโหมด 3

บิตที่ 5 SM2 ใช้เลือกการทำงานแบบ Single Processor Mode หรือ Multiprocessor Mode

SM1 = “0” ทำงานใน Single Processor Mode ใช้ได้กับทุกโหมด

SM1 = “1” ทำงานใน Multiprocessor Mode ใช้ได้กับโหมด 2 และ โหมด 3

บิตที่ 4 REN ควบคุมให้รับ หรือไม่รับข้อมูล

REN = “1” ให้รับข้อมูลได้

REN = “0” ห้ามรับข้อมูล

บิตที่ 3 TB8 ข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปในโหมด 2 และ โหมด 3 ให้ใส่ในบิตนี้

บิตที่ 2 RB8 ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะมาเก็บในบิตนี้

บิตที่ 1 TI จะเป็น “1” เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูลบิตสุดท้าย

บิตที่ 0 RI จะเป็น “1” เมื่อสิ้นสุดการรับข้อมูลบิตสุดท้าย (บิต TI, RI ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเคลียร์เอง)

2.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจะถูกส่งออกไปทีละ 1 บิตเรียงกันไปจนครบ 8 บิตจากการที่ข้อมูลเรียงกันไปแบบนี้ จึงทำให้จำนวนสายส่งข้อมูลลดลงโดยอาจจะเหลือเพียง 2 เส้น ซึ่งเป็นข้อดีอีกอย่างของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม คือ เหมาะสำหรับการส่งข้อมูลระยะไกล เนื่องจากเราสามารถใช้พอร์ตมาตรฐานต่าง ๆ เข้าช่วย

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส
2. การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous interface)

การส่งข้อมูลจะไม่มีบิตเริ่มต้นและบิตสุดท้าย ซึ่งการส่งผ่านจะทำได้โดยการส่งผ่านข้อมูลโดยตรงจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับส่งสัญญาณด้วย อย่างเช่นคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา อีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อจะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา ข้อมูล และกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous interface)

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครงนัสจะตรงข้ามกับการสื่อสารแบบซิงโครนัส คือการส่งผ่านข้อมูลจะมีบิตเริ่มต้นและบิตสุดท้าย หมายถึงการรับส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วย เหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per secone : bps) และจะไม่คำนึงถึงช่วงเวลาการขอใช้ข้อมูลของระบบ ซึ่งจะเหมาะสมการใช้กับสองระบบที่มีความแตกต่างกันในด้านความเร็ว เช่น การสั่งงานเครื่องพิมพ์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่เร็วกว่าเครื่องพิมพ์ เครื่องคอมพิวเตอร์ก็จะรอให้เครื่องพิมพ์ทำงานให้เสร็จแต่ละขั้นตอนแล้วจึงค่อยส่งข้อมูลต่อไปให้กับเครื่องพิมพ์อีก ทำให้ทราบข้อดีว่า อุปกรณ์ราคาถูกกว่าการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส และทราบข้อเสียว่าจะมีความผิดพลาดเนื่องจากบิตสิ้นสุด อาจเกิดจากสัญญาณรบกวนที่เหมือนกับบิตเริ่มต้น และวงจรจะไม่บอกถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ

1. บิตเริ่มต้น มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม จะมีขนาด 5 , 6 , 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ จะมีขนาด 1 บิต หรือ ไม่มีก็ได้
4. บิตปิดท้าย จะมีขนาด 1 , 1.5 หรือ 2 บิต

ค่าพารามิเตอร์แรกที่ควรรู้ คือ ความเร็วในของพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสารรับส่งข้อมูลซึ่งจะมีหน่วยเรียกการส่งผ่านข้อมูลเป็น จำนวนบิตต่อวินาที ความเร็วที่พอร์ตอนุกรมสามารถรองรับได้คือตั้งแต่ 110 bps ถึง 19.2 Kbps

ค่าพารามิเตอร์สอง คือ ขนาดของข้อมูลหรือจำนวนบิตในข้อมูลแต่ละไบท์ ซึ่งมีสองทางเลือกได้แก่ 7 บิต หรือ 8 บิต ส่วนใหญ่จะใช้ 7 บิต

ค่าพารามิเตอร์ที่สาม คือ ค่าพาริตี้ ซึ่งมีความสำคัญในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ในการรรับส่งข้อมูล ซึ่งตามมาตรฐาน RS-232 สามารถระบุค่าพาริตี้ได้จากทางเลือก 3 แบบ คือ แบบคู่ หรือ คี่ หรือ ไม่ต้องใช้พาริตี้

ค่าพารามิเตอร์สุดท้าย คือ บิตเริ่มต้นและบิตสุดท้ายซึ่งเป็นบิตหยุด ซึ่งข้อมูลแต่ละไบท์จะถูกล้อมรอบไปด้วยบิตเริ่มต้นและบิตสุดท้ายของการส่งข้อมูลในชุดนั้น ๆ และเราสามารถกำหนดจำนวนบิตหยุดเป็น 1 บิต หรือ 2 บิตก็ได้

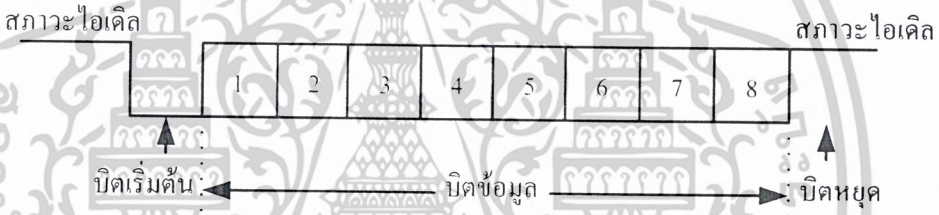
อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า UART (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter) และอัตราความเร็วในการรับส่งแบบอะซิงโครนัส คือ ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอดเรต ซึ่งคือค่าจำนวนบิตที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล และบอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 คือ 110 , 150 , 300 , 600 , 1200 , 4800 , 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงสุดถึง 115200 บิตต่อวินาที

2.2.1 การส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1 (Standard UART)

การรับส่งข้อมูลแบบนี้เป็นการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 8 บิตข้อมูล 1 บิตเริ่มต้นและ 1 บิตหยุด การทำงานในโหมดนี้จะทำโดยการกำหนดข้อมูลในรีจิสเตอร์ SCON บิต SMO และ SM1 บิต ให้มีค่าเป็น "01" ซึ่งเป็นการกำหนดให้รีจิสเตอร์ SBUF กลายเป็นตัวรับส่งข้อมูลขนาด 10 บิต แบบ ฟูลดูเพลกซ์ (Full Duplex) ซึ่งสามารถรับและส่งข้อมูลได้ภายในเวลาเดียวกันโดยใช้ขา RxD ทำหน้าที่รับสัญญาณอนุกรมที่เข้ามา และขา TxD ทำหน้าที่ส่งข้อมูลแบบอนุกรมออกไปภายนอก โดยรูปแบบการส่งข้อมูลดูได้จากรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปแบบการรับส่งข้อมูลในโหมด 1

การส่งข้อมูลจะเริ่มด้วยการส่งบิตเริ่มต้น (Start bit = 0) ออกไปก่อนแล้วตามด้วยบิตข้อมูล (โดยส่งบิต 0 ออกไปก่อน) จากนั้นจึงเป็นการส่งบิตหยุด (Stop bit = 0) แฟล็ก TI จะเซ็ตเมื่อข้อมูลครบทั้ง 10 การรับส่งข้อมูลจะเริ่มจากลอจิกในสายสัญญาณเปลี่ยนสภาวะจาก 1 เป็น 0 (ขอบบวกของบิตเริ่มต้น) บิตเริ่มต้นจะถูกข้ามไปไม่สนใจ จะสุ่มข้อมูลอีก 8 บิตที่เหลือเข้ารีจิสเตอร์ เลื่อนบิตภายในพอร์ตอนุกรม เมื่อครบทั้ง 8 บิตแล้วจะเกิด

1. บิต 9 (บิตหยุด) จะถูกเก็บเข้าในบิต RB8 ของ SCON
2. SBUF จะทำการโหลดข้อมูลทั้ง 8 บิตเข้าตัวเอง
3. แฟล็ก RI เซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 อัตราการส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1

ดังได้กล่าวแล้วว่าอัตราการส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1 สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการใช้ Timer 1 หรือ Timer 2 ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดอัตราการส่งข้อมูลและใช้แฟล็กที่เกิดขึ้นจากการโอเวอร์โฟลว์ ซึ่งจะขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะการใช้ Timer 1 เท่านั้น

เนื่องจากว่าการสร้างอัตราบอดนั้นจะต้องนำบิตในรีจิสเตอร์ PCON มาใช้ในการคำนวณข้อมูลของ TH1 (PCON ตำแหน่ง 87H ทำหน้าที่ในการคำนวณข้อมูลที่จะใส่ในรีจิสเตอร์ TH1)

7	6	5	4	3	2	1	0
SMOD	-	-	-	GF1	GF2	PD	IDL

ตารางที่ 2.4 รีจิสเตอร์ PCON (Port Control Register)

กรณีใช้ Timer 1 ทำงานในโหมด 2 (8 – bit automatic reload)

$$\text{ความถี่อัตราบอด} = \frac{2^{SMOD}}{32} \times \frac{\text{Oscillator Frequency}}{12 \times [\,256 - (\,TH1\,)\,]}$$

โดย SMOD เป็นค่าของบิตภายในรีจิสเตอร์ PCON (มีค่าเป็น 0 หรือ 1) (TH1 เป็นค่าภายใน รีจิสเตอร์ TH1 ซึ่งใช้เป็นค่าสำหรับ Reload)

กรณีใช้ Timer 1 ทำงานในโหมดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่โหมด 2

$$\text{ความถี่อัตราบอด} = \frac{2^{SMOD}}{32} \times (\text{ Timer1 Overflow Rate })$$

2.2.3 การอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรมของ MCS - 51

ตามโครงสร้างด้านการจัดการอินเตอร์รัปต์สามารถกำหนดเลือกเพื่อยินยอมหรือไม่ (Enable/Disable) ให้มีการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ทอนุกรมได้โดยวิธีการกำหนดค่าของบิทภายในรีจิสเตอร์ IE ซึ่งจะมีทั้งแบบที่ระบุถึงอินเตอร์รัปต์โดยรวมทั้งหมด (บิตที่ 7) และอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ ในกรณีที่มีค่าข้อมูลเป็นหนึ่งให้กับบิตจะมีความหมายถึงการยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้นได้ และในกรณีตรงข้ามกันก็จะไม่ยินยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

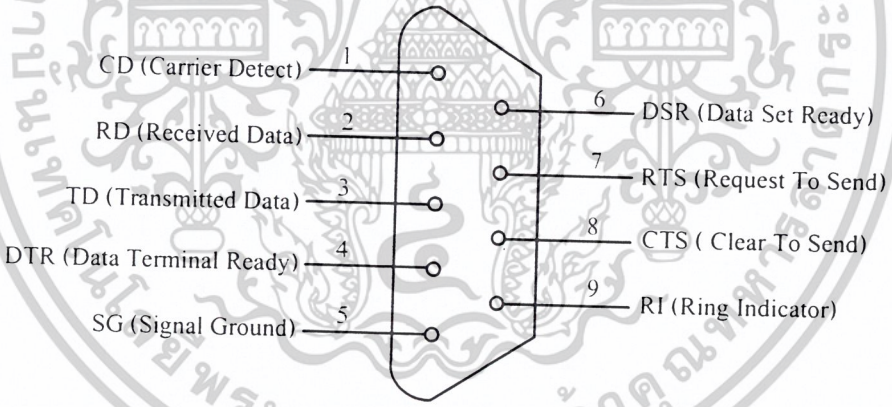
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดระดับความสำคัญให้กับสัญญาณให้กับสัญญาณอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้โดยการกำหนดข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 หรือ 0 ให้กับบิตภายในรีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority) โดยหากว่ามีค่าเป็น 1 ก็จะทำให้สัญญาณอินเตอร์รัปต์นั้น ๆ มีระดับความสำคัญสูงและในกรณีตรงข้ามกันสำหรับกรณีเป็น 0

การจัดการอินเตอร์รัปต์ เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำคำสั่งที่กำลังดำเนินการอยู่ให้เสร็จสิ้น จากนั้นจะทำการเก็บค่าตำแหน่งแอดเดรสคำสั่งที่จะดำเนินการต่อไปไว้ยังบริเวณของหน่วยความจำที่ถูกกำหนดไว้ให้เป็นสแต็ก (Stack) และจะกระโดดไปยังตำแหน่งแอดเดรสที่ได้มีการกำหนดไว้แน่นอนตำแหน่งหนึ่งโดยอัตโนมัติ ตำแหน่งนี้เรียกว่าอินเตอร์รัปต์เวคเตอร์ (Interrupt Vector Address) ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการเขียนโปรแกรมย่อยไปยังตำแหน่งแอดเดรสเหล่านี้ไว้ ซึ่งเรียกว่า โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine)

2.2.4 พอร์ตอนุกรมของ PC

พอร์ตอนุกรมของ PC มีโครงสร้างตามมาตรฐาน EIA (The Electronic Industries Association) หรือมาตรฐานที่ขึ้นด้วย RS (Recommended Standard) โดยโครงงานนี้ใช้มาตรฐาน RS-232 ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบ DB-9 ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ขาสัญญาณของ RS – 232 แบบ DB – 9

พารามิเตอร์	RS – 232
โหลดการทำงาน	Single –Ended
จำนวนตัวรับตัวส่งที่ยอมรับได้	1 ตัวรับ. 1 ตัวส่ง
ความยาวสายสัญญาณ (ฟุต)	50
อัตราส่งข้อมูล (บิต/วินาที)	20 k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maximum Common Mode (Volt)	+25, -25
Drive Output (Volt)	+5, -5 ต่ำสุด, +15, -15 สูงสุด
Drive Load (Ohm)	3k – 7k
Driver Slow Rate	30 v/us
กระแสลิมิตเมื่อเอาต์พุตลัดวงจร	500 mA ลัดกับ Vcc หรือGND
ความต้านทานเอาท์พุทตัวส่ง (Ohm)	NA (Power On), 300 (Power Off)
ความต้านทานอินพุตตัวรับ (Ohm)	3k – 7k

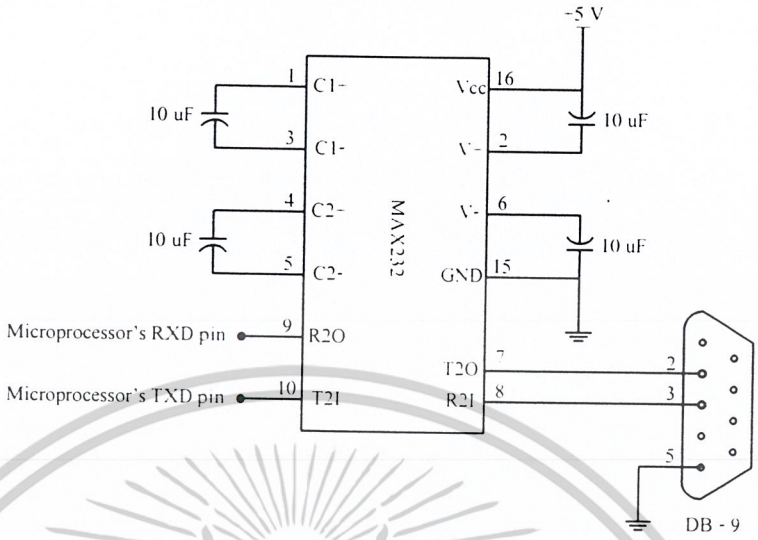
ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของ RS - 232

2.2.5 ระบบการอินเตอร์เฟส RS-232

ในระบบการสื่อสารแบบ RS-232 นั้นจะโครงสร้างเป็นแบบจุดต่อจุดเท่านั้น (Point to Point) การส่งข้อมูลระหว่างระบบสัญญาณจะตรงข้ามกับความเป็นจริง คือ ลอจิก "1" นั้นจะมีระดับแรงดัน -3 ถึง -25 โวลท์ ส่วนลอจิก "0" นั้นจะมีระดับแรงดัน +3 ถึง +25 โวลท์ โดยระบบนี้จะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 20,000 บิตต่อวินาที และระยะส่งไม่เกิน 50 ฟุต ซึ่งนี้เป็นข้อเสีย ถ้าจุดที่เราต่อเชื่อมกันนั้นอยู่ไกลเกินไป จะทำให้ไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้ และเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลบนสายเดียวกัน อุปกรณ์จึงถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน เทอร์มินอลซึ่งใช้สายเส้นที่สอง สำหรับเอาท์พุท เราจะเรียกว่า DTE (Data Terminal Equipment) เช่น โมเด็ม ซึ่งจะใช้หัวต่อตัวผู้ สำหรับอินพุท เราจะเรียกว่า DCE (Data Communication Equipment) ซึ่งจะใช้หัวต่อตัวเมีย เมื่อเราทราบว่าอุปกรณ์ตัวหนึ่งเป็น DTE และอีกตัวหนึ่งเป็น DCE แล้ว ในทางทฤษฎีเราจะสามารถเชื่อมต่อเข้าด้วยกันอย่างง่าย ๆ โดยการเชื่อมต่อสายที่มีหมายเลขตรงกัน

ในโครงงานนี้ ได้ใช้สายสัญญาณ 3 เส้น คือ สาย TXD ไว้ใช้ในการส่งข้อมูลจากพอร์ทอนุกรม ต่อไปคือสาย RXD เอาไว้ใช้สำหรับการรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรม และสายอีกเส้นคือ สาย GND เอาไว้เป็นกราวด์ของระบบการส่งข้อมูล โดยเราจะใช้หัวต่อชนิด DB9 เพื่อใช้ในการเป็นหัวต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ COM1 และต่อวงจรตามรูปที่ 2.6 แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของ MCS–51 อยู่ในระดับ TTL ซึ่งมีระดับแรงดันไม่เกิน 5 โวลท์ ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมต่อพอร์ทอนุกรมของ MCS–51 เข้ากับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงจึงต้องอาศัยการเชื่อมต่อผ่าน ไอซี MAX-232 เพื่อแปลงระดับสัญญาณ ซึ่ง ไอซี MAX-232 จะทำการแปลงข้อมูลส่งของ MCS-51 จากระดับ TTL ไปเป็นระดับของ RS-232 และทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL โดยในตัวของ MAX-232 นั้นจะประกอบด้วยขาสัญญาณสำหรับการรับและการส่งข้อมูลอย่างละ 2 ชุด

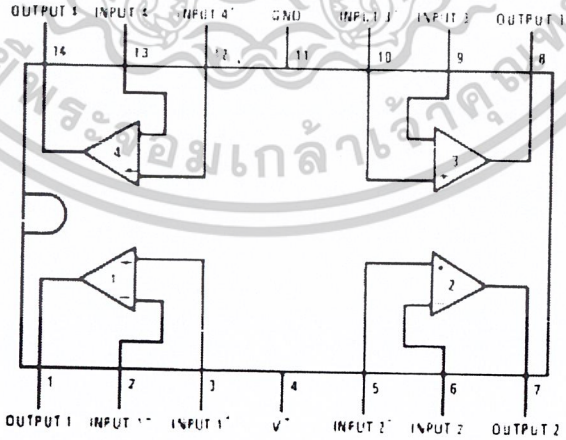
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 วงจรรับส่งข้อมูลอนุกรม

2.3 การตรวจจับตำแหน่ง

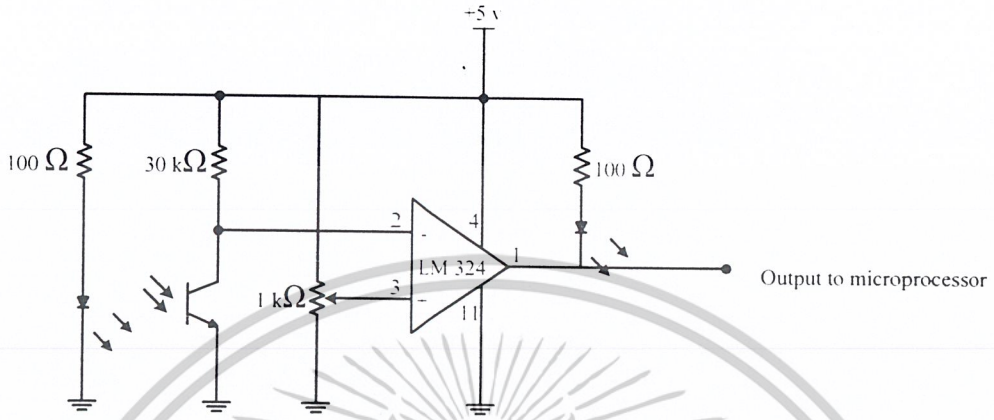
ส่วนตรวจจับของระบบ ทำงานโดยการกำหนดตำแหน่งด้วยเส้นบนพื้น ซึ่งจะถูกกำหนดเป็นเส้นทางเดินของรถยก รวมถึงตำแหน่งการชะลอความเร็ว การหยุด การยกและการวางของด้วยเส้นทางเดิน รวมถึงตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นเหล่านี้จะถูกตรวจจับโดยเซ็นเซอร์ (Sensor) ตรวจจับการสะท้อนของรังสีอินฟาเรด เซนเซอร์ตัวนี้ประกอบด้วยส่วนรับและส่วนส่งคลื่นอินฟาเรด เมื่อเซนเซอร์ตรวจพบพื้นสีของเส้นต่างกัน จะส่งสัญญาณที่แตกต่างกันออกมา แต่เนื่องจากสัญญาณที่ได้ยังไม่เห็นเป็นลอจิกที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นต้องนำสัญญาณที่ได้เข้าสู่วงจรเปรียบเทียบแรงดันก่อนจะส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรเปรียบเทียบแรงดันนั้นจะให้ออปแอมป์ (Op - Amp) ใน IC เบอร์ LM 324 ซึ่งมีตำแหน่งขา และโครงสร้างภายในแสดงได้ดังรูปที่ 2..5 โดยการต่อเชื่อมเป็นดังรูปนี้



รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายใน LM324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อของอุปกรณ์เพื่อสร้างวงจรตรวจจับตำแหน่ง เป็นดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วงจรตรวจจับตำแหน่ง

เมื่อเซนเซอร์ตรวจพบพื้นสีขาว แสงอินฟาเรดจากตัวส่งจะส่งสะท้อนเข้าสู่ตัวรับทำให้เกิดการนำกระแส แรงดันที่ขาอินเวอร์ตติ้ง (Inverting) ของออปแอมป์ จะต่ำทำให้เอาท์พุทออกเป็นแรงดันสูงซึ่งถือเป็นลอจิก "1" ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำให้หลอดแอลอีอี (LED) ดับ

เมื่อเซนเซอร์ตรวจพบพื้นสีดำ แสงอินฟาเรดจากตัวส่งจะถูกดูดกลืนทำให้ตัวรับไม่นำกระแส แรงดันที่ขาอินเวอร์ตติ้งของออปแอมป์จะสูง ทำให้เอาท์พุทออกเป็นแรงดันต่ำ ถือเป็นลอจิก "0" ส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และทำให้หลอดแอลอีดีติด

2.4 การควบคุมมอเตอร์

ในส่วนขับเคลื่อนตัวรถ โครงงานนี้ได้เลือกใช้ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) เนื่องจากในกรณีที่ต้องการนำไปพัฒนาใช้กับระบบการทำงานจริงนั้นสามารถจะจัดหามอเตอร์ที่มีแรงบิดสูงเพื่อขับเคลื่อนรถยกขนาดใหญ่ได้ นอกจากนั้นการควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนยังทำได้ง่าย ซึ่งคือผ่านการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานโดยพื้นฐานของดีซี มอเตอร์ ทิศทางการหมุนจะควบคุมได้โดยการควบคุมทิศทางกระแสที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ส่วนความเร็วของมอเตอร์ควบคุมได้โดยการปรับค่ากระแสที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ในระบบนี้ได้เลือกใช้การจ่ายแรงดันโดยใช้สัญญาณแบบพัลซ์วิดท์มอดดูเลชั่น (Pulse Width Modulation : PWM) ควบคุมความเร็วของมอเตอร์

สัญญาณควบคุมแบบพัลซ์วิดท์มอดดูเลชั่น คือสัญญาณควบคุมที่มีความถี่คงที่ แต่ช่วงที่สัญญาณ on และ off มีความสั้นยาวแตกต่างกันไปตามดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) ซึ่ง

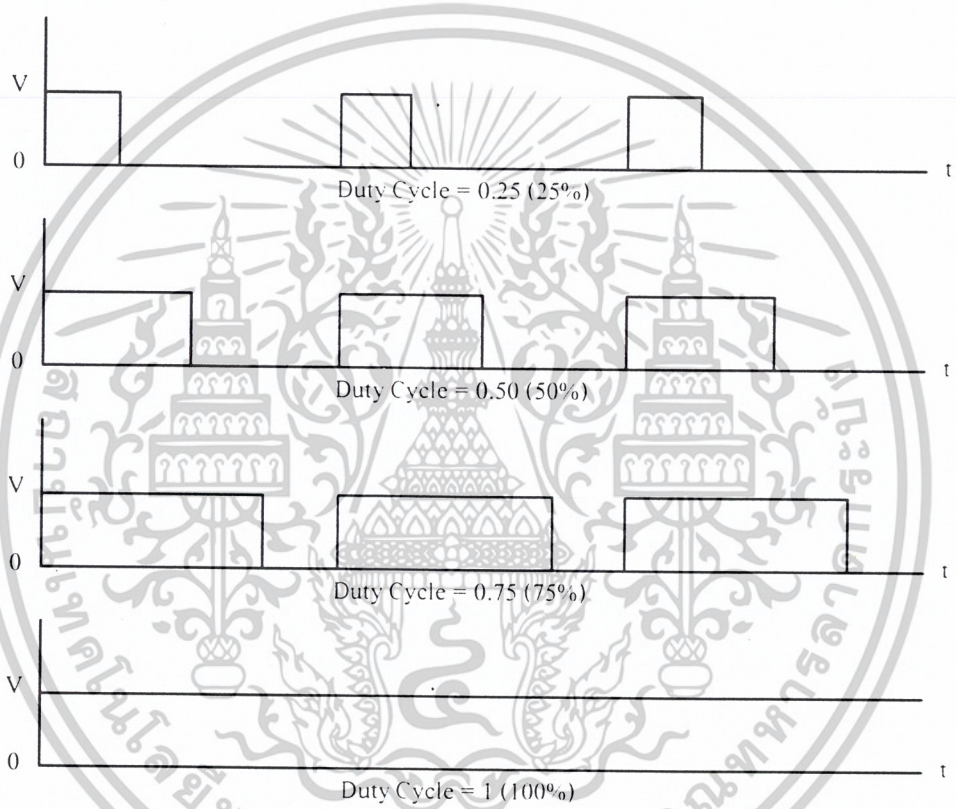
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$\text{Duty Cycle} = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

ซึ่งเมื่อดิวตี้ ไซเคิลเปลี่ยนไปจะทำให้แรงดันเฉลี่ยของสัญญาณก็จะเปลี่ยนด้วย โดย

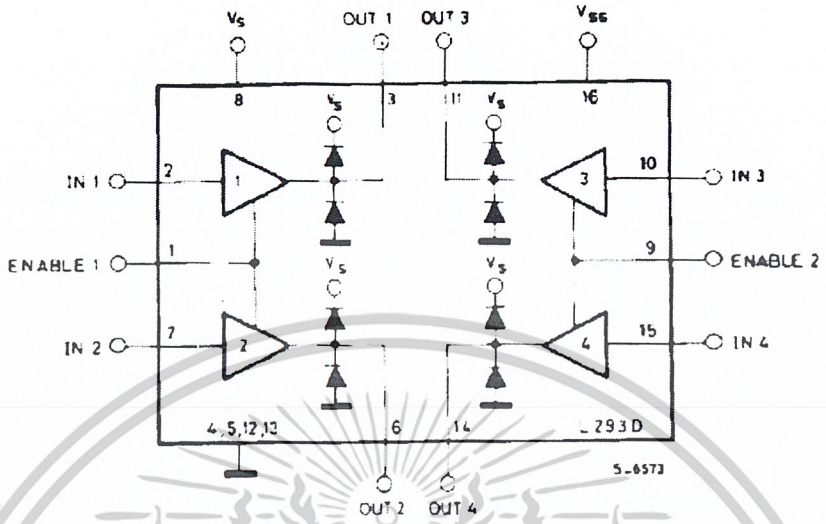
$$V = V_{AV} \times \text{Duty Cycle}$$



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างสัญญาณควบคุมแบบ PWM ที่มี ดิวตี้ ไซเคิล ต่าง ๆ

การควบคุมมอเตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ก่อนที่สัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะไปควบคุมมอเตอร์ จะต้องมีการปรับขนาดโดยใช้ IC เบอร์ L293D ซึ่งมีตำแหน่งขา และโครสร้างภายในแสดงได้ดังรูปที่ 2.6 และการทำงานแสดงได้ตามตารางที่ 2.6

62023
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



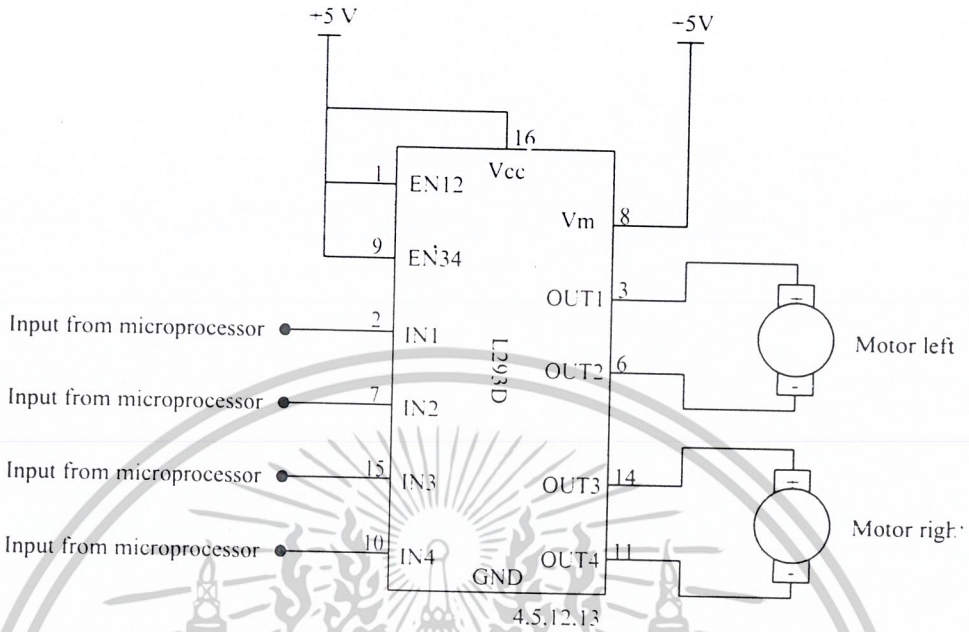
รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายใน L293D

อินพุต		การทำงาน
V_{EN} = ON	V_{IN1} = ON V_{IN2} = OFF	Go Forward
	V_{IN1} = OFF V_{IN2} = ON	Go Backward
	V_{IN1} = V_{IN2}	Fast Motor Stop
V_{EN} = OFF	V_{IN1} = V_{IN2} = X	Free Motor Stop

ตารางที่ 2.6 การทำงานของ L293D

การเชื่อมต่อของอุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



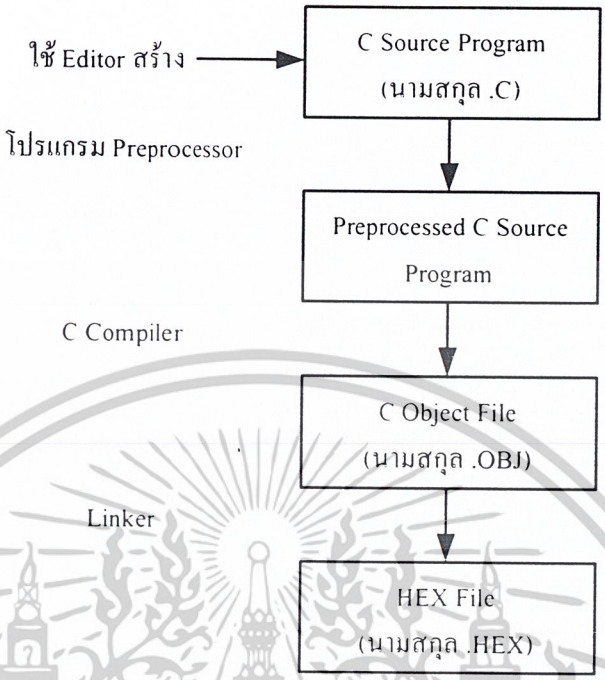
รูปที่ 2.9 วงจรขับมอเตอร์

2.5 การเขียนโปรแกรมภาษา C

ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นจะทำงานด้วยวงจรทางไฟฟ้าและอุปกรณ์ภายนอกอย่างเดียวไม่ได้ จึงจำเป็นต้องมีชุดคำสั่งเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามที่ต้องการ เก็บไว้ในหน่วยความจำสีเหลือง เก็บโปรแกรม โดยชุดคำสั่งหรือโปรแกรมเหล่านี้จะทำการควบคุมระบบและการทำงานของอุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดคำสั่งที่เก็บไว้ในหน่วยความจำโปรแกรมจะอยู่ในรูปแบบของภาษาเครื่อง แต่ในการเขียนโปรแกรมเราสามารถเลือกเขียนโดยใช้ภาษาอื่น แล้วจึงทำการแปล (Compile) เป็นภาษาเครื่องก่อนส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ในโครงงานนี้เลือกใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบ

ภาษา C จัดเป็นภาษาระดับสูงเพราะตัวคำสั่งต่าง ๆ ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับภาษามนุษย์ แต่ก็มีบางคำสั่งที่เป็นลักษณะคล้ายกับสัญลักษณ์ ดังนั้นเราอาจจัดได้ว่า ภาษา C เป็นภาษาระดับสูงที่อยู่ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การแปลโปรแกรมภาษา C ให้เป็นภาษาเครื่อง

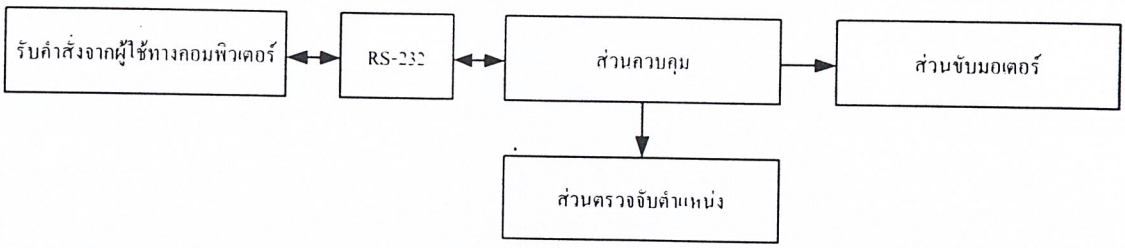
เมื่อทำการสร้าง Source Program ภาษา C โดย Editor แล้ว ต้องทำกระบวนการ Preprocessor คือ ดึงไฟล์ต่าง ๆ เข้ามารวมกับ Source Program ก่อนการ Compile จริง ๆ ซึ่งกระบวนการนี้จะถูกทำโดยโปรแกรม Preprocessor แต่ Compiler ภาษา C ในปัจจุบันจะทำขั้นตอนนี้ให้โดยอัตโนมัติก่อนการ Compile จริง ๆ ดังนั้นขั้นตอนนี้อาจเรียกว่า Compiler directive ก็ได้ เมื่อทำการ Compile Source ภาษา C แล้วจะได้ object file (ไฟล์ภาษาเครื่องที่มีนามสกุลเป็น .OBJ) ขั้นตอนสุดท้ายทำการ link (รวม) object file ที่ได้เข้ากับ function ต่าง ๆ ที่ถูกเขียนไว้แล้วใน file libraries โดยใช้โปรแกรม Linker ก็จะได้ file ภาษาเครื่องที่สมบูรณ์ (นามสกุล .HEX)

2.6 การออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์

2.6.1 โครงสร้างรถยก

การทำงานของแบบจำลองรถยกที่สร้างขึ้นสามารถแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



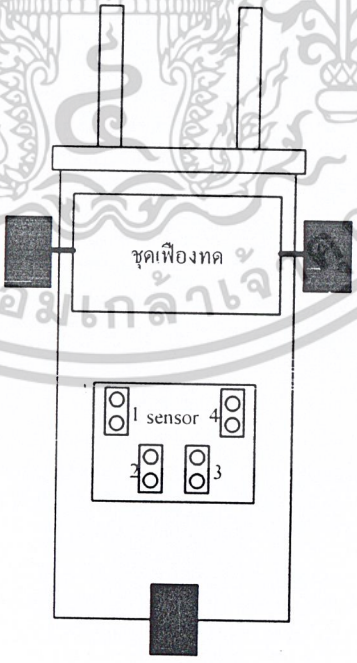
รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของรถยก

การออกแบบตัวรถยกสามารถแบ่งเป็นส่วนประกอบได้ดังนี้

1. ส่วนตรวจจับตำแหน่ง
2. ส่วนขับเคลื่อน
3. ส่วนรับข้อมูล
4. ส่วนควบคุม

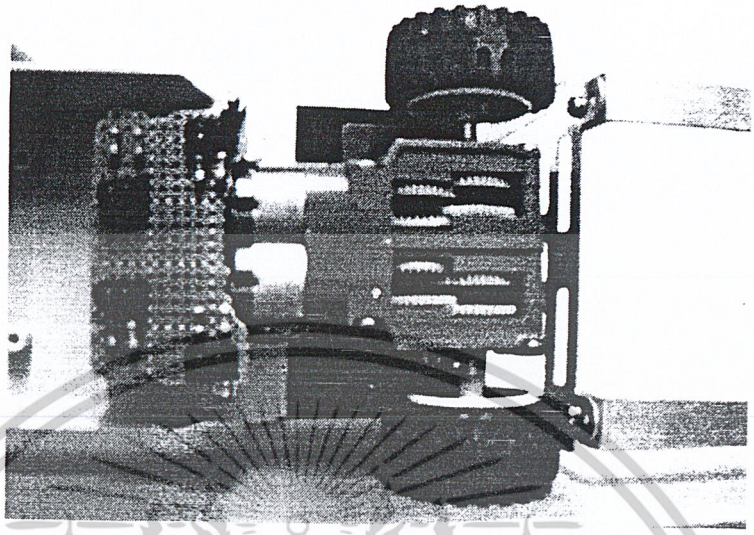
2.6.1.1 ส่วนตรวจจับตำแหน่ง

ส่วนตรวจจับตำแหน่งทำหน้าที่ในการตรวจจับเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถ และตรวจจับตำแหน่งการชะลอความเร็ว การหยุด การยก และการวางสินค้า ในโครงงานนี้ได้ออกแบบให้ใช้ตัวตรวจจับที่เป็นตัวรับและตัวส่งแสงอินฟาเรด ซึ่งได้อธิบายหลักการทำงานไว้แล้วข้างต้น จำนวน 4 ตัว ติดตั้งไว้ใต้ตัวรถ ตำแหน่งการติดตั้งแสดงได้ดังรูปที่ 2.12 และ 2.13



รูปที่ 2.12 แผนภาพการติดตั้งเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ภาพการติดตั้งเซนเซอร์

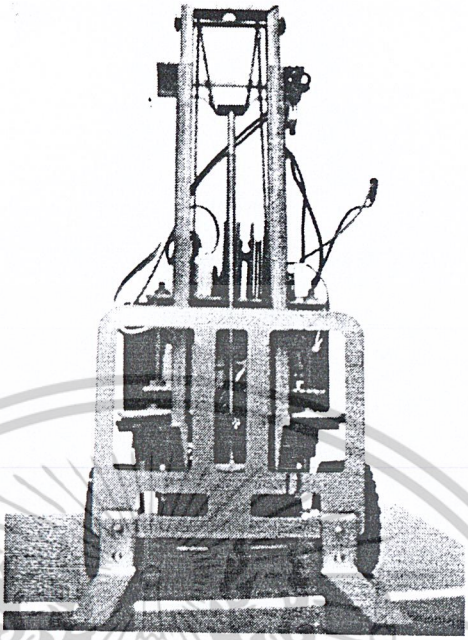
เซนเซอร์ 2 และ 3 ใช้ในการตรวจจับเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถ เพื่อให้รถเคลื่อนที่อยู่บนเส้นทางที่กำหนดไว้บนพื้น ส่วนเซนเซอร์ 1 และ 4 ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งที่รถจะต้องชะลอความเร็ว การหยุด การยก และวางสิ้นค้า

2.6.1.2 ส่วนขับเคลื่อน

ส่วนขับเคลื่อนมีหน้าที่ในการทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของรถ และลิฟต์ขนของ ตามสัญญาณควบคุมที่มาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสัญญาณดังกล่าวต้องผ่านการปรับสภาพโดยใช้ไอซี L293D ก่อนที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์ ในโครงงานนี้ออกแบบให้ใช้มอเตอร์กระแสตรงจำนวน 3 ตัว ใช้ขับเคลื่อนตัวรถ 2 ตัว ซึ่งจะทำงานร่วมกับชุดเฟืองทด ทำให้เกิดการหมุนของล้อหน้าแต่ละข้าง ส่วนล้อหลังเป็นล้อที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทุกทิศทาง การเลี้ยวของตัวรถจึงเกิดขึ้นได้จากการหมุนด้วยความเร็วที่ต่างกันของมอเตอร์ 2 ตัว ที่ล้อด้านหน้า

มอเตอร์อีกหนึ่งตัวใช้ในการขับเคลื่อนลิฟต์ยกสินค้า ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านหน้าของรถ เมื่อมอเตอร์ทำงานจะทำให้เกลียวของแกนกลางหมุน น็อตบนเกลียวจะเคลื่อนที่ขึ้นดึงโซ่ที่ติดกับตัวยก เป็นผลให้ตัวยกเคลื่อนที่ขึ้น ซึ่งการเคลื่อนที่ลงก็เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกัน แต่มอเตอร์จะหมุนในทิศทางตรงข้าม ระยะในการเคลื่อนที่ขึ้น และลง เมื่อยก และวางกล่องสินค้าบนชั้นนั้นจะกำหนดโดยลิมิตสวิตช์ที่ติดตั้งอยู่บนโครงสร้างลิฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 โครงสร้างลิฟต์ยกสินค้า

2.6.1.3 ส่วนรับข้อมูล

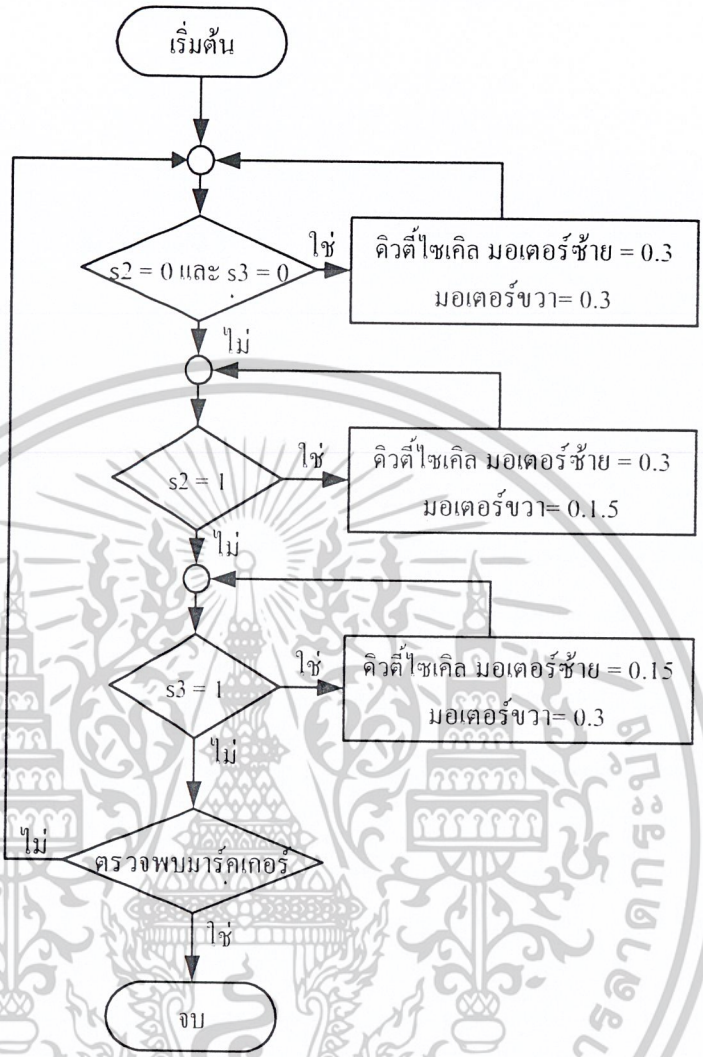
ส่วนรับข้อมูลจะถูกติดตั้งอยู่บนแผงวงจรควบคุม กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการรับส่งข้อมูลในโหมด 1 ด้วยอัตราบอด 9600 บิตต่อวินาที โดยข้อมูลอนุกรมที่ส่งมาจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์จะถูกปรับสภาพโดยไอซี MAX232 ก่อนจะเข้าสู่ตัวไมโครคอนโทรเลอร์ ตัวกลางที่ใช้ในการส่งคือสายส่งข้อมูลอนุกรมยาว 3 เมตร ซึ่งจะถูกต่ออยู่กับตัวรถตลอดเวลา เพื่อรับข้อมูลตำแหน่ง และการทำงานที่ผู้ใช้ต้องการ และส่งข้อมูลออกเพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่าการทำงานเสร็จสิ้น และพร้อมจะรับคำสั่งต่อไป

2.6.1.4 ส่วนควบคุม

ส่วนควบคุมประกอบด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ 89C51 ซึ่งได้รับการโปรแกรมเงื่อนไขการทำงานไว้แล้ว ทำหน้าที่รับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว เข้าทางขา RXD และส่งข้อมูลออกทางขา TXD นอกจากนี้ยังรับค่าจากส่วนตรวจจับตำแหน่งเข้าทางพอร์ต P2.0 – P2.3 รับค่าจากสวิตช์เริ่มต้นการทำงาน และลิมิทสวิตช์ที่โครงสร้างลิฟต์เข้าทางพอร์ต P2.4 – P2.6 และใช้พอร์ต P1.0 – P1.5 ในการควบคุมมอเตอร์ทั้งสามตัว วงจรในส่วนควบคุมทั้งหมดแสดงไว้ในรูปวงจรรวมในภาคผนวก

การทำงานของวงจรควบคุมเมื่อรับข้อมูลมาจากพอร์ตอนุกรม จะทำการแปรข้อมูลออกเป็นตำแหน่งและการทำงาน (เอาสินค้าเข้า หรือออก) หลังจากนั้นจะสั่งให้รถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยรับค่าจากตัวตรวจจับเส้นทางนำมาประมวลผลควบคุมให้รถอยู่บนเส้นทางตลอดเวลา การทำงานนี้ถูกกำหนดให้เป็นโปรแกรมย่อย สามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตได้ดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 โฟลวชาร์ตการควบคุมให้รถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนด

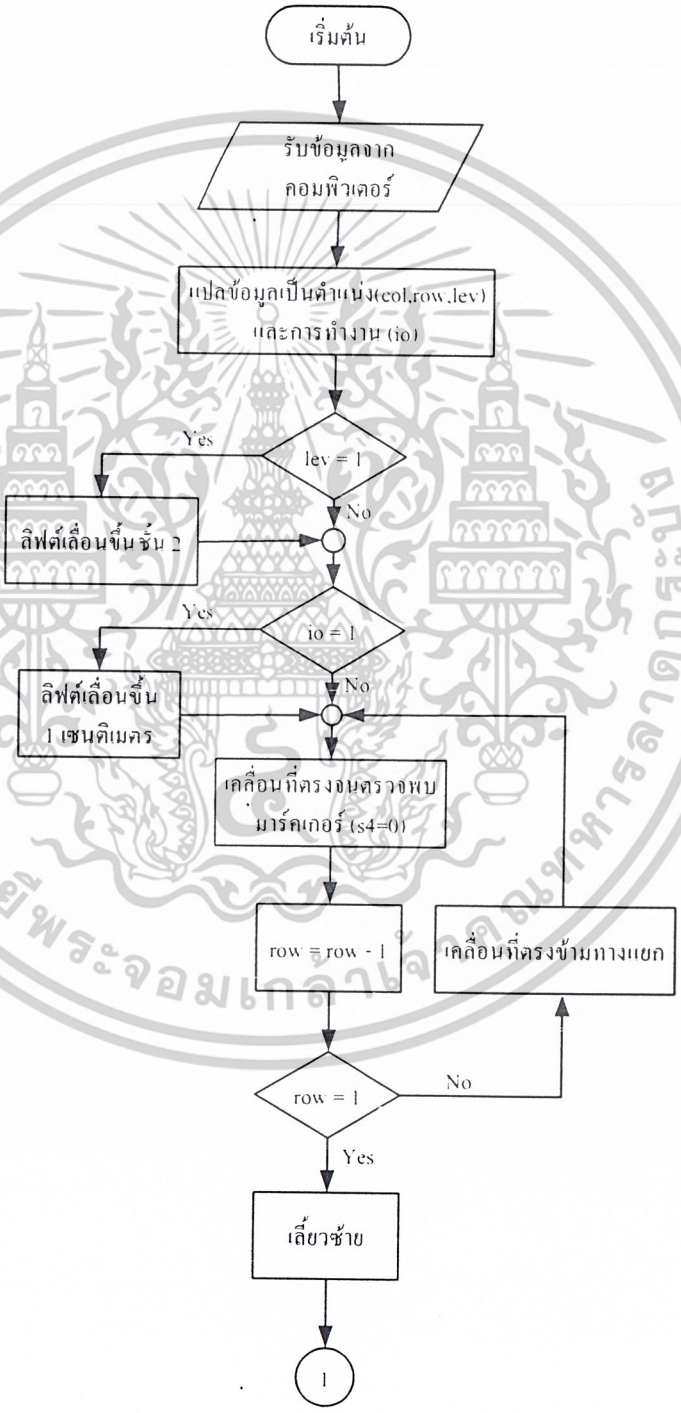
เมื่อตัวตรวจจับตำแหน่งการชะลอความเร็วพบจุดชะลอความเร็วบนพื้น ก็จะส่งค่าไปให้ส่วนควบคุมประมวลผลควบคุมให้มอเตอร์เลี้ยวเมื่อถึงทางแยกเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการ หรือตรงข้ามทางแยกเพื่อไปยังทางแยกต่อไปเมื่อยังไม่ถึงทางแยกเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการ

เมื่อตัวรถเคลื่อนที่เข้าถึงตำแหน่งที่ต้องการ ตัวตรวจจับตำแหน่งการชะลอความเร็วจะส่งค่าไปให้ส่วนควบคุมทำการหยุดรถและยก หรือวางสินค้าตามคำสั่งที่รับมา จากนั้นรถก็จะเคลื่อนที่ถอยหลังกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นด้วยการทำงานที่เหมือนกับการเข้าหาตำแหน่งที่ต้องการ เพียงแต่เป็นการเคลื่อนที่กลับหลังเท่านั้น

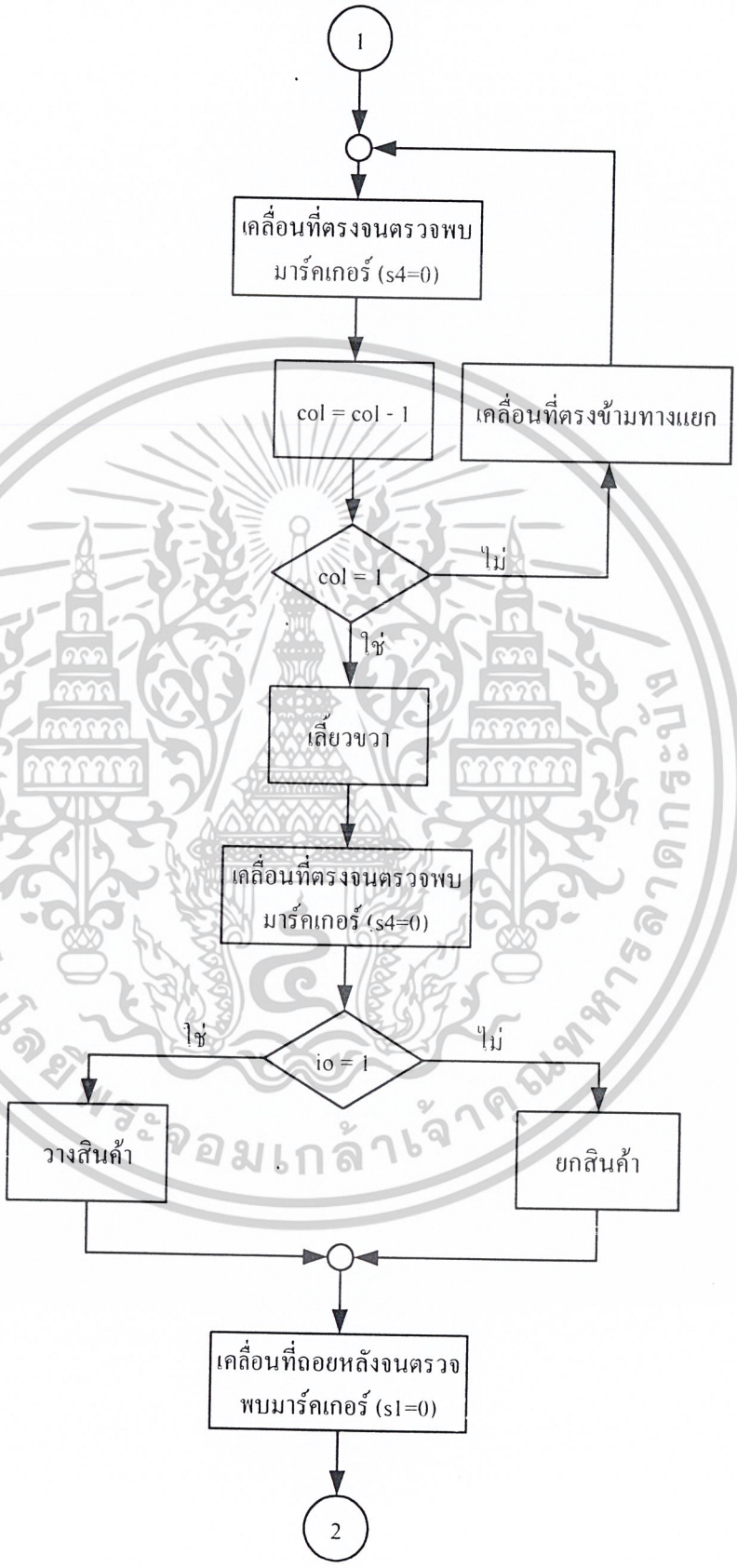
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตัวรถเคลื่อนที่เข้าถึงตำแหน่งเริ่มต้น ตัวตรวจจับตำแหน่งการชะลอความเร็วจะส่งค่าไปให้ส่วนควบคุมทำการหยุดรถ และวางสินค้า หรือสั่งให้ลิฟท์เคลื่อนที่ลงสู่ตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นส่วนควบคุมจะทำการส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อแจ้งว่าการทำงานเสร็จสมบูรณ์แล้ว

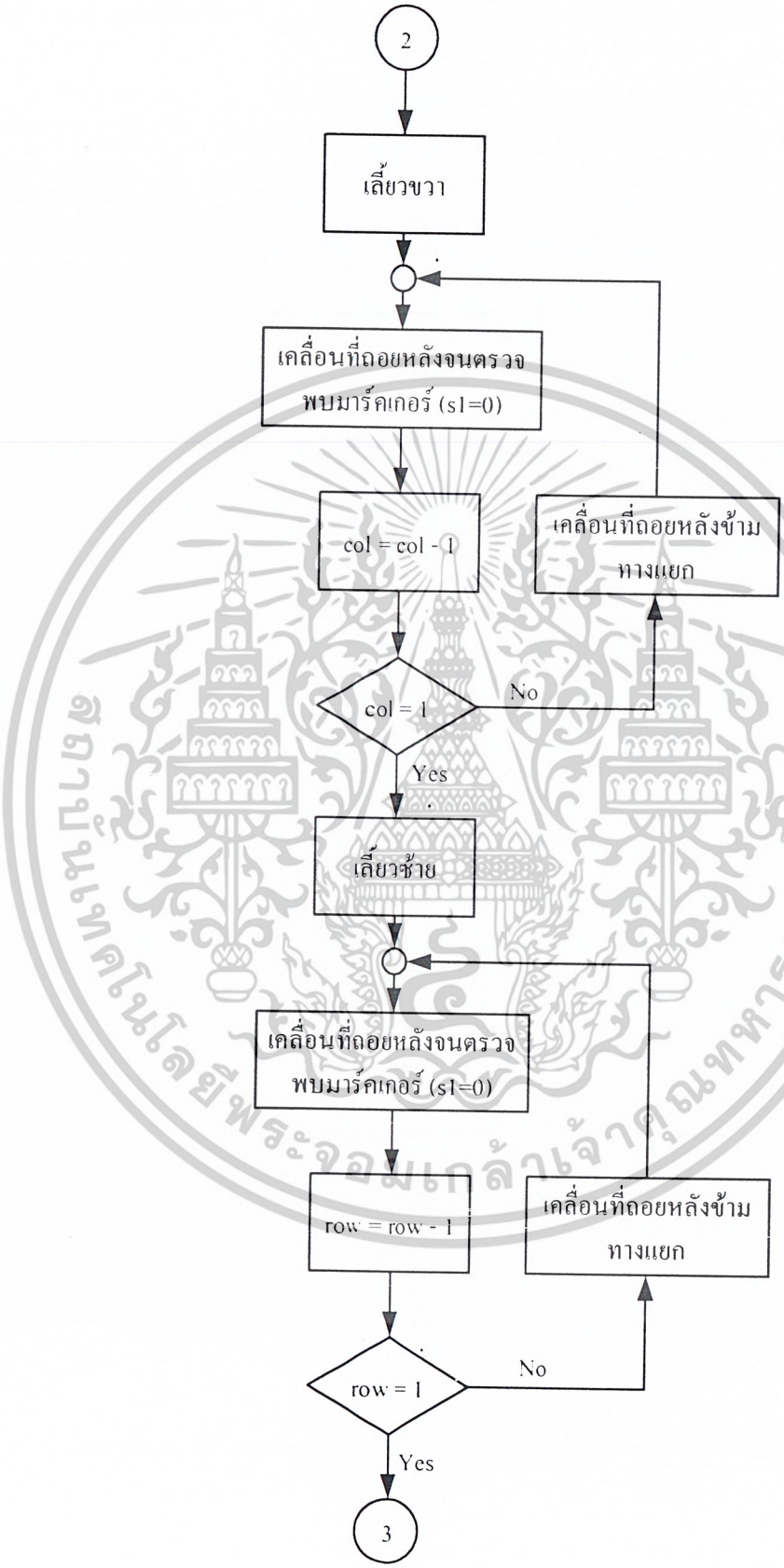
จากเงื่อนไขการทำงานทั้งหมด สามารถนำมาเขียนโฟลวชาร์ตแสดงได้ดังรูปที่ 2.16



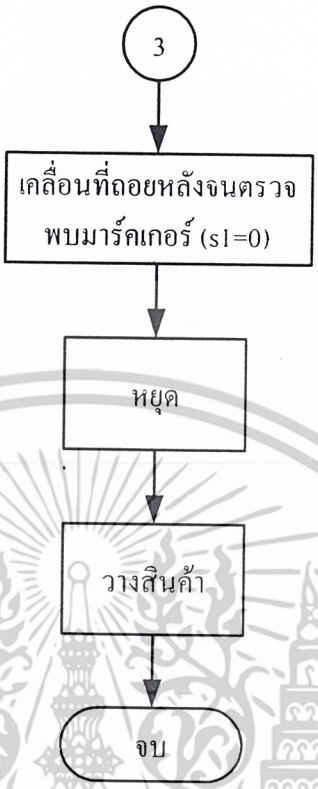
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



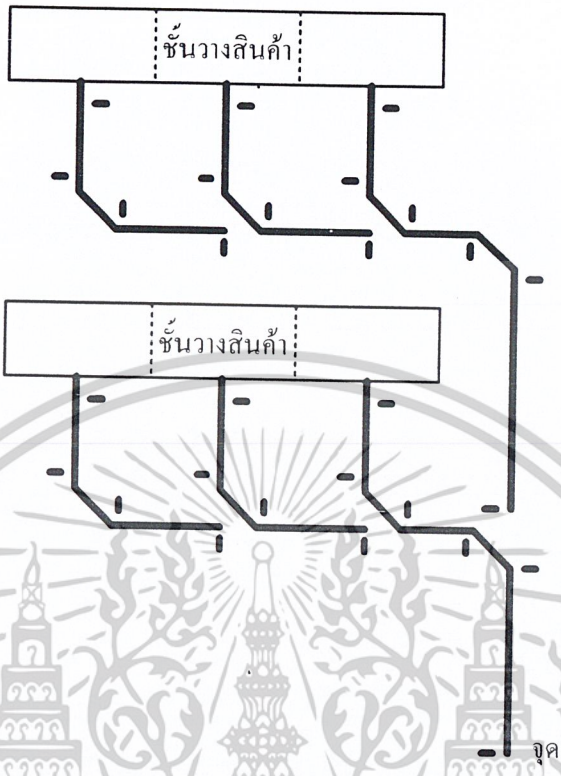
รูปที่ 2.16 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของรถยก

2.6.2 โครงสร้างคลังสินค้า

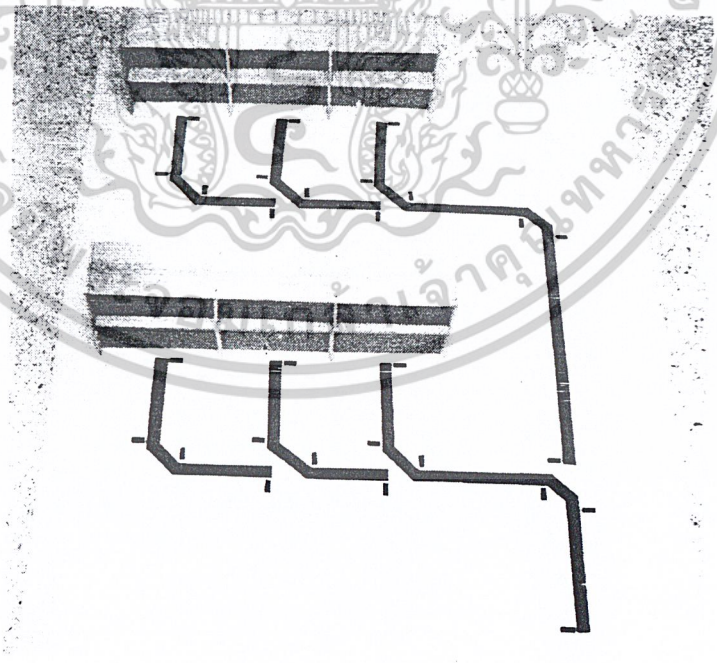
คลังสินค้าโดยทั่วไปนั้นมีลักษณะการจัดเก็บโดยตัวสินค้าจะถูกบรรจุลงในกล่องแล้ววางเรียงกันบนชั้นวางของ ซึ่งอาจมีหนึ่งชั้นหรือมากกว่า ชั้นวางจะถูกวางไว้จนเต็มพื้นที่โดยจะเว้นที่ไว้เป็นทางให้รถยกผ่านเท่านั้น มีทางเข้าออกสำหรับขนสินค้าเข้า และส่งสินค้าออกจากคลังสินค้าซึ่งจุดนี้เองที่จะเกิดการเก็บข้อมูลและตรวจสอบการเข้าออกของสินค้า เพื่อเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล

แบบจำลองที่ใช้ในโครงงานนี้ออกแบบให้ประกอบด้วยชั้นวางของสูง 2 ชั้น แต่ละชั้นแบ่งเป็น 3 ช่อง จำนวน 2 ชั้น รวมจัดเก็บสินค้าได้ 12 ชิ้น มีทางเข้าออกหนึ่งทาง ซึ่งเป็นจุดที่ติดตั้งคอมพิวเตอร์ที่ใช้รับคำสั่งจากผู้ใช้สำหรับเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถยกรวมถึงตำแหน่งการชะลอความเร็ว การหยุด การยก และวางสินค้าจะถูกกำหนดโดยเส้น และจุดบนพื้น โครงสร้างของคลังสินค้าแสดงได้ดังรูปที่ 2.17 และ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แผนภาพแบบจำลองคลังสินค้า



รูปที่ 2.18 แบบจำลองคลังสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การออกแบบทางซอฟท์แวร์

ในการออกแบบโครงงานนี้ได้นำการประยุกต์การใช้งานโปรแกรม Visual Basic เข้ามาช่วยในการติดต่อกับผู้ใช้ และ โปรแกรม Microsoft Access ในการจัดการด้านฐานข้อมูลของคลังสินค้า ซึ่งในการออกแบบการควบคุมการจัดการระบบฐานข้อมูลจะแบ่งเป็นหัวข้อใหญ่คือ

2.7.1 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

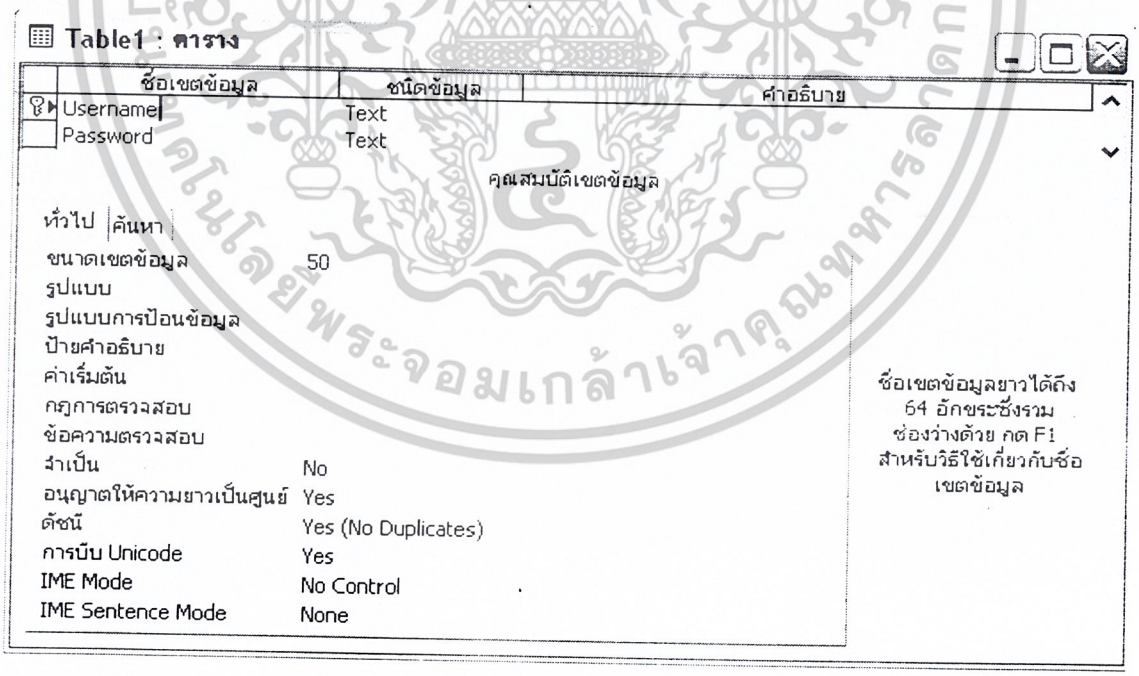
การออกแบบระบบฐานข้อมูลได้มีการประยุกต์การใช้งานโปรแกรม Microfoft Access ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.7.1.1 การออกแบบฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบการ ล็อกอิน (Log in)

ในการออกแบบฐานข้อมูลของคลังสินค้านั้น ได้กำหนดรูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงรายชื่อผู้ใช้ ดังนี้

ฟิลด์	ชนิดข้อมูล	จุดประสงค์
Username	Text	ใช้เก็บชื่อของผู้ใช้
Password	Text	ใช้เก็บรหัสผ่านของผู้ใช้

ตารางที่ 2.7 รูปแบบฟิลด์ฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบการ ล็อกอิน



รูปที่ 2.19 รูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงรายชื่อผู้ใช้

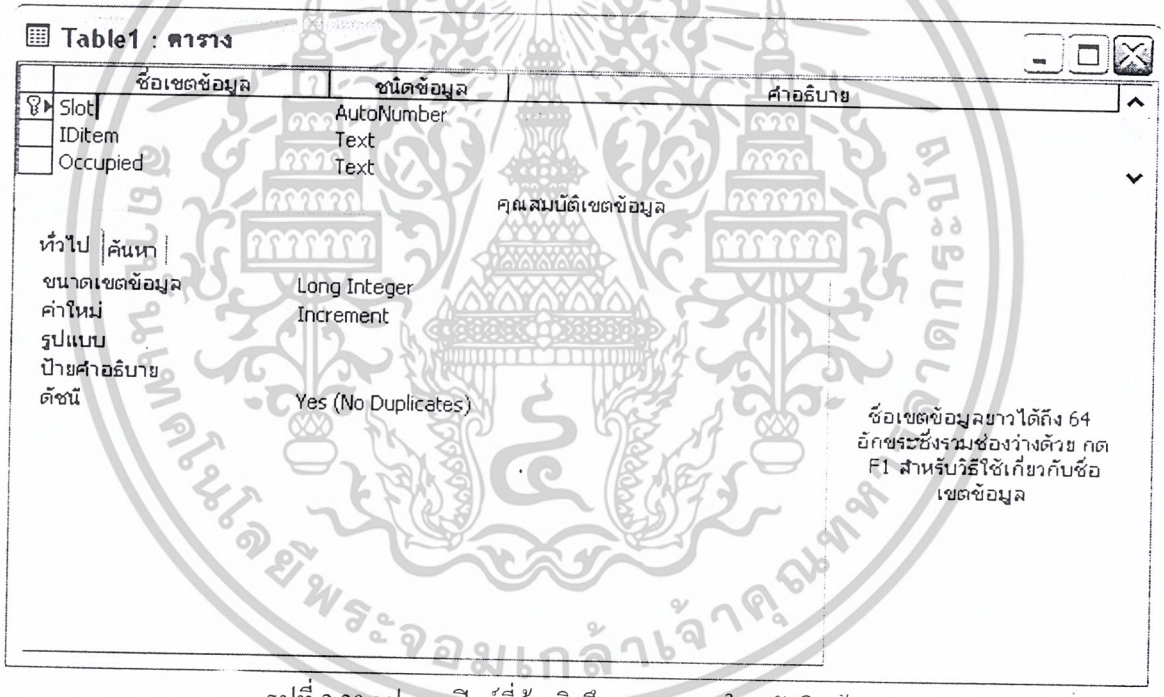
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 การออกแบบฐานข้อมูลของคลังสินค้า

ในการออกแบบฐานข้อมูลของคลังสินค้า ได้กำหนดรูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงสถานะคลังสินค้าที่สำคัญ ดังนี้

ฟิลด์	ชนิดข้อมูล	จุดประสงค์
Slot	Number	เพื่อความสะดวกในอ้างอิงถึงช่องเก็บสินค้า
IDitem	Text	ใช้เก็บรหัสสินค้า
Occupied	Text	ใช้เก็บค่าที่ระบุสถานะของช่องสินค้านั้น

ตารางที่ 2.8 รูปแบบฟิลด์ฐานข้อมูลของคลังสินค้า



รูปที่ 2.20 รูปแบบฟิลด์ที่อ้างอิงถึงสถานะภายในคลังสินค้า

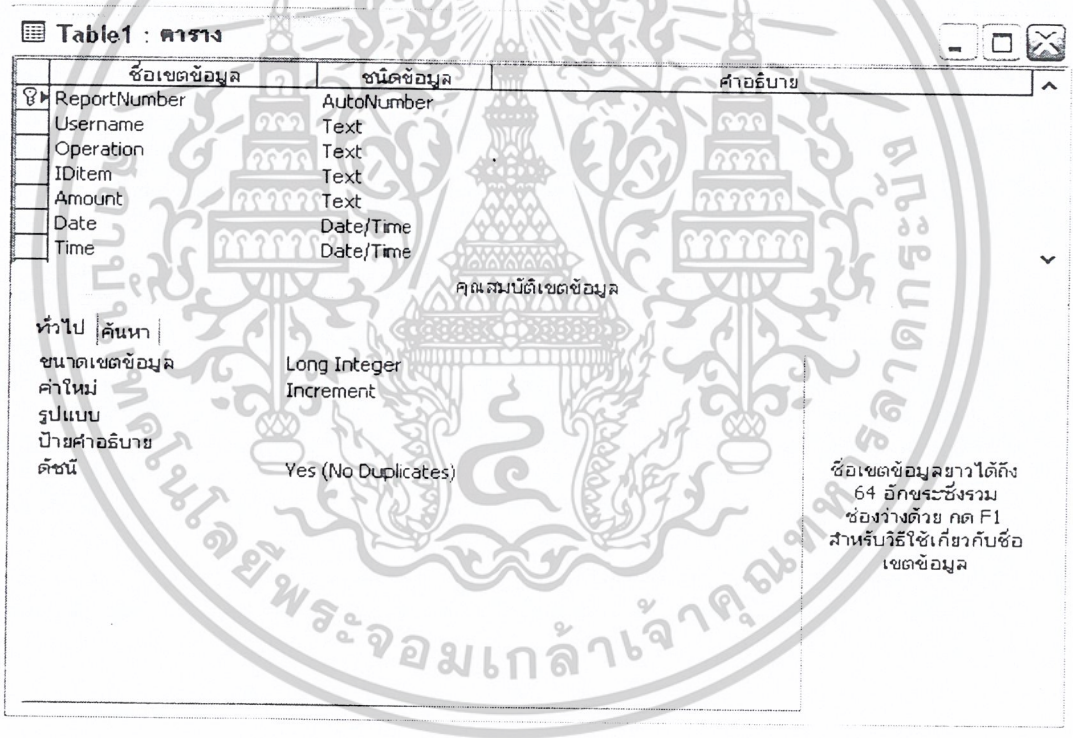
2.7.1.3 ฐานข้อมูลที่ใช้ในการรายงานการใช้

ในการออกแบบฐานข้อมูลการติดต่อกับผู้ใช้ ได้กำหนดรูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงข้อมูลการใช้งาน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิลด์	ชนิดข้อมูล	จุดประสงค์
ReportNumber	Autonumber	เพื่อลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
Username	Text	ใช้เพื่อเก็บรายชื่อผู้ใช้
Operation	Text	ใช้เพื่อเก็บวิธีใช้กระทำกับสินค้า
IDitem	Text	ใช้เพื่อเก็บรหัสสินค้า
Amount	Text	ใช้เพื่อเก็บจำนวนสินค้าต่อหนึ่งคำสั่งใช้งาน
Date	Date Time	ใช้เพื่อเก็บวันที่มีการใช้งาน
Time	Date Time	ใช้เพื่อเก็บเวลาที่มีการใช้งาน

ตารางที่ 2.9 รูปแบบฟิลด์ในฐานข้อมูลในการใช้งาน



รูปที่ 2.21 รูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงข้อมูลการใช้งาน

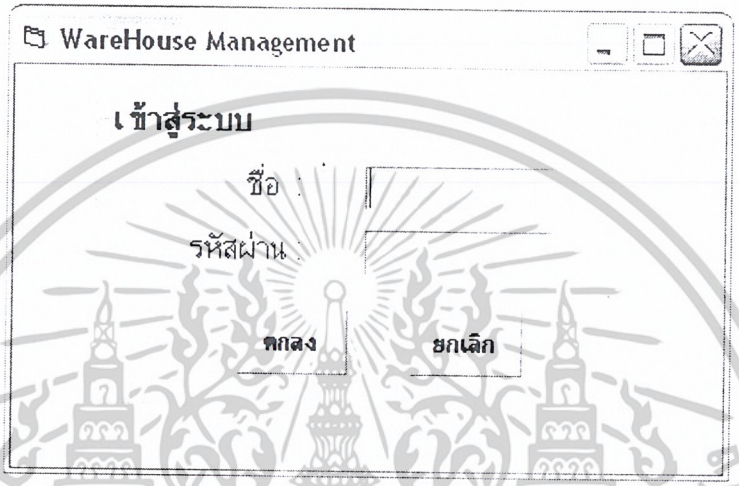
2.7.2 การออกแบบหน้าจอในการติดต่อกับผู้ใช้

ในการออกแบบหน้าจอในการติดต่อกับระบบฐานข้อมูล ได้เลือกใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ซึ่ง สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.1 ส่วนของการเข้าสู่ระบบการใช้งาน (Log In)

โปรแกรมได้ออกแบบให้ระบบมีการล็อกอินก่อนการใช้งานทุกครั้ง เพื่อเป็นการป้องกันบุคคลซึ่งไม่มีชื่ออยู่ในฐานข้อมูลเพื่อการตรวจสอบการล็อกอิน (ดังที่กล่าวมาแล้ว) ใช้งาน การออกแบบหน้าจอเพื่อการเข้าสู่ระบบ โดยผู้ใช้จำเป็นต้องใส่ชื่อและรหัสผ่านพร้อมกันในการล็อกอิน ซึ่งมีลักษณะดังรูป



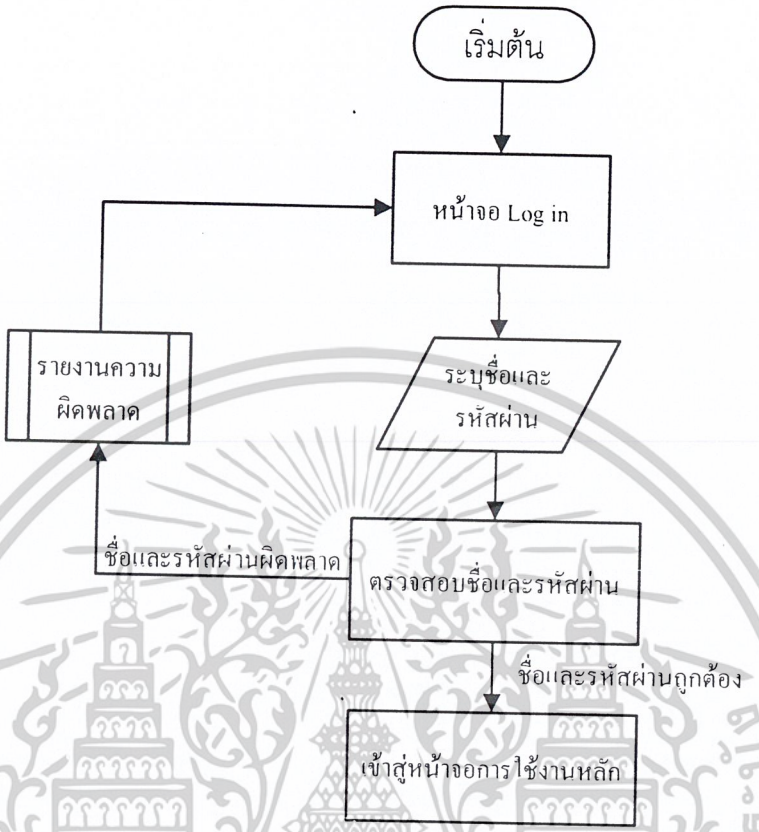
รูปที่ 2.22 แสดงส่วนของหน้าจอ Log In

หมายเหตุ : โปรแกรมได้ถูกออกแบบให้มีการรายงานความผิดพลาดเมื่อต้องการเข้าสู่ระบบดังนี้

- ในกรณีที่ผู้ใช้ระบุชื่อและรหัสผ่านไม่ครบจะมีการรายงานความผิดพลาดเป็นคำเตือน **"กรุณาใส่ชื่อและรหัสผ่าน"**
- ในกรณีที่ผู้ใช้ระบุชื่อและรหัสผ่านไม่ถูกต้องจะมีการรายงานความผิดพลาดเป็นคำเตือน **"ท่านไม่สามารถเข้าสู่ระบบได้ กรุณาใส่ชื่อและรหัสผ่านอีกครั้ง"**

โดยที่การทำงานจะเป็นไปดัง Flow Chart ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 Flow Chart แสดงขั้นตอนการ Log in

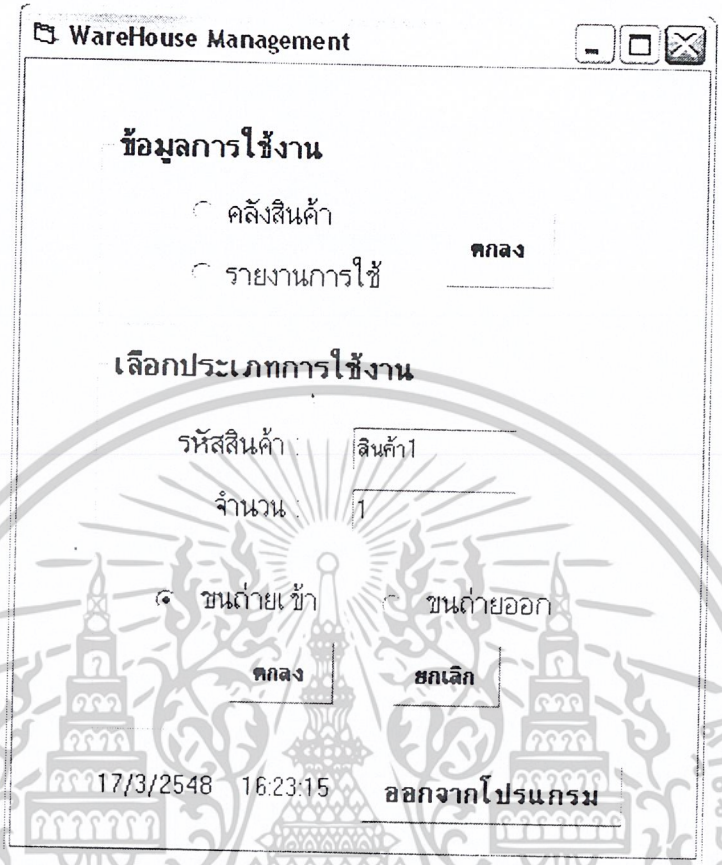
2.7.2.2 ส่วนของการใช้งาน

หน้าจอการใช้งานหลักจะแบ่งการใช้งานออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของการขนถ่ายสินค้าเข้า

ผู้ใช้จำเป็นจะต้องระบุรหัสสินค้า จำนวน และประเภทการทำงานเป็น "ขนถ่ายเข้า" โดยโปรแกรมนี้ได้เอื้อให้ผู้ใช้นั้นสามารถที่จะตรวจสอบจำนวนสินค้าที่มีอยู่ในคลังสินค้าได้เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดก่อนมีการสั่งการ โดยในการตรวจสอบสินค้าในคลังสินค้านั้นสามารถที่จะตรวจสอบได้ทั้งแบบระบุชื่อสินค้าซึ่งจะแสดงผลเป็น 2 ส่วนคือ แสดงจำนวนของสินค้าที่ระบุภายในคลังสินค้าและช่องว่างภายในโกดังที่เหลือทั้งหมด สำหรับการตรวจสอบจำนวนสินค้าอีกแบบหนึ่งนั้นคือการตรวจสอบสินค้าทั้งหมดที่มีอยู่ในคลังสินค้า โดยจะแสดงเป็นตารางและตำแหน่งที่มีสินค้านั้นอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



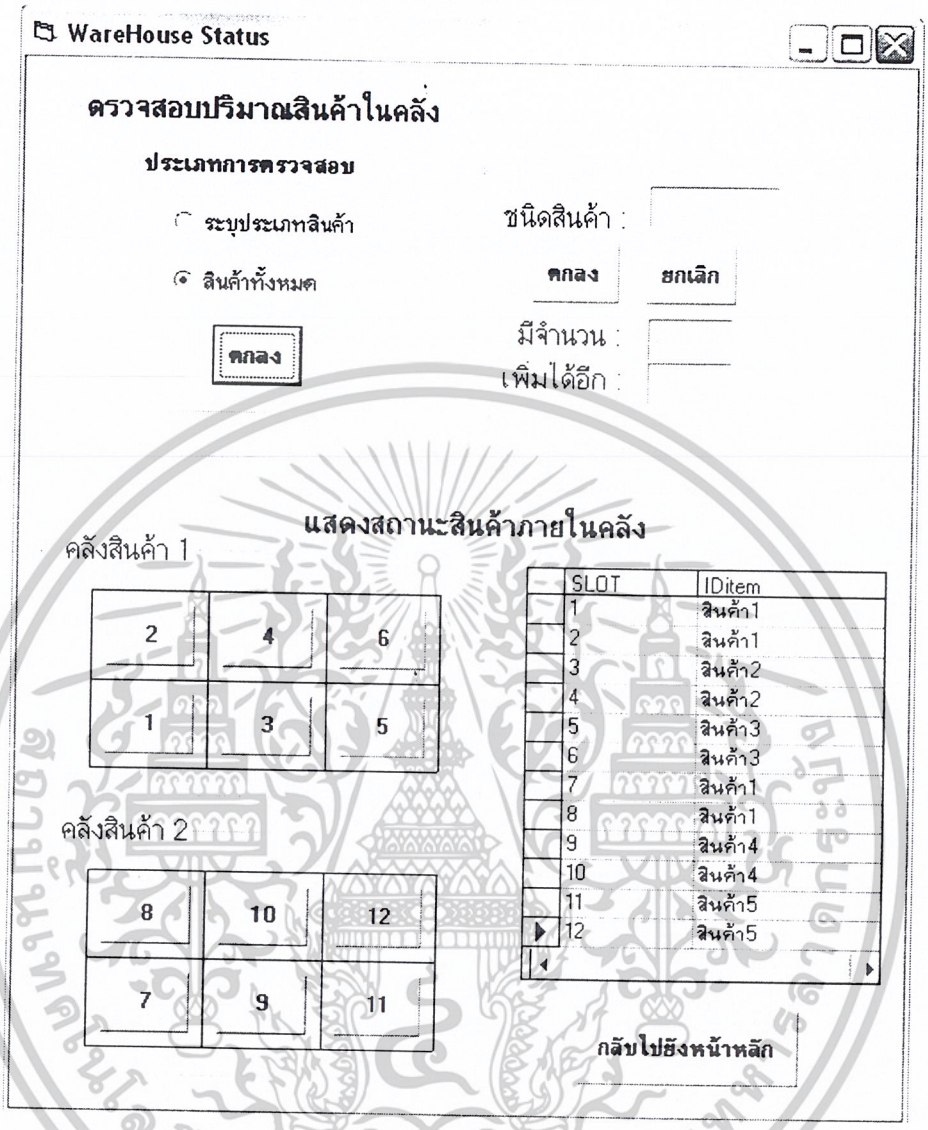
รูปที่ 2.24 แสดงหน้าจอการใช้งานหลัก

หมายเหตุ : โปรแกรมได้ถูกออกแบบให้มีการรายงานความผิดพลาดเมื่อต้องการขนถ่ายสินค้าเข้าดังนี้

- ในกรณีที่ผู้ใช้ระบุข้อมูลในการสั่งการไม่ครบจะมีข้อความเตือนคือ " **กรุณาใส่ข้อมูลให้ครบ** "
- ในกรณีที่ผู้ใช้ระบุจำนวนสินค้าที่ต้องการขนเข้ามากกว่าจำนวนช่องว่างในคลังสินค้า จะมีข้อความเตือนคือ " **ระบบไม่สามารถทำงานตามข้อมูลที่ระบุ กรุณาตรวจสอบสถานะคลังสินค้า** "

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าโปรแกรมถูกออกแบบให้ผู้ใช้สามารถทำการตรวจสอบสถานะภายในคลังสินค้าได้ก่อนการใช้งาน หน้าจอเป็นดังรูปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

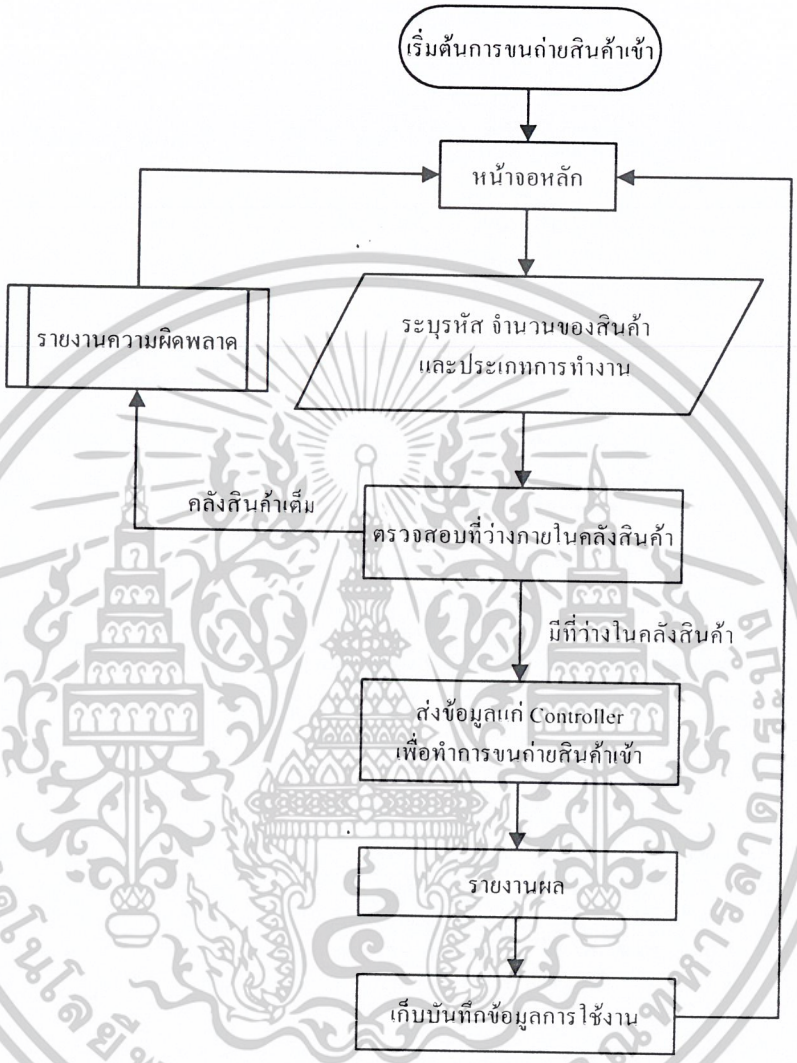


รูปที่ 2.25 แสดงหน้าจอสถานะภายในคลังสินค้า

การให้ความสำคัญของช่องว่างภายในคลังสินค้าจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.25 ซึ่งแสดงเป็นตำแหน่งตัวเลขดังตารางคือ 1 ถึง 12 (ลำดับความสำคัญจาก 1 มากสุด ไปจนถึง 12 ซึ่งน้อยสุด) โดยใช้เส้นทางเดินของรถและตำแหน่งของช่องว่าเป็นชั้นหนึ่งหรือชั้นสองในการจัดลำดับความสำคัญ เมื่อระบบได้รับคำสั่งในการขนถ่ายเข้าจะมีการตรวจสอบกับฐานข้อมูลคลังสินค้าว่ามีช่องว่างกี่ช่อง ที่หมายเลขใดบ้าง และจะทำการประมวลผลส่งสัญญาณข้อมูลให้รถยกเพื่อไปยังตำแหน่งที่ทำให้รถยกสามารถเคลื่อนที่โดยใช้เวลาน้อยที่สุด อธิบายได้ดังตัวอย่างนี้ คือ หากในคลังสินค้ามีช่องว่างที่ไม่มีการบรรจุสินค้า หมายเลข 4 , 6 , 8 รถยกจะได้รับคำสั่งจากระบบให้ทำการขนสินค้าเข้าไปยังช่องว่างหมายเลข 4 (ตามแผนผังภายในคลังสินค้าและเส้นทางเดินรถ ดังรูปที่ 2.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่การทำงานจะเป็นไปดัง Flow Chart ดังนี้



รูปที่ 2.26 Flow Chart แสดงการทำงานของระบบเมื่อต้องการขนถ่ายสินค้าเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนของการขนถ่ายสินค้าออก

การใช้งานโปรแกรมเพื่อสั่งให้มีการขนถ่ายสินค้าออกจะมีลักษณะคล้ายกับการขนถ่ายสินค้าเข้า คือ ผู้ใช้จำเป็นต้องระบุรหัส จำนวนสินค้า และประเภทการทำงานเป็น "ขนถ่ายออก" และเพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดในการสั่งการ ผู้ใช้จึงสามารถตรวจสอบสถานะภายในคลังได้เช่นเดียวกัน

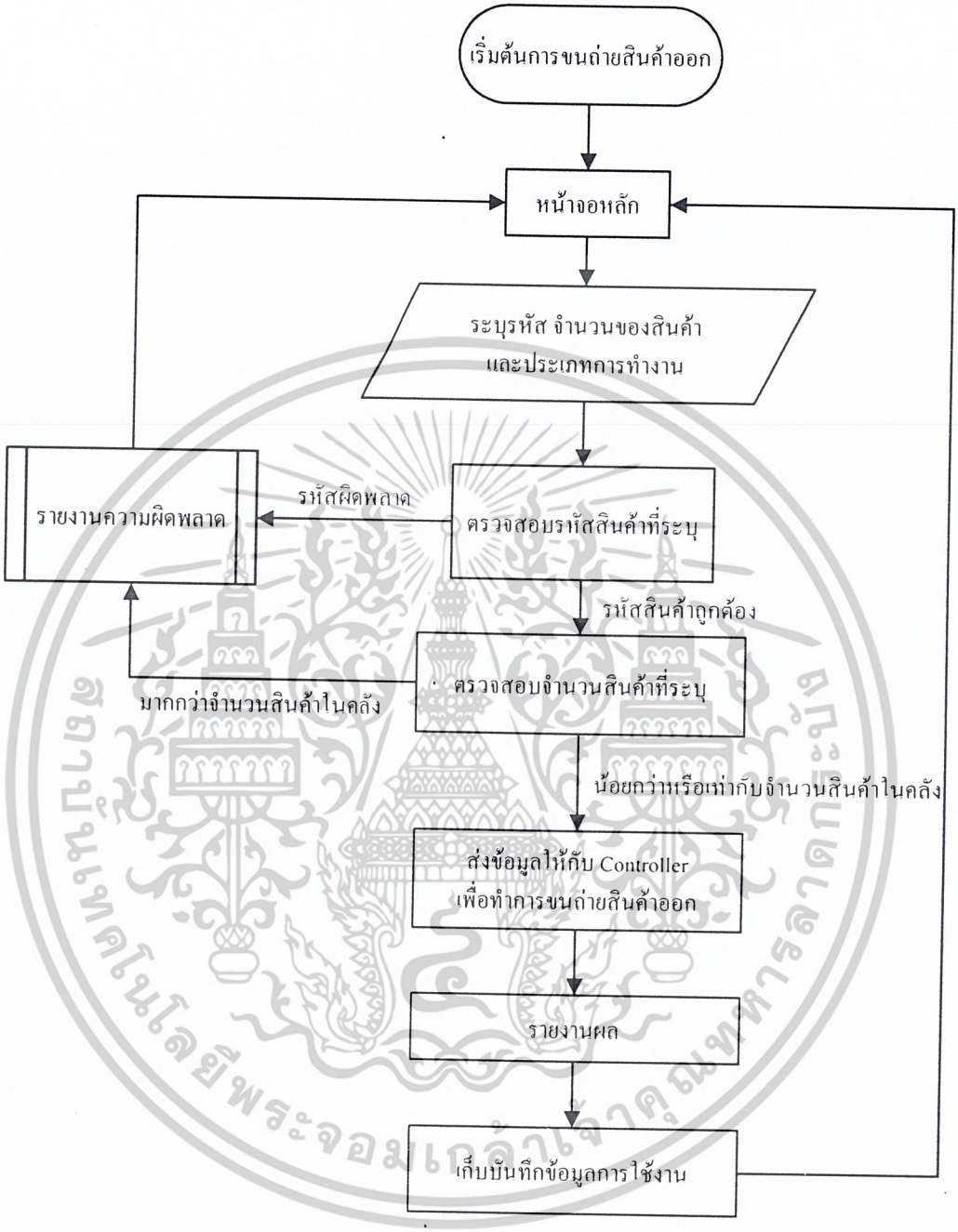
หมายเหตุ : โปรแกรมได้ถูกออกแบบให้มีการรายงานความผิดพลาดเมื่อต้องการขนถ่ายสินค้าออก ดังนี้

- ในกรณีที่ผู้ใช้ระบุข้อมูลในการสั่งการไม่ครบ จะมีข้อความเตือนคือ " **กรุณาใส่ข้อมูลให้ครบ** "
- ในกรณีที่ผู้ใช้ระบุรหัสสินค้าซึ่งไม่มีอยู่ในคลังสินค้าตอนนั้นหรือจำนวนที่ระบุมีมากกว่าในคลังสินค้า จะมีข้อความเตือนคือ **"ระบบไม่สามารถทำงานตามข้อมูลที่ระบุ กรุณาตรวจสอบสถานะคลังสินค้า"**

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในเรื่องการให้ลำดับความสำคัญของช่องภายในคลังสินค้า การสั่งการเพื่อการขนถ่ายออกนั้น โปรแกรมจะทำการตรวจสอบกับฐานข้อมูลคลังสินค้าซึ่งจะพิจารณาตำแหน่งของสินค้าที่ระบุที่ใกล้ที่สุดเช่นกัน อธิบายได้ดังตัวอย่างนี้ จากรูปที่ 2.25 เมื่อต้องการขนถ่ายสินค้า3 ออก สังเกตเห็นว่าภายในคลังสินค้าตอนนี้มีสินค้า3 อยู่ทั้งหมด 2 ช่อง คือ ช่องหมายเลข 5 และ 6 ระบบจะสั่งการให้ทำการขนถ่ายสินค้าออกที่ช่องหมายเลข 5 เนื่องจากว่าระบบสามารถทำงานโดยใช้เวลาที่น้อยกว่า

โดยที่การทำงานจะเป็นไปตาม Flow Chart ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

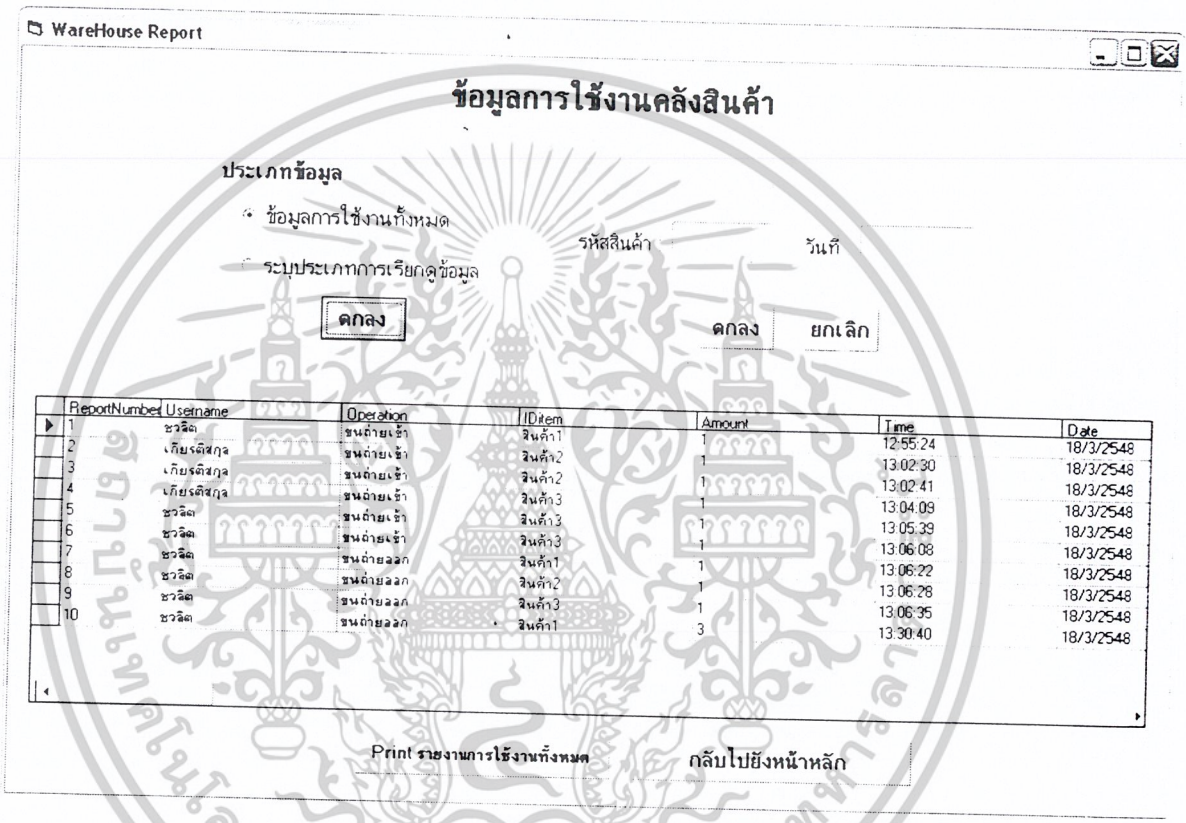


รูปที่ 2.27 Flow Chart แสดงการทำงานของระบบเมื่อต้องการขนถ่ายสินค้าออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนของการรายงานข้อมูลการใช้งาน

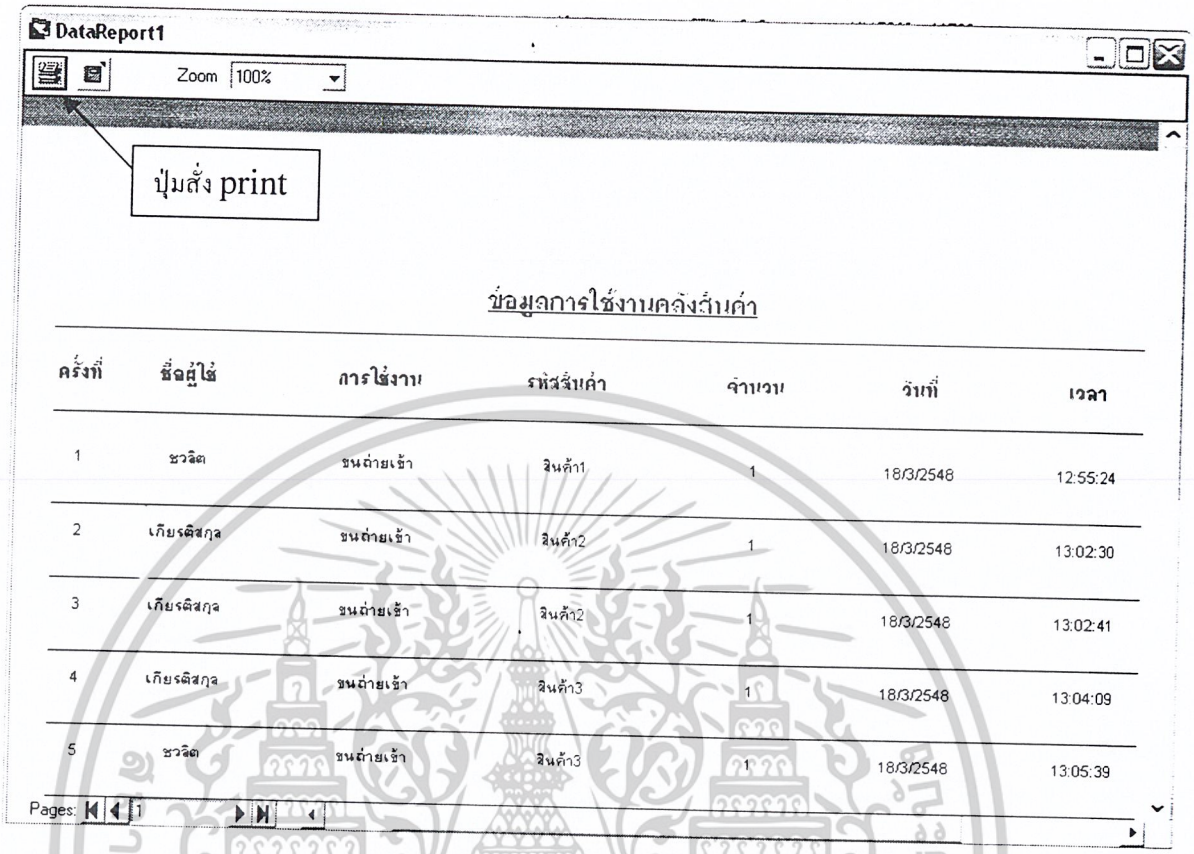
ในส่วนการรายงานการใช้งานได้ออกแบบให้สามารถดูรายละเอียดข้อมูลได้ 2 รูปแบบ คือ การดูรายละเอียดข้อมูลการใช้งานทั้งหมด และ การดูรายละเอียดข้อมูลการใช้งานแบบระบุประเภทซึ่งสามารถระบุเป็นรหัสสินค้าอย่างเดียว วันที่อย่างเดียว หรือ ระบุทั้ง 2 อย่าง ทำให้ผู้ใช้สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งส่วนการรายงานการใช้งานถูกออกแบบหน้าจอเป็นดังรูปนี้



รูปที่ 2.28 แสดงส่วนของหน้าจอรายงานการใช้งาน

และอีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนแสดงการรายงานการใช้งานทั้งหมดเพิ่มเติม ที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเก็บข้อมูลทั้งหมดโดยการสั่งพิมพ์ เนื่องจากหน้าจอส่วนนี้มีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการสั่งปริ้นท์ (Print) ซึ่งแสดงได้ดังรูปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น.อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



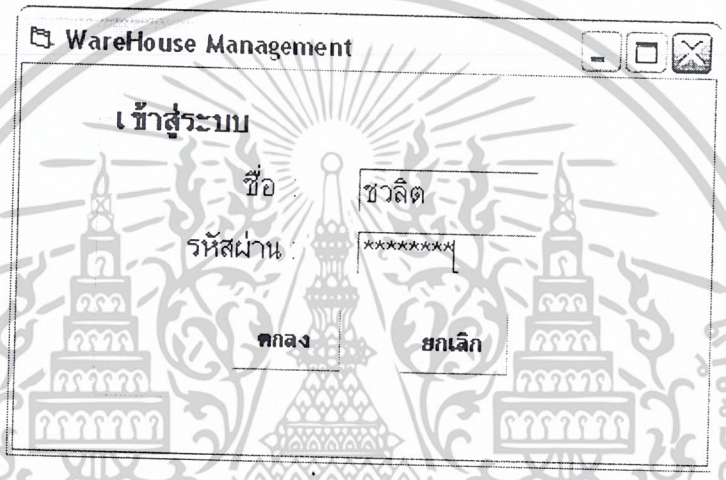
รูปที่ 2.2 แสดงหน้าจอการรายงานการใช้งานเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ผลการทดลอง

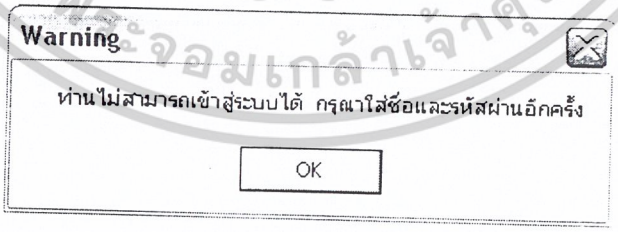
3.1 การเข้าสู่ระบบใช้งาน (Log in)

1. เปิดโปรแกรมเพื่อเริ่มต้นในส่วนการเข้าสู่ระบบใช้งาน
2. ใส่ชื่อและรหัสผ่านเพื่อตรวจสอบสิทธิ์ในการใช้งาน
3. คลิกที่ปุ่ม "ตกลง"



รูปที่ 3.1 แสดงหน้าจอเข้าสู่ระบบใช้งาน

ในกรณีที่ผู้ใช้ใส่ชื่อและรหัสผ่านไม่ถูกต้องจะปรากฏกล่องข้อความดังรูป เพื่อให้ผู้ใช้ใส่รหัสผ่านอีกครั้ง



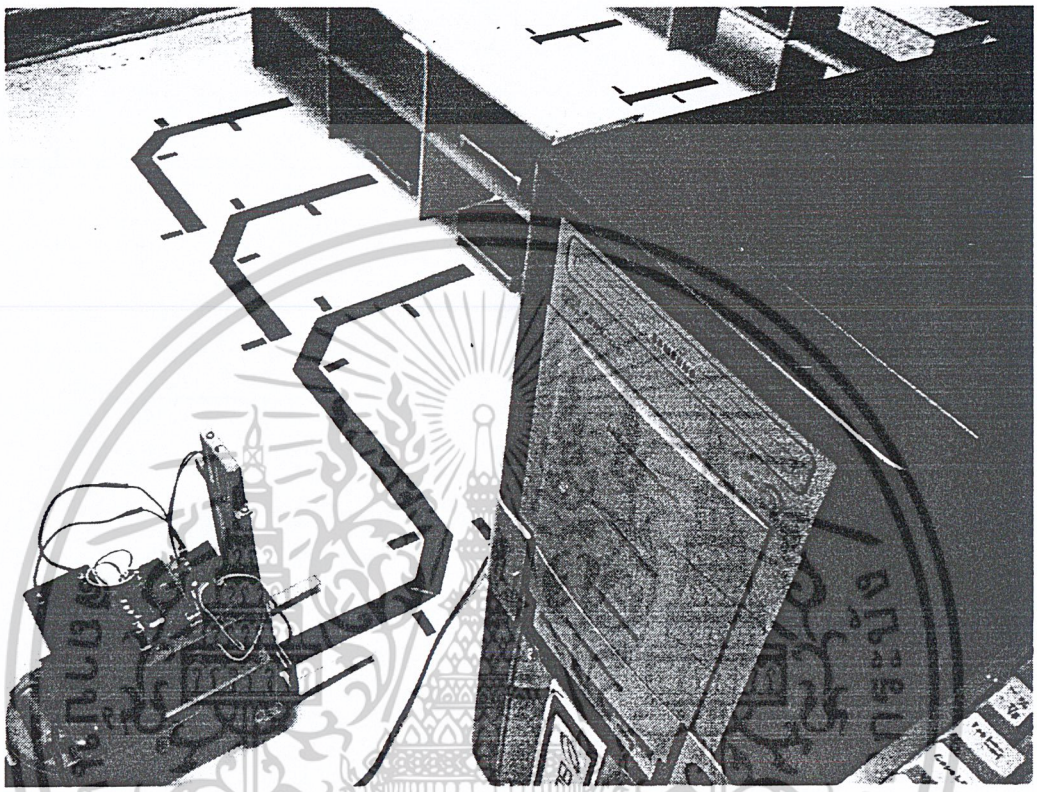
รูปที่ 3.2 แสดงกล่องข้อความรายงานความผิดพลาด

เมื่อชื่อและรหัสผ่านถูกต้องจะเข้าสู่หน้าต่างการใช้งาน เพื่อรับคำสั่งในการใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การขนถ่ายสินค้าเข้าสู่คลัง

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานดังรูป

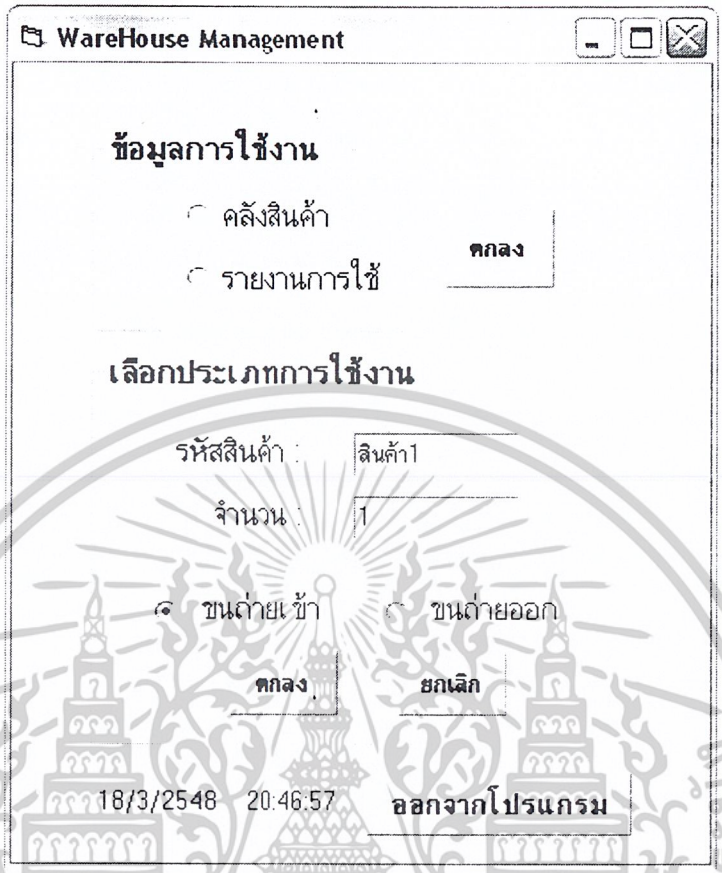


รูปที่ 3.3 การติดตั้งอุปกรณ์

2. นำสินค้ามาวางที่ลิฟต์ ระบุรหัส จำนวนของสินค้า และประเภทการใช้งานเป็น **"ขนถ่ายเข้า"**

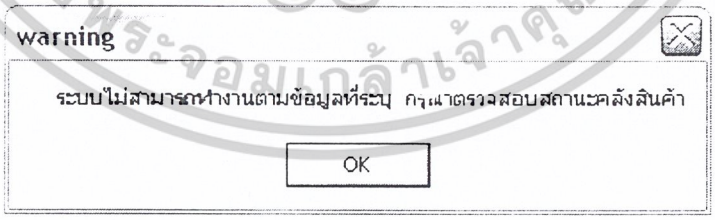
3. คลิกที่ปุ่ม **"ตกลง"**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงหน้าจอการใช้งานเพื่อขนถ่ายสินค้าเข้า

ในกรณีที่ช่องว่างในการขนถ่ายสินค้าเข้ามีไม่เพียงพอ จะมีกล่องข้อความเตือนดังรูป เครื่องคอมพิวเตอร์จะให้ท่านระบุข้อมูลใหม่อีกครั้ง

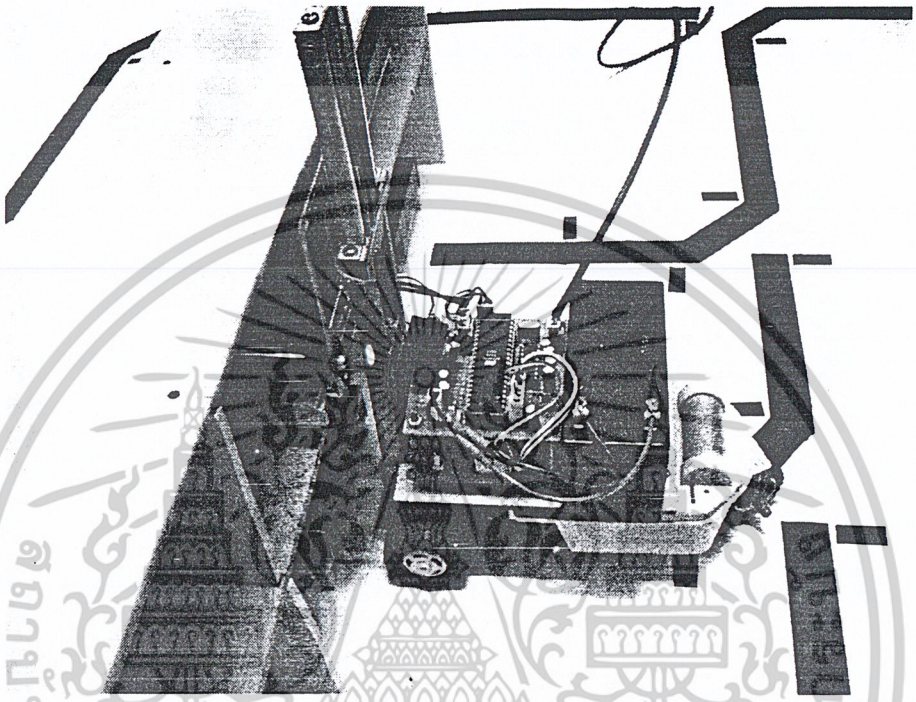


รูปที่ 3.5 กล่องข้อความแสดงความผิดพลาด

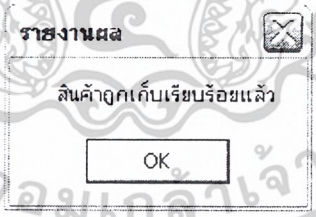
ถ้ามีช่องว่างในคลังสินค้าเพียงพอต่อคำสั่งที่ระบุแล้ว โปรแกรมจะทำการเลือกช่องว่างที่ทำให้ระบบทำงานด้วยเวลาที่น้อยที่สุด และส่งค่าตำแหน่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รถยกเคลื่อนที่นำสินค้าเพื่อไปเก็บยังตำแหน่งที่คอมพิวเตอร์ระบุ และย้อนกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น ส่งค่าให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อแจ้งว่าการทำงานเสร็จสิ้นแล้ว โดยโปรแกรมจะแสดงเป็นกล่องข้อความเพื่อให้ผู้ใช้รับรู้



รูปที่ 3.6 การขนถ่ายสินค้าเข้า



รูปที่ 3.7 กล่องข้อความแสดงการรายงานผล

5. ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลการใช้งานทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย ชื่อผู้ใช้ , การทำงาน , รหัสสินค้า , จำนวนสินค้า , วัน และเวลา ลงในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

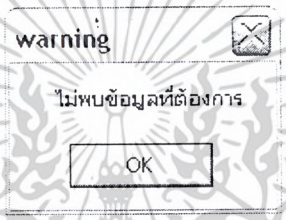
3.3 การขนถ่ายสินค้าออก

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

2. เช่นเดียวกับการสั่งการเพื่อขนถ่ายสินค้าเข้า คือ ระบุรหัส จำนวนของสินค้า แต่ประเภทการใช้งานเป็น **"ขนถ่ายออก"**

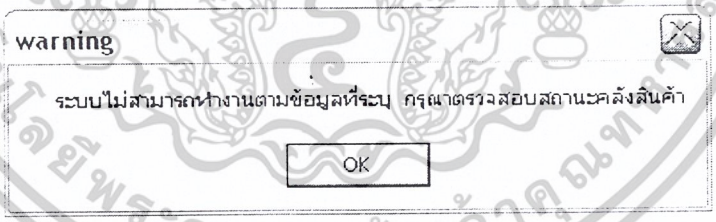
3. คลิกที่ปุ่ม **"ตกลง"**

ในกรณีที่ผู้ใช้ระบุรหัสสินค้าซึ่งไม่มีอยู่ในคลัง จะปรากฏกล่องข้อความดังรูป เครื่องคอมพิวเตอร์จะให้ผู้ใช้ระบุข้อมูลใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 3.8 กล่องข้อความแสดงความผิดพลาด

ในกรณีที่ผู้ใช้ระบุจำนวนสินค้ามากกว่าสินค้าที่มีอยู่ในคลัง จะปรากฏกล่องข้อความดังรูป เครื่องคอมพิวเตอร์ก็จะให้ระบุข้อมูลใหม่อีกครั้ง

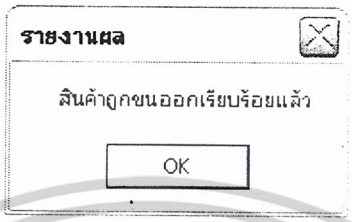


รูปที่ 3.9 กล่องข้อความแสดงความผิดพลาด

ถ้ารหัสสินค้าและจำนวนที่ผู้ใช้ระบุถูกต้อง โปรแกรมจะทำการเลือกตำแหน่งของช่องที่มีสินค้าตามที่ระบุซึ่งมีตำแหน่งที่ทำให้ระบบใช้เวลาในการขนถ่ายออกน้อยที่สุดและส่งค่าตำแหน่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รถยกเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่คอมพิวเตอร์ระบุและทำการยกสินค้าออก ย้อนกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น ส่งค่าให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อแจ้งว่าการทำงานเสร็จสิ้นแล้ว โดยโปรแกรมจะแสดงเป็นกล่องข้อความเพื่อให้ผู้ใช้รับรู้



รูปที่ 3.10 กล่องข้อความรายงานผล

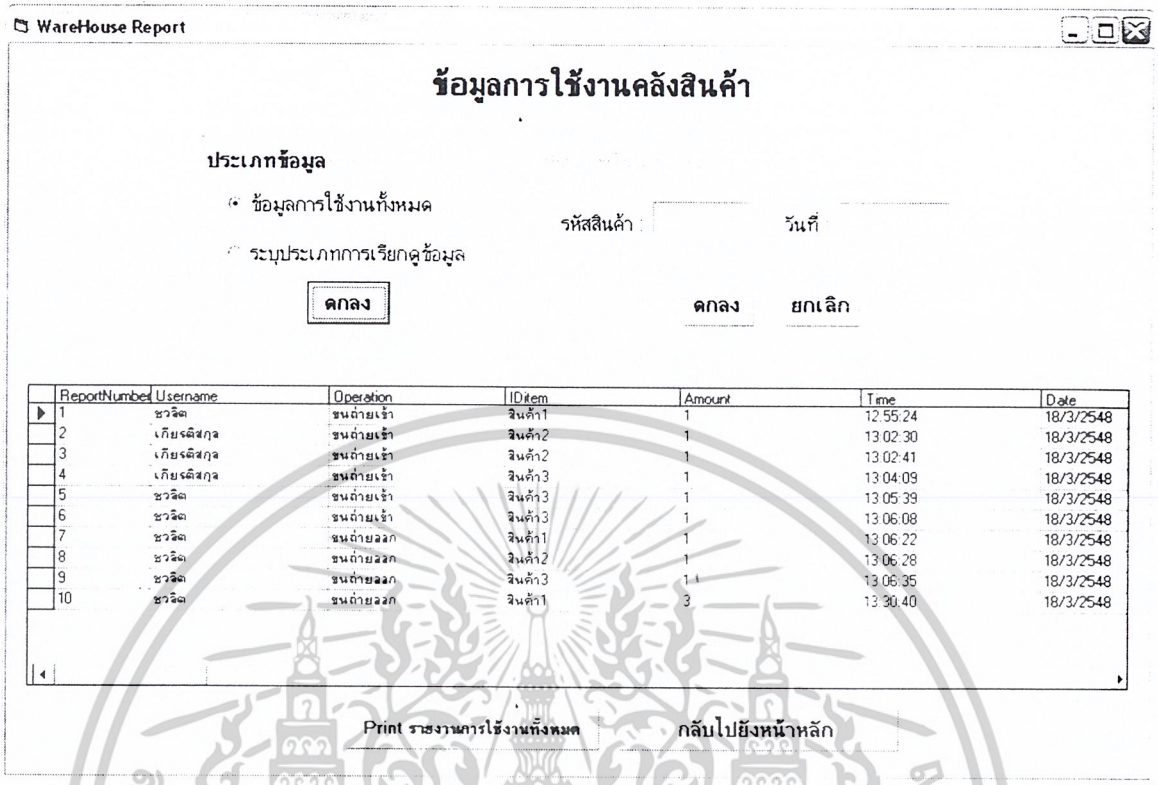
5. ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลการใช้งานทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย ชื่อผู้ใช้ , การทำงาน , รหัสสินค้า , จำนวนสินค้า , วัน และเวลา ลงในฐานข้อมูล

3.4 การรายงานข้อมูลการใช้งาน

1. จากหน้าจอการใช้งาน ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลการใช้งานได้โดยเลือกข้อมูลการใช้งานเป็น **"รายงานการใช้งาน"**

2. คลิกที่ปุ่ม **"ตกลง"** หน้าจอรายงานการใช้งานจะปรากฏดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงหน้าจอการรายงานผลการใช้งาน

นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถสืบค้นข้อมูลตามรหัสสินค้าและวันที่ใช้งานได้ โดยการใส่ข้อมูลที่ต้องการลงในช่องว่างของหน้าจอรายงานผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลอง เมื่อทำการรับคำสั่งจากผู้ใช้ผ่านซอฟแวร์บนคอมพิวเตอร์ ตัวรถยกสามารถทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อขนถ่ายสินค้าเข้าหรือออกจากคลังสินค้าจำลองได้ และเมื่อทำงานจนเสร็จก็จะส่งสัญญาณให้คอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลเก็บข้อมูลการใช้งานลงฐานข้อมูล และทำการแสดงผลการทำงานให้ผู้ใช้รับรู้

เนื่องจากการวางตัวของส่วนตรวจจับตำแหน่งเส้นทางบนพื้นอยู่ห่างจากส่วนขับเคลื่อน การเลี้ยวของรถจึงทำได้ไม่ดีนัก ทำให้บางครั้งตัวตรวจจับที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งเพื่อการชะลอและหยุด คลาดเคลื่อนไปตรวจจับเส้นทางเดินรถ ทำให้เงื่อนไขการทำงานผิดพลาดและบางครั้งทำให้รถ เคลื่อนที่ออกจากเส้นทางที่กำหนด นอกจากนี้แหล่งจ่ายพลังงานที่ใช้ซึ่งมีขนาดใหญ่และน้ำหนักที่มาก ทำให้ล้อหลังของรถยก ไม่สามารถหมุนได้อย่างอิสระ มีส่วนทำให้เกิดความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ของรถยกจึงต้องมีความเร็วที่ไม่มากนัก

ในส่วนของแนวทางการพัฒนาต่อไปสามารถเปลี่ยนจากการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังตัวรถโดยใช้สายเป็นการส่งแบบไร้สาย เพื่อให้ตัวรถเคลื่อนที่ได้อิสระขึ้น ตัวรถควรมีการส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์เป็นระยะ เพื่อจะได้ทราบสภาพสถานการณ์ทำงานและการผิดพลาดในการทำงานตลอดการทำงานของรถยก

และเพื่อเป็นการพัฒนาการออกแบบทางด้านซอฟแวร์ ระบบสามารถที่จะสั่งการผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต รวมทั้งมีการใช้กล้องวงจรปิดในการเก็บภาพการทำงานของรถยกเป็นแบบรีล ไทม์ (Real time) ทำให้ผู้ใช้สามารถสั่งการในระยะไกลและเห็นภาพการทำงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล . "การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี". กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , 2545

[2] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล . "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ฉบับ AT89C5x ของ Atmel" . บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

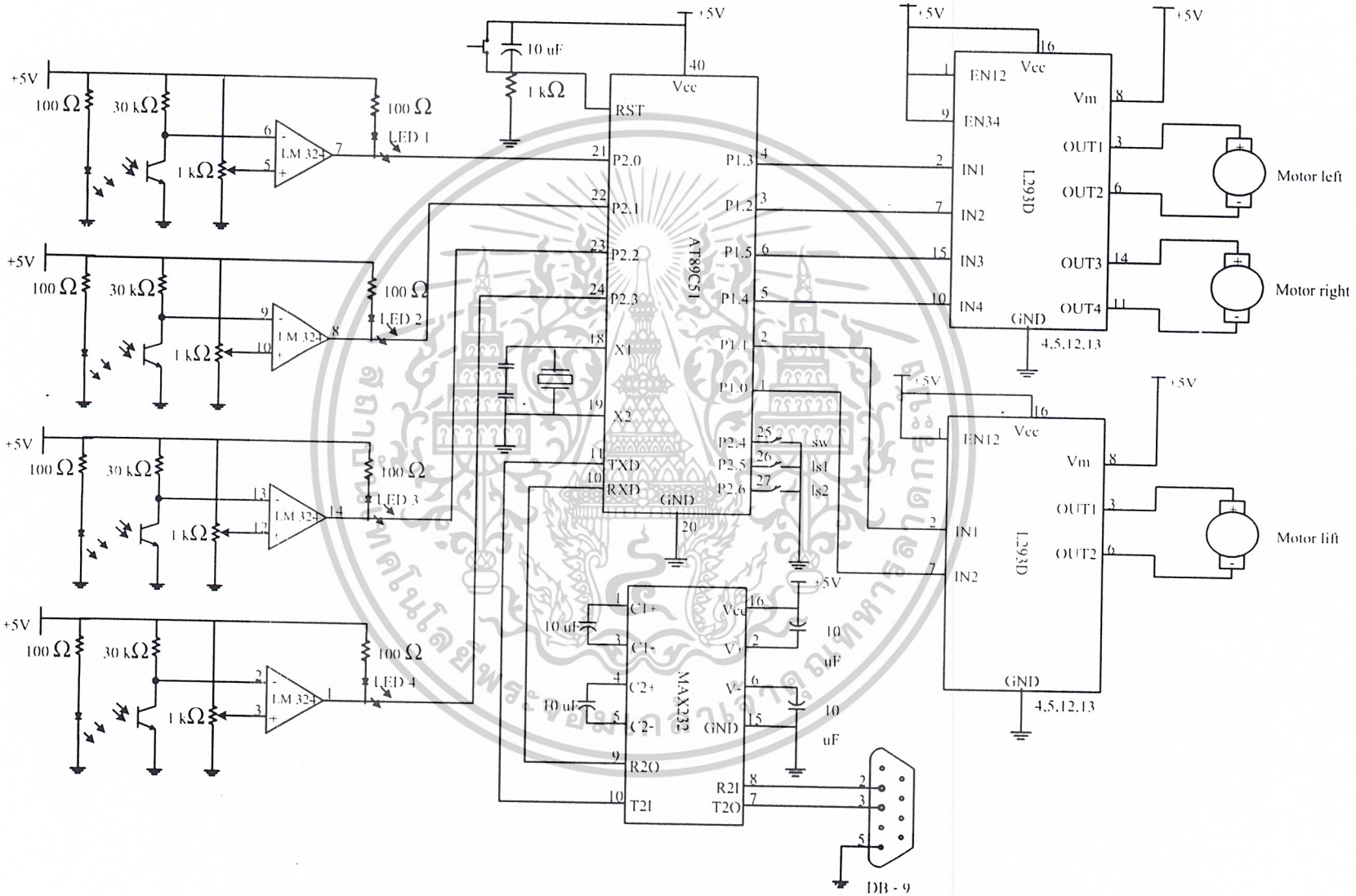
[3] กิตติ ภักดีวัฒนะกุล , จำลอง ครูอุตสาหะ . "Visual Basic ฉบับโปรแกรมเมอร์" . บริษัท ดวงกลมสมัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


+5V
100 Ω
30 kΩ
1 kΩ
LM 324
LED 1
LED 2
LED 3
LED 4
10 uF
AT89C51
RST
P2.0
P2.1
P2.2
P2.3
X1
X2
TXD
RXD
GND
Vcc
P1.3
P1.2
P1.5
P1.4
P1.1
P1.0
P2.4
P2.5
P2.6
sw
ls1
ls2
MAX232
C1+
C1-
C2+
C2-
R2O
T2I
R2I
T2O
V+
V-
10 uF
DB - 9
L293D
EN12
EN34
IN1
IN2
IN3
IN4
Vm
OUT1
OUT2
OUT3
OUT4
Motor left
Motor right
Motor lift
4,5,12,13

ภาคผนวก ข.

Microsoft Visual Basic เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

โปรแกรมวิชวลเบสิค

เป็นที่ยอมรับในวงการกันดีว่าตั้งแต่วินโดวส์ 95 และวินโดวส์ NT เป็นต้นมา วินโดวส์นั้นได้ช่วยให้คอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าดอส ดังนั้นในคอมพิวเตอร์ที่ใช้วินโดวส์ ถ้าเขียนโปรแกรมสำหรับดอสเพื่อรันในดอสของวินโดวส์ก็เท่ากับไม่ได้ใช้วินโดวส์ที่มีอยู่เลย เพราะโปรแกรมจะลดความสามารถของวินโดวส์ให้เหลือเท่ากับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ดอสเท่านั้นเพราะฉะนั้นสำหรับคอมพิวเตอร์ที่ใช้วินโดวส์ การเขียนโปรแกรมเพื่อรันในวินโดวส์จึงเป็นทางเดียวที่จะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด 2 ประการ คือ

1. โปรแกรมสำหรับวินโดวส์จะนำความสามารถของวินโดวส์มาใช้ได้อย่างเต็มที่
2. การเขียนโปรแกรมสำหรับวินโดวส์ทำได้ง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับดอส

โปรแกรมหรือแอปพลิเคชั่นในวินโดวส์นั้นได้มีวิธีการเขียน 2 แบบ คือการเขียนโปรแกรมแบบวิชวลหรือวิชวลโปรแกรมมิ่ง (Visual Programmimg) และการเขียนโปรแกรมแบบนอนวิชวลหรือนอนวิชวลโปรแกรมมิ่ง (None Visual Programming) "วิชวล หมายถึง มองเห็นการเขียนโปรแกรม หมายความว่าการเขียนแบบนี้เราจะมองเห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมนั่นทันที" ส่วนการเขียนโปรแกรมแบบนอนวิชวลเป็นการเขียนโปรแกรมด้วยอักษรและเครื่องหมาย ซึ่งจะยังไม่เห็นส่วนประกอบของโปรแกรมในทันที แต่สามารถจะมองเห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมได้ในภายหลังคือตอนรันโปรแกรม ดังนั้นการเขียนโปรแกรมแบบวิชวลจึงช่วยให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนได้สะดวกและรวดเร็วกว่า ในการทำงานด้านโปรแกรมมิ่งนั้นนับตั้งแต่เริ่มต้นในการพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ นั้นจะมีโปรแกรมภาษาต่าง ๆ มากมายที่ใช้ในการพัฒนางานหรือสร้างเป็นโปรแกรมประยุกต์ขึ้นมาใช้งานสำหรับการทำงานในองค์กรหรือพัฒนาขึ้นมาใช้งานส่วนตัว แต่โดยส่วนใหญ่แล้วโปรแกรมเหล่านี้จะเป็นโปรแกรมที่ต้องใช้ความจำเป็นเลิศเกือบทั้งสิ้น เนื่องจากโปรแกรมเหล่านั้น โดยส่วนใหญ่จะเป็นโปรแกรมประเภทการเขียน โดยการขึ้นคำสั่งเฉพาะต่าง ๆ ในการสร้างหรือควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการโดยเรียกการใช้งานโปรแกรมเหล่านี้ว่า "การโค๊ดดิ้ง" แต่สำหรับโปรแกรม Visual Basic 6.0 นั้นโปรแกรมพัฒนาที่การผสมผสานกันระหว่างการโค๊ดดิ้งและจับวาง (แกรกแอนด์ดรอป) นั่นก็คือในการทำงานนั้นสามารถที่จะกำหนดหรือสร้าง Object ต่าง ๆ โดยการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่ตัวโปรแกรมมีมาให้โดยไม่ต้องเขียนคำสั่งเพื่อสร้าง Object ต่าง ๆ เหล่านั้นขึ้นมาใช้งานและยังสามารถที่จะเขียนคำสั่งเพื่อใช้ในการสร้างเงื่อนไขพิเศษอื่น ๆ ที่ใช้ในการทำงานได้อีกด้วย

1. **คุณสมบัติและข้อดีของ** Visual Basic

ใน Visual Basic มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการกล่าวคือ ในการเขียนโปรแกรมแบบเดิมนั้นจะต้องออกแบบหน้าจอระบุตำแหน่งการแสดงผลคิดหาขั้นตอนการทำงานและอื่น ๆ จากนั้นจึงทำการเขียนโปรแกรม แต่ใน Visual Basic จะใช้หลักการของภาพและการมองเห็น โดยเริ่มจากออกแบบวินโดวส์ย่อยหรือที่ใน Visual Basic เรียกว่า ฟอร์ม ในฟอร์มจะประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ที่จะทำงานด้วยหรือเรียกว่าเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Object เช่น ข้อความ , ช่องรับข้อความ , Scroll Bar หรือปุ่ม (Button) เมื่อกำหนดสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ครบตามต้องการแล้วจึงระบุว่าองค์ประกอบแต่ละอย่างทำงานอย่างไร โดยเขียนโปรแกรมย่อย ปะเข้าไปกับ Object เหล่านี้ ที่ต้องทำแบบนี้ก็เพราะว่าการทำงานใน Windows เป็นแบบที่เรียกว่า Event – Driven คือขึ้นกับเหตุการณ์ (Even) การเขียนโปรแกรมแบบเดิมคือสั่งงานตามลำดับยุ่งยากมาก

Visual Basic นี้ยังคงไว้ด้วยข้อดีต่าง ๆ ของ Microsoft Quick Basic และยังมีการเพิ่มเติมคุณสมบัติหลากหลายที่จะสนับสนุนให้ตัวมันเองเป็นโปรแกรมพื้นฐาน สำหรับการพัฒนาโปรแกรมบน Microsoft Windows อีกด้วย เช่น กราฟฟิกเอาต์พุตที่สามารถถูกส่งออกไปยังส่วนต่าง ๆ ของวินโดวส์หรือแม้กระทั่งส่งไปยังเครื่องพิมพ์ สามารถเลือกสีสำหรับงานกราฟฟิกได้มากกว่า 16 ล้านเฉดสี (โดยวินโดวส์จะจัดการแสดงผลได้) โดยที่ไม่ต้องกังวลในส่วนนี้ว่าจะมีกระบวนการในการจัดการอย่างไร ไม่ว่าในตอนนี้หรือต่อไปในอนาคต

ข้อดีเหนือ Quick Basic อีกอย่างหนึ่งก็คือ การจัดการตัวแปรใน Visual Basic มีกฎเกณฑ์ซึ่งง่ายในการเข้าใจและจดจำ เพราะว่าถูกพัฒนาให้ง่ายและมีประสิทธิภาพโดยที่โปรแกรมของ Visual Basic จะประกอบไปด้วยไฟล์ 2 แบบ คือ Form และ Module ยกเว้นเมื่อ Declare globally ที่อื่น ตัวแปรและค่าคงที่ในโปรแกรมย่อยและฟังก์ชั่นนั้นจะเป็น Local สำหรับกระบวนการที่เกิดขึ้น

2. **การจัดการฐานข้อมูล**

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมในลักษณะของ Front – End ซึ่งผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถที่จะกำหนดรูปแบบของจอภาพให้ง่ายต่อการใช้งาน เพื่อช่วยลดความซับซ้อนในการใช้งานของ Database Management System (DBMS) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลไม่ว่าจะเป็นการจัดเก็บ การค้นคืน การเพิ่ม การลบ หรือการแก้ไขข้อมูล

ซึ่งในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ Microsoft Access เป็นฐานข้อมูล ซึ่งมีโครงสร้างเป็นแบบ Relational Database

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ Relational Database

Relational Database คือกลุ่มของข้อมูลที่สัมพันธ์กัน (Relation) ซึ่งจัดเก็บอยู่ในรูปของตาราง (Table) แต่ละตารางจะประกอบไปด้วยกลุ่มของ Record โดยแต่ละ Record จะประกอบด้วยกลุ่มของ Field ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าแต่ละตารางก็เปรียบเสมือนกับ Spread Sheet ที่มี Record แสดงอยู่ในรูปของแถว (Row) และ Field แสดงอยู่ในรูปของสดมภ์ (Column)

ในการเข้าถึงข้อมูลในแต่ละตาราง อาจจะกำหนดขอบเขตในการเข้าถึงข้อมูลได้ ในขณะเดียวกันถ้าต้องการให้สะดวกต่อการดู ก็อาจสั่งให้ตารางนั้นเรียงลำดับ (Sort) ข้อมูล และถ้าต้องการให้เข้าถึงข้อมูลได้ด้วยความรวดเร็ว ก็อาจจะใช้ดรรชนี (Index) มาช่วยในการเข้าถึงข้อมูลได้ นอกจากนี้ความสามารถที่น่าสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างหนึ่งของ Relational Database ได้แก่ การนำข้อมูลจากหลาย ๆ ตารางที่มีความสัมพันธ์กันมาใช้งานร่วมกันได้

ในการทำ Index แต่ละตารางจะต้องมี Field ที่ใช้เป็น Key ซึ่งแบ่งออกเป็น Primary Key และ Foreign Key โดย Field ที่ใช้เป็น Key หลักของ Table จะเรียกว่า "Primary Key" ส่วน Field ที่ใช้ในการอ้างถึงข้อมูลในตารางที่สัมพันธ์กันจะเรียกว่า "Foreign Key"

ประเภทของความสัมพันธ์ระหว่างตารางแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. ความสัมพันธ์แบบ **One – to – Many**

หมายถึง ข้อมูล 1 Record ในตารางหนึ่งจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลในอีกตารางหนึ่งมากกว่า 1 Record เช่น เจ้าของบัญชีเงินฝากธนาคาร 1 คน สามารถมีบัญชีเงินฝากได้มากกว่า 1 บัญชี

2. ความสัมพันธ์แบบ **One – to – One**

หมายถึง ข้อมูลแต่ละ Record ในตาราง หนึ่งจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลในอีกตารางหนึ่งเพียง Record เดียว เช่น กรณีมีการกำหนดให้ บัญชีเงินฝากธนาคารแต่ละบัญชีจะมีเจ้าของบัญชีได้เพียงคนเดียว

3. ความสัมพันธ์แบบ **Many – to – Many**

หมายถึง หลาย Record ใน ตารางหนึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอีกหลาย Record ในอีกตารางหนึ่ง เช่น เจ้าของบัญชีเงินฝาก 1 คน สามารถเป็นเจ้าของบัญชีเงินฝากได้มากกว่า 1 บัญชี และแต่ละบัญชีเงินฝากสามารถมีเจ้าของบัญชีได้มากกว่า 1 คน

2.1 ฐานข้อมูลแบบตาราง (Table)

ตาราง เป็นพื้นที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจริง ๆ ในฐานข้อมูล แต่ละตารางจะอยู่ในรูปของตารางขนาด 2 มิติ โดยที่แต่ละแถว (Row) ได้แก่ Record ส่วนสดมภ์ (Column) จะได้แก่ Field หรือ Attribute ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติที่ประกอบไปด้วย ชื่อ ประเภทข้อมูลและขนาด ดังรูป

Field 1			Field 2			.....	Field 3		
ชื่อ FIELD	ประเภทข้อมูล	ขนาด	ชื่อ FIELD	ประเภทข้อมูล	ขนาด	.....	ชื่อ FIELD	ประเภทข้อมูล	ขนาด

ตารางที่ 3 แสดงลักษณะของตาราง

เมื่อกำหนดประเภทฟิลด์ ชื่อสดมภ์ แล้ว ตารางที่ได้สามารถที่จะเรียกใช้ผ่านโปรแกรมต่าง ๆ ได้ ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้การเข้าถึงข้อมูลในตารางด้วยภาษา SQL ซึ่ง SQL จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Definition Language (DDL) ซึ่งใช้สำหรับสร้างตัวฐานข้อมูล และ Data Manipulation Language (DML) ซึ่งใช้สำหรับจัดการกับข้อมูล แต่ในที่นี้ จะให้ความสนใจเฉพาะในส่วนของ DML

คำสั่งของ SQL ในส่วนของ DML มักจะอยู่ในรูป

SELECT fieldlist **FROM** tablelist **WHERE** condition

โดยที่ field หมายถึง รายชื่อฟิลด์ในการแสดงผล ซึ่งถ้ากำหนดเป็น * จะหมายถึงทุกฟิลด์
tablelist หมายถึง ชื่อของตารางซึ่งอาจจะมีมากกว่า 1 ตาราง ในกรณีที่มีการ join กัน
condition หมายถึง เงื่อนไขในการอ่านข้อมูล

2.2 การเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับฐานข้อมูล โดยใช้ ADO Data Control

เนื่องจาก ADO Data Control ไม่ใช่ Control มาตรฐาน ดังนั้นก่อนที่จะนำมาใช้งาน จึงต้องเพิ่ม Control นี้มาไว้ใน Toolbox ก่อน โดยการเลือก "Microsoft ADO Data Control 6.0 (OLEDB)"

2.2.1 การใช้งาน Data Control

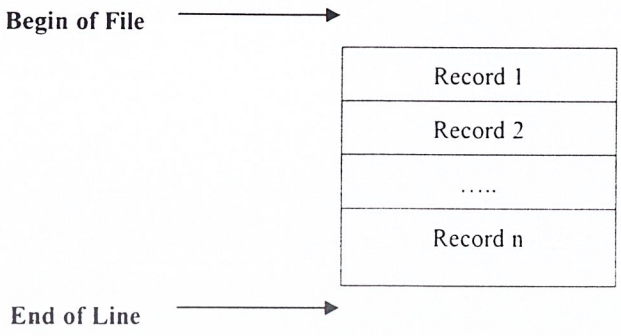
Visual Basic จะอาศัย Control ชื่อ "Data" (มักจะเรียกว่า "Data Control") ในการทำงานร่วมกับฐานข้อมูล โดยที่ 1 Data Control จะใช้อ้างถึง 1 ตารางหรือมากกว่าในฐานข้อมูล ข้อมูลที่ถูกอ่านจากตารางมาเก็บไว้ใน Data Control จะเรียกว่า "Recordset" ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า Recordset ได้แก่ กลุ่มของ Record ในตาราง ซึ่งอาจมาจาก 1 หรือมากกว่า 1 ตาราง ที่ถูกอ่านเข้ามาเก็บไว้ในตัว Data Control ตามเงื่อนไขที่กำหนด ในการอ้างถึง Recordset ใน Data Control ให้เขียนอยู่ในรูปแบบ ดังนี้

datacontrol.**Recordset**.methodproperty

โดยที่ datacontrol หมายถึง ชื่อของ Data Control
Methodproperty หมายถึง Method หรือ Property ของ Data Control

สถานะ "Begin of File" เป็นสถานะที่เกิดขึ้นเมื่อ มีการเลื่อน Pointer กลับไปยัง Record ก่อนหน้าเกิน Record แรกใน Table ส่วนสถานะ "End of Line" เป็นสถานะที่เกิดขึ้นเมื่อ มีการเลื่อน Pointer ไปยัง Record ถัดไปเกิน Record สุดท้ายในตาราง ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 แสดงการทำงานของ Pointer

ในการใช้งานคำสั่ง SQL กับ Data Control จะใช้การกำหนดประโยคคำสั่งที่เขียนขึ้นด้วย SQL ลงใน Property "RecordSource" ของ Data Control แทนการกำหนดชื่อ Table ในลักษณะเดิม แล้วจึงใช้ Method "Refresh" เพื่อสั่งให้ Data Control ทำงานตามคำสั่งที่กำหนด

recordset.**Refresh**

โดยที่ recordset หมายถึง ชื่อ Object ที่เป็นเจ้าของ Recordset ในกรณีที่ใช้ Data Control ให้กำหนดในรูป datacontrol.**Recordset** โดย datacontrol ได้แก่ ชื่อของ Data Control นั้น

2.2.2 การควบคุมตำแหน่งของตัวชี้ในตาราง

การควบคุมตำแหน่งของตัวชี้ตำแหน่งข้อมูล ทำโดยการเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงาน (Method) ของอ๊อปเจ็คข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเลื่อนตำแหน่งตัวชี้ตำแหน่งข้อมูล พร้อมทั้งทำการตรวจสอบค่าคุณสมบัติบางตัวที่เกี่ยวข้องคุณสมบัติของอ๊อปเจ็ค ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลคุณสมบัติของอ๊อปเจ็คข้อมูลที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับตัวชี้ตำแหน่งข้อมูล มีเพียง 2 คุณสมบัติที่สำคัญ คือ

1. BOF เป็นค่าของคุณสมบัติ ซึ่งถ้ามีค่าเป็น True หมายความว่า ตอนนี้ตัวชี้ตำแหน่งของข้อมูลของอ๊อปเจ็คนี้ อยู่ก่อนหน้าเรคคอร์ดแรกของอ๊อปเจ็คข้อมูลนี้ (Begin of file) หมายความว่าไม่ได้ชี้อยู่ที่ตำแหน่งของข้อมูลที่ถูกต้อง

2. EOF มีลักษณะเช่นเดียวกันกับ BOF หากมีค่าเป็น True หมายความว่า ตำแหน่งของตัวชี้ข้อมูลจะอยู่เลยถัดไปจากเรคคอร์ดสุดท้ายในอ๊อปเจ็คข้อมูลนี้อยู่แล้ว (End of file)

เมื่อระบุตำแหน่งของเรคคอร์ดที่ต้องการได้แล้วจะสามารถทำการอ่านค่าของฟิลด์ต่าง ๆ ในเรคคอร์ดที่ตำแหน่งนั้นหรือทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขค่าของฟิลด์ในตำแหน่งนั้นให้มีค่าตามที่ต้องการได้ (ในกรณีที่ต้องการจะเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลในตำแหน่งนั้นของอ๊อปเจ็คข้อมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเขียนโปรแกรม Visual Basic ในการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม

คอนโทรล MsComm (Communication) เป็นคอนโทรลตัวหนึ่งที่ใช้ช่วยในการติดต่อกับพอร์ทอนุกรม (Serial Port) ซึ่งผู้ใช้สามารถทำการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรมได้ด้วยคอนโทรลนี้ซึ่งคอนโทรล MsComm ที่มากับ Visual Basic จะเป็นคอนโทรลที่ทำงานโดยมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์แบบ Event – Driven นั่นก็คือคอนโทรลจะทำหน้าที่ตรวจสอบการเกิดขึ้นหรือการร้องขอให้เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ กับพอร์ทอนุกรมโดยอัตโนมัติ และจะมีการแจ้งเตือนให้ผู้อ่านได้ทราบโดยผ่านทางโพรซีเยอร์เหตุการณ์เช่นเดียวกับคอนโทรลทั่วไปนั่นเอง ดังนั้นในการเขียนโค้ดผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องสร้างโพรซีเยอร์ที่ทำหน้าที่คอยตรวจสอบเหตุการณ์ต่าง ๆ ของพอร์ทอนุกรม ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก

ในความเป็นจริงคอนโทรล MsComm ไม่ได้ทำหน้าที่ติดต่อกับพอร์ทอนุกรมโดยตรง แต่มันจะทำหน้าที่เรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งวินโดวส์จะทำการส่งหรือรับข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรมโดยอาศัยไดรเวอร์ Comm.drv อีกทอดหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้สั้น ๆ ว่าทุกครั้งที่มีการเรียกใช้คอนโทรล MsComm ก็หมายถึงการเรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งจะถูกตีความอีกทอดหนึ่งโดยไดรเวอร์ Comm.drv จากนั้นก็จะส่งผ่านข้อมูลที่ถูกจัดรูปแบบมาตรฐานการสื่อสาร (ทั้งนี้ก็ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับพอร์ทอนุกรม) ให้กับดีไวซ์ไดรเวอร์อีกทอดหนึ่งนั่นเองสำหรับฟอร์มหนึ่ง ๆ ผู้อ่านสามารถเพิ่มได้หลาย ๆ คอนโทรล MsComm ทั้งนี้ก็ขึ้นกับความต้องการในการติดต่อกับพอร์ทอนุกรมใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

โปรแกรมภาษาซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include<reg51.h>
sbit            mfn = P1^0;
sbit            mfp = P1^1;
sbit            mln = P1^2;
sbit            mlp = P1^3;
sbit            mrn = P1^4;
sbit            mrp = P1^5;
sbit            s1 = P2^0;
sbit            s2 = P2^1;
sbit            s3 = P2^2;
sbit            s4 = P2^3;
sbit            sw = P2^4;
sbit            ls1 = P2^5;
sbit            ls2 = P2^6;
void delay(unsigned int d)
{               unsigned int y;
                for(y=0;y<d;y++)
                { TH0 = 0xFF;
                  TL0 = 0xF5;
                  TF0 = 0;
                  TR0 = 1;
                  while(TF0==0);
                  TR0 = 0; } }
void follow(void)
{               while(s4)
                {       while(~s2&~s3&s4)
                        {       mlp = 1;mrp = 1;delay(30);
                                mlp = 0;mrp = 0;delay(70);}
                        while(s3&s4)
                        {       mlp = 1;mrp = 1;delay(15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    mlp = 0:mrp = 1:delay(15);
                    mlp = 0:mrp = 0:delay(70);}
                while(s2&s4)
                {   mlp = 1:mrp = 1:delay(15);
                    mlp = 1:mrp = 0:delay(15);
                    mlp = 0:mrp = 0:delay(70);}}}
void followb(void)
{           while(s1)
            {   while(~s2&~s3&s1)
                {   mln = 1:mrn = 1:delay(30);
                    mln = 0:mrn = 0:delay(70);}
                while(s3&s1)
                {   mln = 1:mrn = 1:delay(15);
                    mln = 0:mrn = 1:delay(15);
                    mln = 0:mrn = 0:delay(70);}
                while(s2&s1)
                {   mln = 1:mrn = 1:delay(15);
                    mln = 1:mrn = 0:delay(15);
                    mln = 0:mrn = 0;delay(70);}}}
void left(void)
{           while(s1)
            {   while(~s2&~s3&s1)
                {   mlp = 1:mrp = 1:delay(25);
                    mlp = 0:mrp = 0:delay(75);}
                while(s3&s1)
                {   mln = 1:mrp = 1:delay(15);
                    mln = 0:mrp = 1:delay(10);
                    mlp = 0:mrp = 0:delay(75);}
                while(s2&s1)
                {   mlp = 1:mrp = 1:delay(15);
                    mlp = 1:mrp = 0:delay(15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    mlp = 0:mrp = 0:delay(70):} } }
void right(void)
{           while(s1)
            {       while(~s2&~s3&s1)
                    {       mlp = 1:mrp = 1:delay(25):
                            mlp = 0:mrp = 0:delay(75):}
                    while(s3&s1)
                    {       mlp = 1:mrp = 1:delay(15):
                            mlp = 0:mrp = 1:delay(15):
                            mlp = 0:mrp = 0:delay(70):}
                    while(s2&s1)
                    {       mlp = 1:mrn = 1:delay(15):
                            mlp = 1:mrn = 0:delay(10):
                            mlp = 0:mrp = 0:delay(75):} } }
void leftb(void)
{           while(s4)
            {       while(~s2&~s3&s4)
                    {       mln = 1:mrn = 1:delay(25):
                            mln = 0:mrn = 0:delay(75):}
                    while(s3&s4)
                    {       mlp = 1:mrn = 1:delay(15):
                            mlp = 0:mrn = 1:delay(10):
                            mlp = 0:mrn = 0:delay(70):}
                    while(s2&s4)
                    {       mln = 1:mrn = 1:delay(15):
                            mln = 1:mrn = 0:delay(15):
                            mln = 0:mrn = 0:delay(70):} } }
void rightb(void)
{           while(s4)
            {       while(~s2&~s3&s4)
                    {       mln = 1:mrn = 1:delay(25):
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mln = 0;mrn = 0;delay(75);}
        while(s3&s4)
        {       mln = 1;mrn = 1;delay(15);
                mln = 0;mrn = 1;delay(15);
                mln = 0;mrn = 0;delay(70);}
        while(s2&s4)
        {       mln = 1;mrp = 1;delay(15);
                mln = 1;mrp = 0;delay(10);
                mln = 0;mrp = 0;delay(75);} }
void main(void)
{       unsigned char col,c,row,r,pos,x;
        bit lev,io;
        mlp = 0;
        mln = 0;
        mrp = 0;
        mrn = 0;
        mfp = 0;
        mfn = 0;
        s1 = 1;
        s2 = 1;
        s3 = 1;
        s4 = 1;
        sw = 1;
        ls1 = 1;
        ls2 = 1;
        TMOD = 0x21;                    // Timer1 Mode2(8 bit auto reload) for serial port
        SCON = 0x50;
        PCON = 0x00;                    // Serial port TX and RX data Mode
        TH1 = 0xFD;                     // Set 9600 bps Timer1 default
        TL1 = 0xFD;
        RI = 0;                         // Clear RI flag
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TI = 0;                          // Clear TI flag
TR1 = 1;                         // Start Timer1
//while(~RI);                    // Wait until recive data from serial port
pos = SBUF;                      // Load data keep to pos
RI = 0;                          // Clear RI flag
switch(pos)
{       case 'A' : col = 1;row = 1;lev = 0;io = 1;break;
        case 'B' : col = 1;row = 1;lev = 1;io = 1;break;
        case 'C' : col = 2;row = 1;lev = 0;io = 1;break;
        case 'D' : col = 2;row = 1;lev = 1;io = 1;break;
        case 'E' : col = 3;row = 1;lev = 0;io = 1;break;
        case 'F' : col = 3;row = 1;lev = 1;io = 1;break;
        case 'G' : col = 1;row = 2;lev = 0;io = 1;break;
        case 'H' : col = 1;row = 2;lev = 1;io = 1;break;
        case 'I' : col = 2;row = 2;lev = 0;io = 1;break;
        case 'J' : col = 2;row = 2;lev = 1;io = 1;break;
        case 'K' : col = 3;row = 2;lev = 0;io = 1;break;
        case 'L' : col = 3;row = 2;lev = 1;io = 1;break;
        case 'M' : col = 1;row = 1;lev = 0;io = 0;break;
        case 'N' : col = 1;row = 1;lev = 1;io = 0;break;
        case 'O' : col = 2;row = 1;lev = 0;io = 0;break;
        case 'P' : col = 2;row = 1;lev = 1;io = 0;break;
        case 'Q' : col = 3;row = 1;lev = 0;io = 0;break;
        case 'R' : col = 3;row = 1;lev = 1;io = 0;break;
        case 'S' : col = 1;row = 2;lev = 0;io = 0;break;
        case 'T' : col = 1;row = 2;lev = 1;io = 0;break;
        case 'U' : col = 2;row = 2;lev = 0;io = 0;break;
        case 'V' : col = 2;row = 2;lev = 1;io = 0;break;
        case 'W' : col = 3;row = 2;lev = 0;io = 0;break;
        case 'X' : col = 3;row = 2;lev = 1;io = 0;break;
        default  : break;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
c = col;
r = row;
while(sw);
if(lev == 1)
        while(ls2)                          lift move to level 2
                mfp = 1;
mfp = 0;
if(io == 1)
{       mfp = 1;delay(50000);delay(50000);delay(50000);delay(50000);  lift package up
        mfp = 0;}
while(r != 1)                               move to ordered position
{       follow();
        x = 500;
        while(x != 0)
        {       mlp = 1;mrp = 1;delay(30);
                mlp = 0;mrp = 0;delay(70);
                x--;}
        r--;}
follow();left();
while(c != 1)
{       follow();
        x = 500;
        while(x != 0)
        {       mlp = 1;mrp = 1;delay(30);
                mlp = 0;mrp = 0;delay(70);
                x--;}
        c--;}
follow();right();
follow();
if(io == 1)
        if(lev == 1)        lay package down
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    while(ls2)
                        mfn = 1;
                else
                    while(ls1)
                        mfn = 1;
        else
        {       mfp = 1 ;delay(50000);delay(50000);delay(50000);delay(50000);}//lift package
up
        mfn = 0;mfp = 0;delay(50000);
        followb();rightb();
        c = col;
        r = row;
        while(c != 1)                   //move to home position
        {       followb();
                x = 500;
                while(x != 0)
                {       mln = 1;mrn = 1;delay(30);
                        mln = 0;mrn = 0;delay(70);
                        x--;}
                c--;}
        followb();leftb();
        while(r != 1)
        {       followb();
                x = 500;
                while(x != 0)
                {       mln = 1;mrn = 1;delay(30);
                        mln = 0;mrn = 0;delay(70);
                        x--;}
                r--;}
        followb();
        while(ls1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mfn = 1;                    //lay package down

mfn = 0;
TI = 0;                                     // Clear TI flag
SBUF = 'Z';                                 // Send finish signal to serial port
while(~TI);                                 // Wait until data send to serial port finish
TI = 0;}                                    // Clear TI flag
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

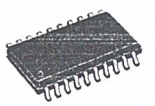
ดาต้าชีท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

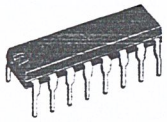
L293D
L293DD

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

- 600mA OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (non repetitive) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES



SO(12+4+4)



Powerdip (12+2+2)

ORDERING NUMBERS:

L293DD L293D

DESCRIPTION

The Device is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoides, DC and stepping motors) and switching power transistors.

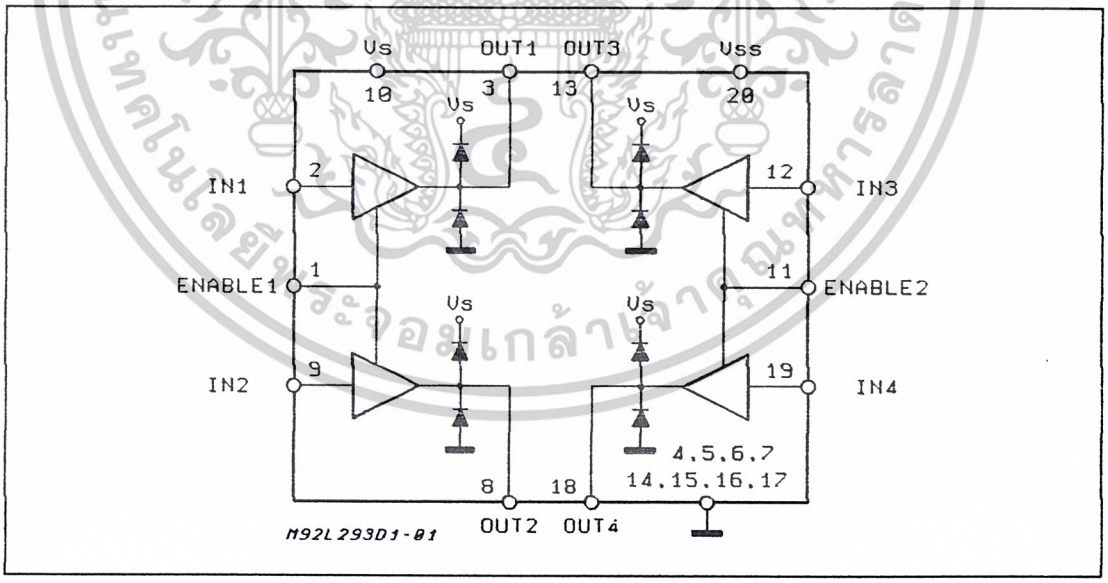
To simplify use as two bridges each pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a lower voltage and internal clamp diodes are included.

This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 kHz.

The L293D is assembled in a 16 lead plastic packaage which has 4 center pins connected together and used for heatsinking

The L293DD is assembled in a 20 lead surface mount which has 8 center pins connected together and used for heatsinking.

BLOCK DIAGRAM

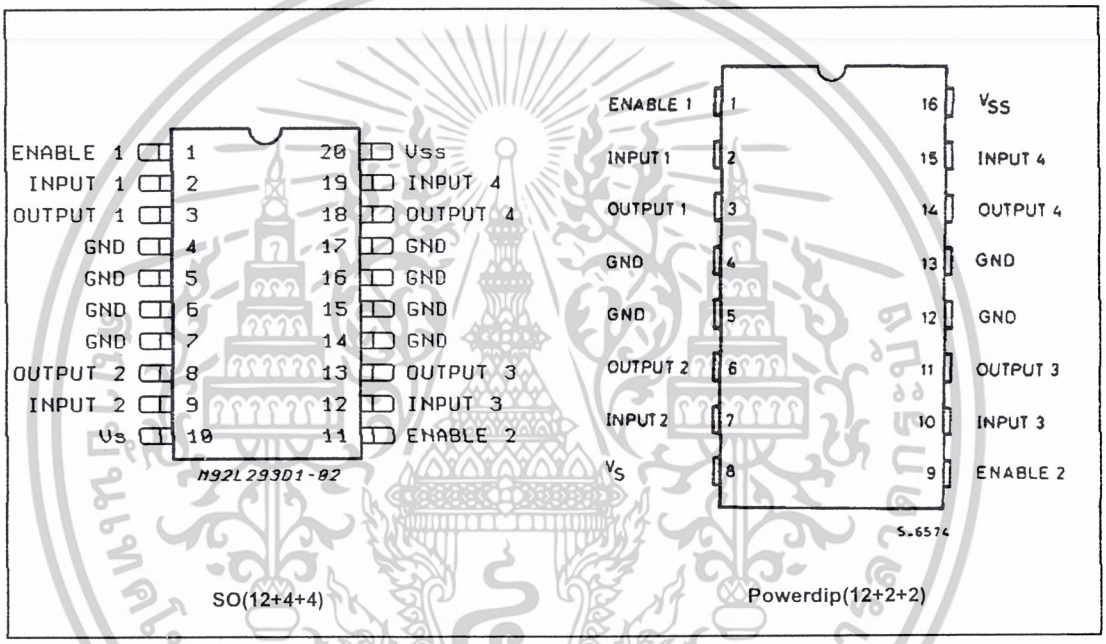


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Supply Voltage	36	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	36	V
V_i	Input Voltage	7	V
V_{en}	Enable Voltage	7	V
I_o	Peak Output Current (100 µs non repetitive)	1.2	A
P_{tot}	Total Power Dissipation at T_{pins} = 90 °C	4	W
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	– 40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (Top view)



THERMAL DATA

Symbol	Decription		DIP	SO	Unit
$R_{th\ j\text{-}pins}$	Thermal Resistance Junction-pins	max.	–	14	°C/W
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance junction-ambient	max.	80	50 (*)	°C/W
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	max.	14	–	

(*) With 6sq. cm on board heatsink.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (for each channel, V_S = 24 V, V_{SS} = 5 V, T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 10)		V_{SS}		36	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 20)		4.5		36	V
I_S	Total Quiescent Supply Current (pin 10)	V_i = L ; I_O = 0 ; V_{en} = H		2	6	mA
		V_i = H ; I_O = 0 ; V_{en} = H		16	24	mA
		V_{en} = L			4	mA
I_{SS}	Total Quiescent Logic Supply Current (pin 20)	V_i = L ; I_O = 0 ; V_{en} = H		44	60	mA
		V_i = H ; I_O = 0 ; V_{en} = H		16	22	mA
		V_{en} = L		16	24	mA
V_{IL}	Input Low Voltage (pin 2, 9, 12, 19)		– 0.3		1.5	V
V_{IH}	Input High Voltage (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{SS} \leq 7$ V	2.3		V_{SS}	V
		$V_{SS} > 7$ V	2.3		7	V
I_{IL}	Low Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	V_{IL} = 1.5 V			– 10	µA
I_{IH}	High Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	2.3 V ≤ V_{IH} ≤ V_{SS} – 0.6 V		30	100	µA
$V_{en\,L}$	Enable Low Voltage (pin 1, 11)		– 0.3		1.5	V
$V_{en\,H}$	Enable High Voltage (pin 1, 11)	$V_{SS} \leq 7$ V	2.3		V_{SS}	V
		$V_{SS} > 7$ V	2.3		7	V
$I_{en\,L}$	Low Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$V_{en\,L}$ = 1.5 V		– 30	– 100	µA
$I_{en\,H}$	High Voltage Enable Current (pin 1, 11)	2.3 V ≤ $V_{en\,H}$ ≤ V_{SS} – 0.6 V			± 10	µA
$V_{CE(sat)H}$	Source Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	I_O = – 0.6 A		1.4	1.8	V
$V_{CE(sat)L}$	Sink Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	I_O = + 0.6 A		1.2	1.8	V
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	I_O = 600nA		1.3		V
t_r	Rise Time (*)	0.1 to 0.9 V_O		250		ns
t_f	Fall Time (*)	0.9 to 0.1 V_O		250		ns
t_{on}	Turn-on Delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_O		750		ns
t_{off}	Turn-off Delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_O		200		ns

(*) See fig. 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRUTH TABLE (one channel)

Input	Enable (*)	Output
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance
(*) Relative to the considered channel

Figure 1: Switching Times

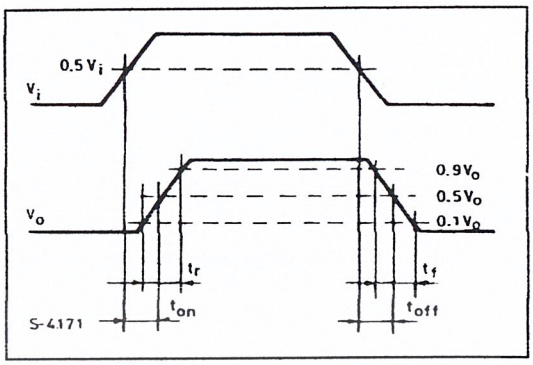
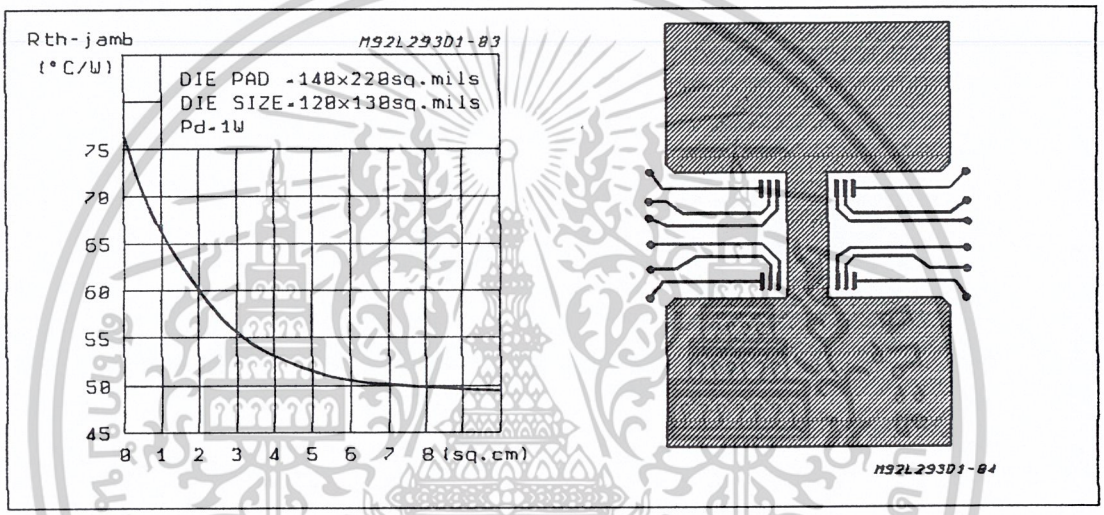


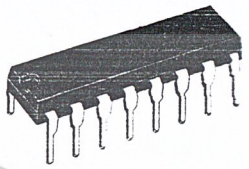
Figure 2: Junction to ambient thermal resistance vs. area on board heatsink (SO12+4+4 package)



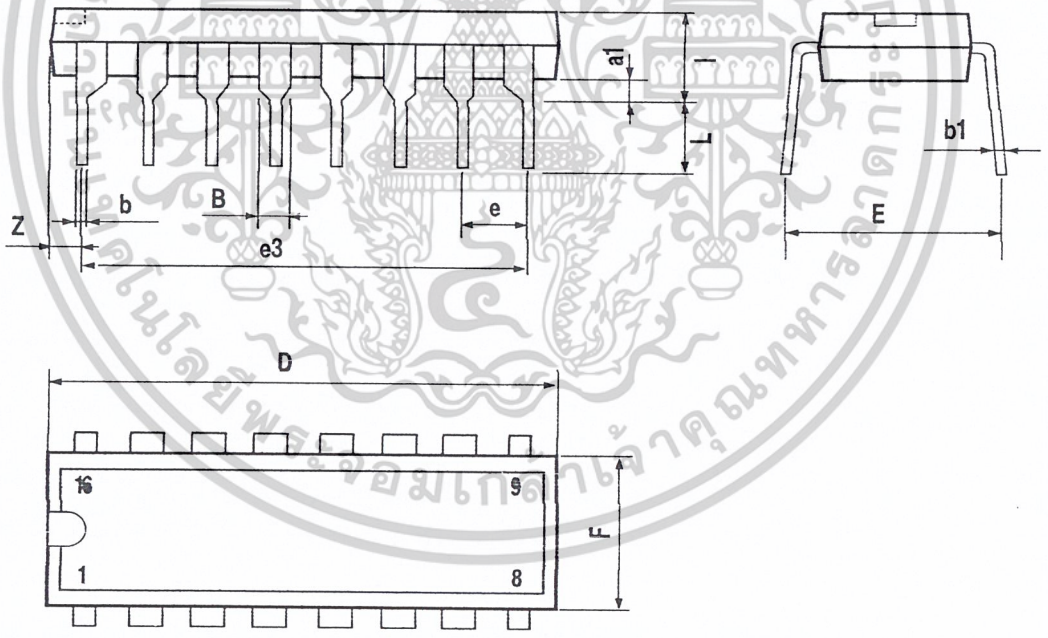
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE AND MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050



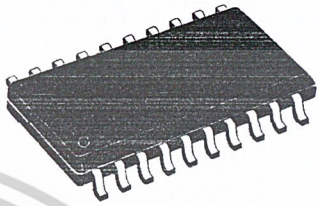
Powerdip 16



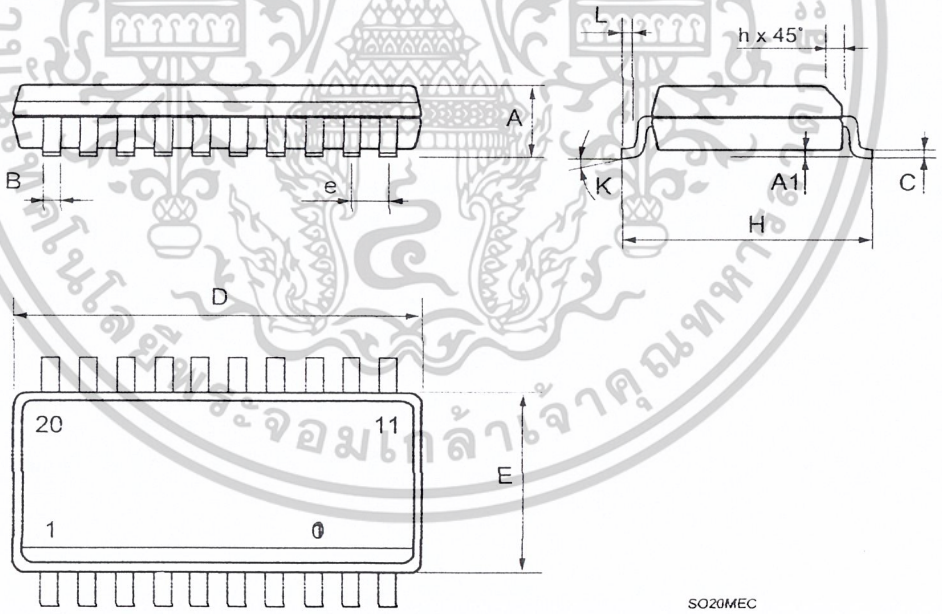
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	2.35		2.65	0.093		0.104
A1	0.1		0.3	0.004		0.012
B	0.33		0.51	0.013		0.020
C	0.23		0.32	0.009		0.013
D	12.6		13	0.496		0.512
E	7.4		7.6	0.291		0.299
e		1.27			0.050	
H	10		10.65	0.394		0.419
h	0.25		0.75	0.010		0.030
L	0.4		1.27	0.016		0.050
K	0 (min.)8 (max.)					

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



SO20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2003 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.

http://www.st.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-4323; Rev 9; 4/00

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where ±12V is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers

Low-Power Modems

Interface Translation

Battery-Powered RS-232 Systems

Multidrop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- ♦ **Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)**
- ♦ **Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)**
- ♦ **Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications**
- ♦ **Multiple Drivers and Receivers**
- ♦ **3-State Driver and Receiver Outputs**
- ♦ **Open-Line Detection (MAX243)**

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

**Contact factory for dice specifications.*

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✔	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✔	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✔	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✔	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✔	120	Available in quad flatpack package

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800.
For small orders, phone 1-800-835-8769.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} - 0.3V)
R_{IN} (Except MAX220) ..... ±30V
R_{IN} (MAX220) ..... ±25V
T_{OUT} (Except MAX220) (Note 1) ..... ±15V
T_{OUT} (MAX220) ..... ±13.2V
Output Voltages
T_{OUT} ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 440mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _AC_ _, MAX2_ _C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2_ _AE_ _, MAX2_ _E_ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2_ _AM_ _, MAX2_ _M_ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{SHDN}$ or V_{CC} = 0V.
Note 2: For the MAX220, V+ and V- can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS					
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±8		V
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High	All except MAX220	2	1.4		V
	MAX220, V_{CC} = 5.0V	2.4			
Logic Pull-Up/Input Current	All except MAX220, normal operation		5	40	µA
	$\overline{SHDN}$ = 0V, MAX222/242, shutdown, MAX220		±0.01	±1	
Output Leakage Current	V_{CC} = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V, MAX222/242		±0.01	±10	µA
	V_{CC} = $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±10	
Data Rate	All except MAX220, normal operation		200	116	kb/s
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V	300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V	±7	±22		mA
RS-232 RECEIVERS					
RS-232 Input Voltage Operating Range				±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V, All except MAX243 $R2_{IN}$	0.8	1.3		V
	V_{CC} = 5V, MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V, All except MAX243 $R2_{IN}$		1.8	2.4	V
	V_{CC} = 5V, MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V_{CC} = 5V, no hysteresis in shdn	0.2	0.5	1	V
	MAX243		1		
RS-232 Input Resistance		3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA		0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA	3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND	-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}	10	30		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC} or $\overline{EN}$ = V_{CC} ($\overline{SHDN}$ = 0V for MAX222). 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}			±0.05	±10	µA
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V_{CC} Supply Current ($\overline{SHDN}$ = V_{CC}). Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T_A = +25°C		0.1	10	µA
		T_A = 0°C to +70°C		2	50	
		T_A = -40°C to +85°C		2	50	
		T_A = -55°C to +125°C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown). Figure 2	t_{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t_{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ($\overline{SHDN}$ goes high), Figure 4	t_{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time ($\overline{SHDN}$ goes low), Figure 4	t_{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

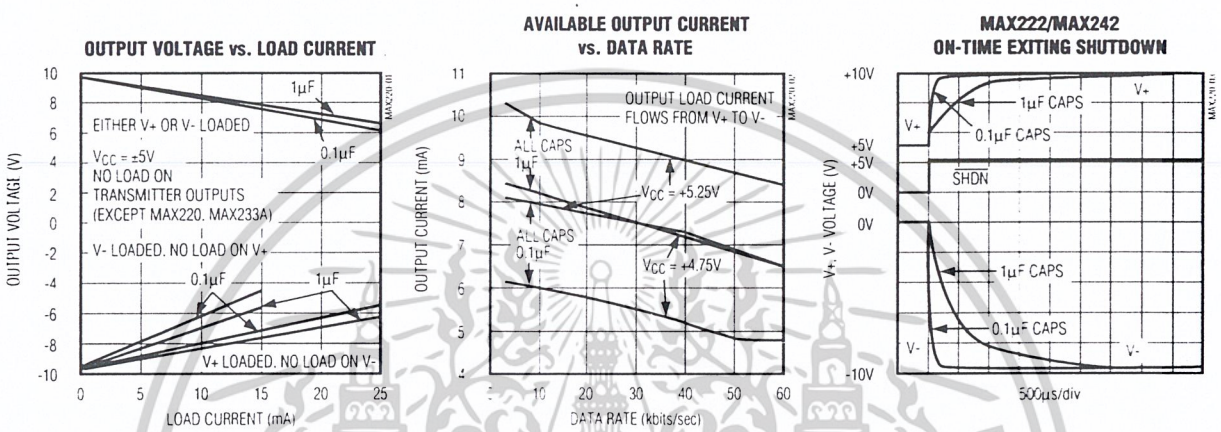
Note 3: MAX243 $R2_{OUT}$ is guaranteed to be low when $R2_{IN}$ ≥ 0V or is floating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230–MAX241

V_{CC} ..... -0.3V to +6V
V+ ..... (V_{CC} - 0.3V) to +14V
V- ..... +0.3V to -14V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
Output Voltages
T_{OUT} ..... (V+ + 0.3V) to (V- - 0.3V)
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_{OUT} ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) ... 800mW
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) ... 842mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ... 889mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) ... 500mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20 Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C) 941mW
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ... 889mW
14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) 727mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
24-Pin Narrow CERDIP
(derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
24-Pin Sidebraze (derate 20.0mW/°C above +70°C) 1.6W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2 _ _ C _ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2 _ _ E _ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2 _ _ M _ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10%; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%; C1–C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground		±5.0	±7.3		V
V_{CC} Power-Supply Current	No load, T_A = +25°C	MAX232/233		5	10	mA
		MAX223/230/234–238/240/241		7	15	
		MAX231/239		0.4	1	
V+ Power-Supply Current		MAX231		1.8	5	mA
		MAX239		5	15	
Shutdown Supply Current	T_A = +25°C	MAX223		15	50	µA
		MAX230/235/236/240/241		1	10	
Input Logic Threshold Low	T_{IN}; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX233); EN, $\overline{SHDN}$ (MAX230/235–241)				0.8	V
Input Logic Threshold High	T_{IN}		2.0			V
	EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223); $\overline{EN}$, $\overline{SHDN}$ (MAX230/235/236/240/241)		2.4			
Logic Pull-Up Current	T_{IN} = 0V			1.5	200	µA
Receiver Input Voltage Operating Range			-30		30	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241. V_{CC} = +5V ±10; MAX233/MAX235. V_{CC} = 5V ±5%. C1–C4 = 1.0µF: MAX231/MAX239. V_{CC} = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

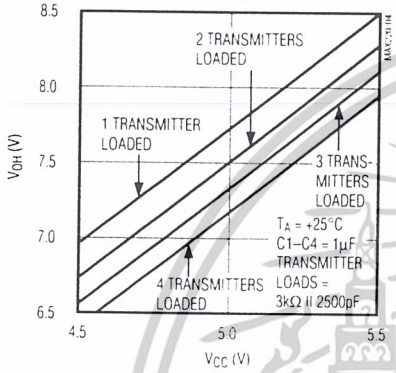
PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)		0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)		0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)			1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)			1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown			0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 1.6mA (MAX231/232/233, I_{OUT} = 3.2mA)					0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1mA			3.5	V_{CC} - 0.4		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	0V ≤ R_{OUT} ≤ V_{CC}; EN = 0V (MAX223); $\overline{EN}$ = V_{CC} (MAX235-241)				0.05	±10	µA
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223			600		ns
		MAX235/236/239/240/241			400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223			900		ns
		MAX235/236/239/240/241			250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, C_L = 150pF	Normal operation			0.5	10	µs
		$\overline{SHDN}$ = 0V (MAX223)	t_{PHLS}		4	40	
			t_{PLHS}		6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234-241, T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V			3	5.1	30	V/µs
	MAX231/MAX232/MAX233, T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V				4	30	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V			300			Ω
Transmitter Output Short-Circuit Current					±10		mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

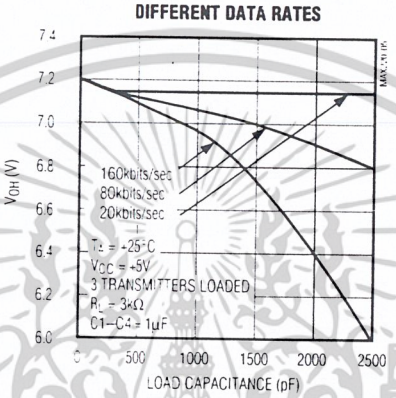
Typical Operating Characteristics

MAX223/MAX230–MAX241

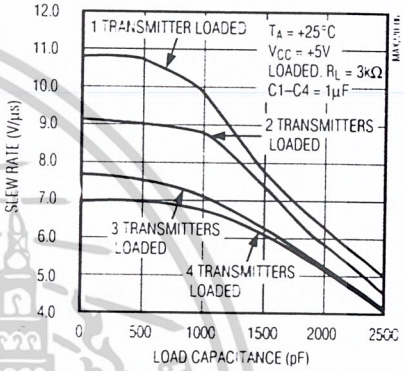
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. V_{CC}



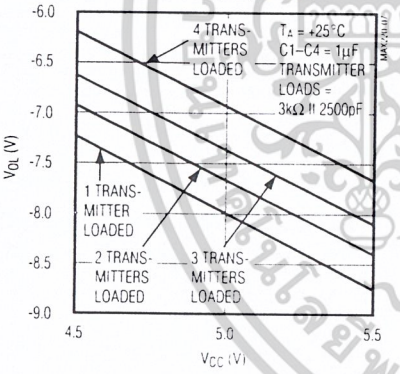
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



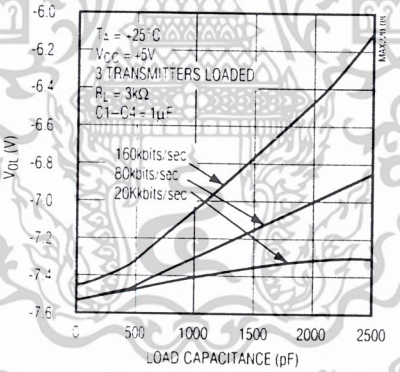
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



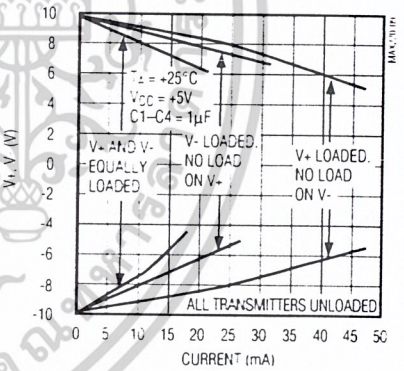
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. V_{CC}



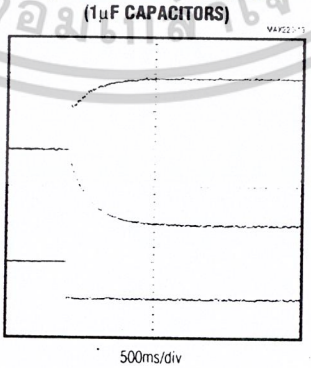
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V+, V-) vs. LOAD CURRENT



V+, V- WHEN EXITING SHUTDOWN (1µF CAPACITORS)



*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON MAX241 PARTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244–MAX249

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN}, $\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENR}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENRA}$, $\overline{ENRB}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±25V
T_{OUT} (Note 3) ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short Circuit (one output at a time)
T_{OUT} to GND ..... Continuous
R_{OUT} to GND ..... Continuous

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 611mW
44-Pin PLCC (derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
Operating Temperature Ranges
MAX225C_ _, MAX24_C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX225E_ _, MAX24_E_ _ ..... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 4: Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249

(MAX225, V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244–MAX249, V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1–C4 = 1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Tables 1a–1d	Normal operation		10	50	µA
		Shutdown		±0.01	±1	
Data Rate	Tables 1a–1d, normal operation			120	64	kbits/sec
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±7.5		V
Output Leakage Current (shutdown)	Tables 1a–1d	$\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ = V_{CC}, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	µA
		V_{CC} = 0V, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V (Note 4)		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V			±7	±30	mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±25	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V		0.8	1.3		V
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V			1.8	2.4	V
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled. Tables 1a–1d, 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}, $\overline{ENR_}$ = V_{CC}			±0.05	±0.10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249 (continued)

(MAX225. V_{CC} = 5.0V ±5%. MAX244–MAX249. V_{CC} = +5.0V ±10%. external capacitors C1–C4 = 1µF: T_A = T_{MIN} to T_{MAX}: unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC						
Operating Supply Voltage		MAX225	4.75		5.25	V
		MAX244–MAX249	4.5		5.5	
V_{CC} Supply Current (normal operation)	No load	MAX225		10	20	mA
		MAX244–MAX249		11	30	
	3kΩ loads on all outputs	MAX225		40		
		MAX244–MAX249		57		
Shutdown Supply Current	T_A = +25°C			8	25	µA
	T_A = T_{MIN} to T_{MAX}				50	
Control Input	Leakage current				±1	µA
	Threshold low			1.4	0.8	V
	Threshold high		2.4	1.4		
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V		5	10	30	V/µs
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}			1.3	3.5	µs
	t_{PLHT}			1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}			0.6	1.5	µs
	t_{PLHR}			0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (low-power mode), Figure 2	t_{PHLS}			0.6	10	µs
	t_{PLHS}			3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}			350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}			350		ns
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}			100	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}			100	500	ns
Transmitter Enable Time	t_{ET}	MAX246–MAX249 (excludes charge-pump start-up)		5		µs
		MAX225/MAX245–MAX249 (includes charge-pump start-up)		10		ms
Transmitter Disable Time, Figure 4	t_{DT}			100		ns

Note 5: The 300Ω minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or V_{CC} = 0V is 10MΩ as is implied by the leakage specification..

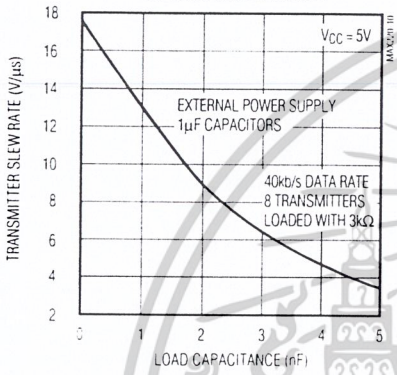
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

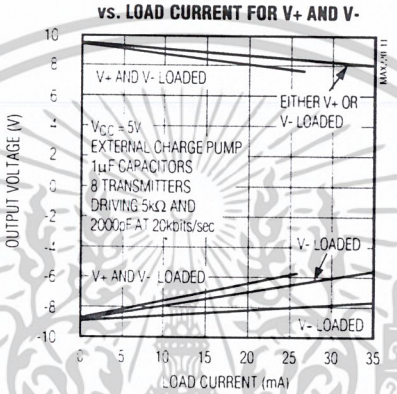
Typical Operating Characteristics

MAX225/MAX244–MAX249

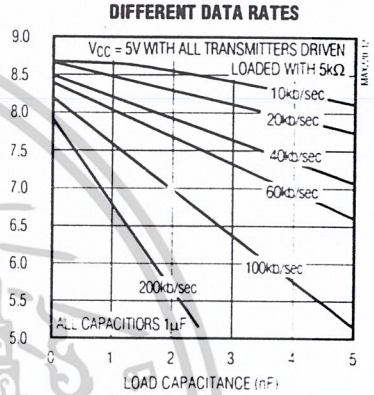
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CURRENT FOR V+ AND V-



TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V+, V-) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

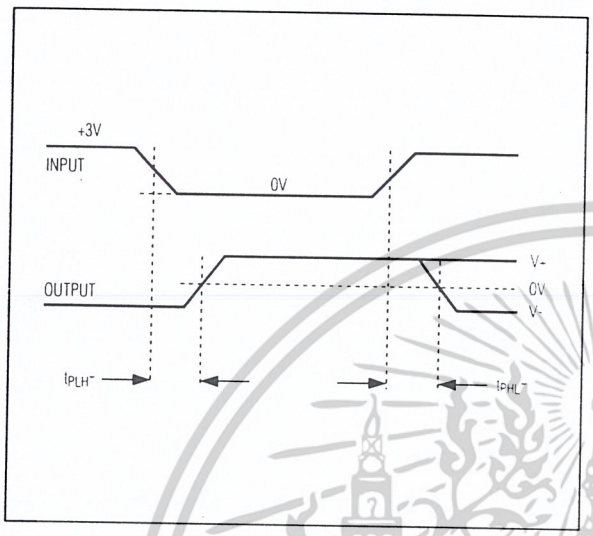


Figure 1. Transmitter Propagation-Delay Timing

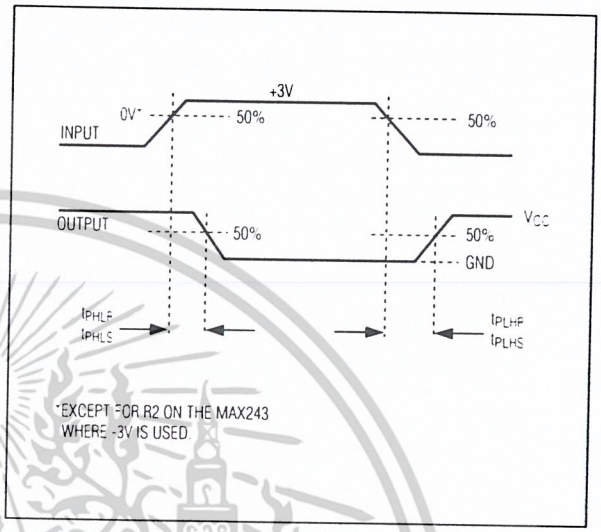


Figure 2. Receiver Propagation-Delay Timing

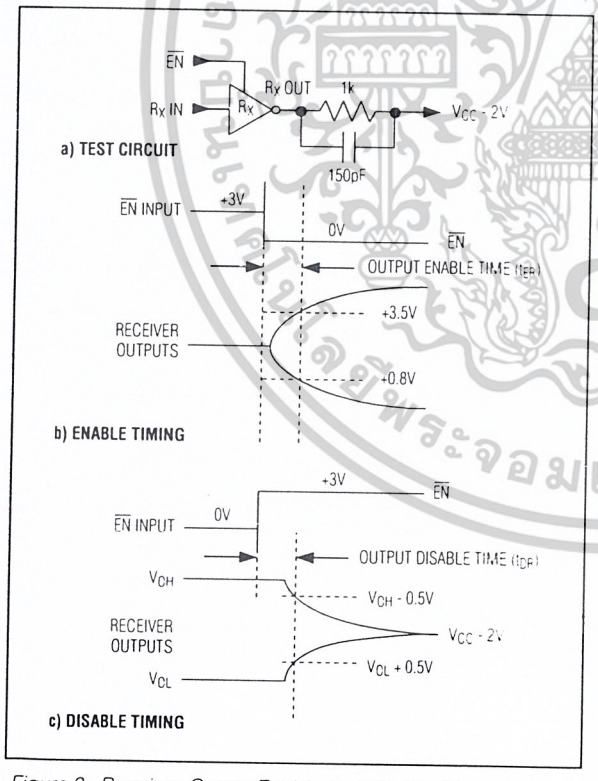


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

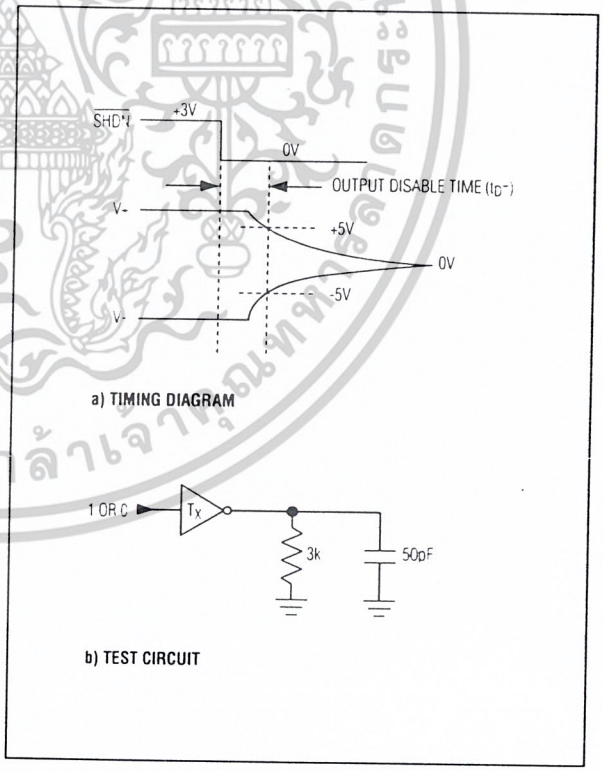


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Table 1a. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{ENT}$	$\overline{ENR}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS	RECEIVERS
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State
1	0	Shutdown	All 3-State	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State

Table 1b. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{ENT}$	$\overline{ENR}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All Active	RA1–RA4 3-State, RA5 Active	RB1–RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All Low-Power Receive Mode	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1–RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1–RB4 3-State, RB5 Low-Power Receive Mode

Table 1c. MAX246 Control Pin Configurations

$\overline{ENA}$	$\overline{ENB}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	RB1–RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All Active	RA1–RA4 3-State, RA5 Active	All Active
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1–RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1–RB4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1d. MAX247/MAX248/MAX249 Control Pin Configurations

$\overline{ENTA}$	$\overline{ENTB}$	$\overline{ENRA}$	$\overline{ENRB}$	OPERATION STATUS		TRANSMITTERS		RECEIVERS	
					MAX247	TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA4	RB1–RB5
					MAX248	TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA4	RB1–RB4
					MAX249	TA1–TA3	TB1–TB3	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	0	0	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All Active
0	0	0	1	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	0	1	0	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All Active
0	0	1	1	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	0	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All Active
0	1	0	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	1	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All Active
0	1	1	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	0	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All Active
1	0	0	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	1	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All Active
1	0	1	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	0	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	Low-Power Receive Mode
1	1	0	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	1	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode
1	1	1	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Detailed Description

The MAX220–MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220–MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to ±10V (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see the *Typical Operating Characteristics* section), except on the MAX225 and MAX245–MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum ±5V EIA/TIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature in the MAX222, MAX225, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241, and MAX245–MAX249, avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the $\overline{SHDN}$ pin must be tied to V_{CC}. This is because V+ is internally connected to V_{CC} in shutdown mode.

RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver and V_{CC} = +5V. Output swing is guaranteed to meet the EIA/TIA-232E and V.28 specification, which calls for ±5V minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum 3kΩ load, V_{CC} = +4.5V, and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ -1.3V) to (V- +0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since 400kΩ input pull-up resistors to V_{CC} are built in (except for the MAX220). The pull-up resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pull-up resistors typically source 12µA, except in shutdown mode where the pull-ups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum 25µA)—when in shutdown mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to ±15V. The power-supply current typically drops to 8µA in shutdown mode. The MAX220 does not have pull-up resistors to force the ouputs of the unused drivers low. Connect unused inputs to GND or V_{CC}.

The MAX239 has a receiver three-state control line, and the MAX223, MAX225, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241 have both a receiver three-state control line and a low-power shutdown control. Table 2 shows the effects of the shutdown control and receiver three-state control on the receiver outputs.

The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance, three-state mode whenever the three-state enable line is high (for the MAX225/MAX235/MAX236/MAX239–MAX241), and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than 1µA with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less than 1µA, even if the transmitter output is backdriven between 0V and (V_{CC} + 6V). Below -0.5V, the transmitter is diode clamped to ground with 1kΩ series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately V_{CC} + 6V, with a series impedance of 1kΩ.

The driver output slew rate is limited to less than 30V/µs as required by the EIA/TIA-232E and V.28 specifications. Typical slew rates are 24V/µs unloaded and 10V/µs loaded with 3Ω and 2500pF.

RS-232 Receivers

EIA/TIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA/TIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to ±25V and provide input terminating resistors with

Table 2. Three-State Control of Receivers

PART	SHDN	$\overline{SHDN}$	EN	$\overline{EN(R)}$	RECEIVERS
MAX223	—	Low High High	X Low High	—	High Impedance Active High Impedance
MAX225	—	—	—	Low High	High Impedance Active
MAX235 MAX236 MAX240	Low Low High	—	—	Low High X	High Impedance Active High Impedance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

nominal 5kΩ values. The receivers implement Type 1 interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA/TIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

Low-Power Receive Mode

The low-power receive-mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245–MAX249 puts the IC into shutdown mode but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

Negative Threshold—MAX243

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive only if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven, it defaults to the 0 or "OK to send" state. Normally, the MAX243's other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD), while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the RS-232 family implement the optional cable fault protection as specified by EIA/TIA-232E specifications. This means a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left floating, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

Shutdown—MAX222-MAX242

On the MAX222, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241, all receivers are disabled during shutdown. On the MAX223 and MAX242, two receivers continue to operate in a reduced power mode when the chip is in shutdown. Under these conditions, the propagation delay increases to about 2.5µs for a high-to-low input transition. When in shutdown, the receiver acts as a CMOS inverter with no hysteresis. The MAX223 and MAX242 also have a receiver output enable input ($\overline{EN}$ for the MAX242 and EN for the MAX223) that allows receiver output control independent of $\overline{SHDN}$ (SHDN for MAX241). With all other devices, $\overline{SHDN}$ (SHDN for MAX241) also disables the receiver outputs.

The MAX225 provides five transmitters and five receivers, while the MAX245 provides ten receivers and eight transmitters. Both devices have separate receiver and transmitter-enable controls. The charge pumps turn off and the devices shut down when a logic high is applied to the ENT input. In this state, the supply current drops to less than 25µA and the receivers continue to operate in a low-power receive mode. Driver outputs enter a high-impedance state (three-state mode). On the MAX225, all five receivers are controlled by the $\overline{ENR}$ input. On the MAX245, eight of the receiver outputs are controlled by the $\overline{ENR}$ input, while the remaining two receivers (RA5 and RB5) are always active. RA1–RA4 and RB1–RB4 are put in a three-state mode when $\overline{ENR}$ is a logic high.

Receiver and Transmitter Enable Control Inputs

The MAX225 and MAX245–MAX249 feature transmitter and receiver enable controls.

The receivers have three modes of operation: full-speed receive (normal active), three-state (disabled), and low-power receive (enabled receivers continue to function at lower data rates). The receiver enable inputs control the full-speed receive and three-state modes. The transmitters have two modes of operation: full-speed transmit (normal active) and three-state (disabled). The transmitter enable inputs also control the shutdown mode. The device enters shutdown mode when all transmitters are disabled. Enabled receivers function in the low-power receive mode when in shutdown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Tables 1a–1d define the control states. The MAX244 has no control pins and is not included in these tables.

The MAX246 has ten receivers and eight drivers with two control pins, each controlling one side of the device. A logic high at the A-side control input ($\overline{ENA}$) causes the four A-side receivers and drivers to go into a three-state mode. Similarly, the B-side control input ($\overline{ENB}$) causes the four B-side drivers and receivers to go into a three-state mode. As in the MAX245, one A-side and one B-side receiver (RA5 and RB5) remain active at all times. The entire device is put into shutdown mode when both the A and B sides are disabled ($\overline{ENA}$ = $\overline{ENB}$ = +5V).

The MAX247 provides nine receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs each control four drivers. The ninth receiver (RB5) is always active. The device enters shutdown mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$.

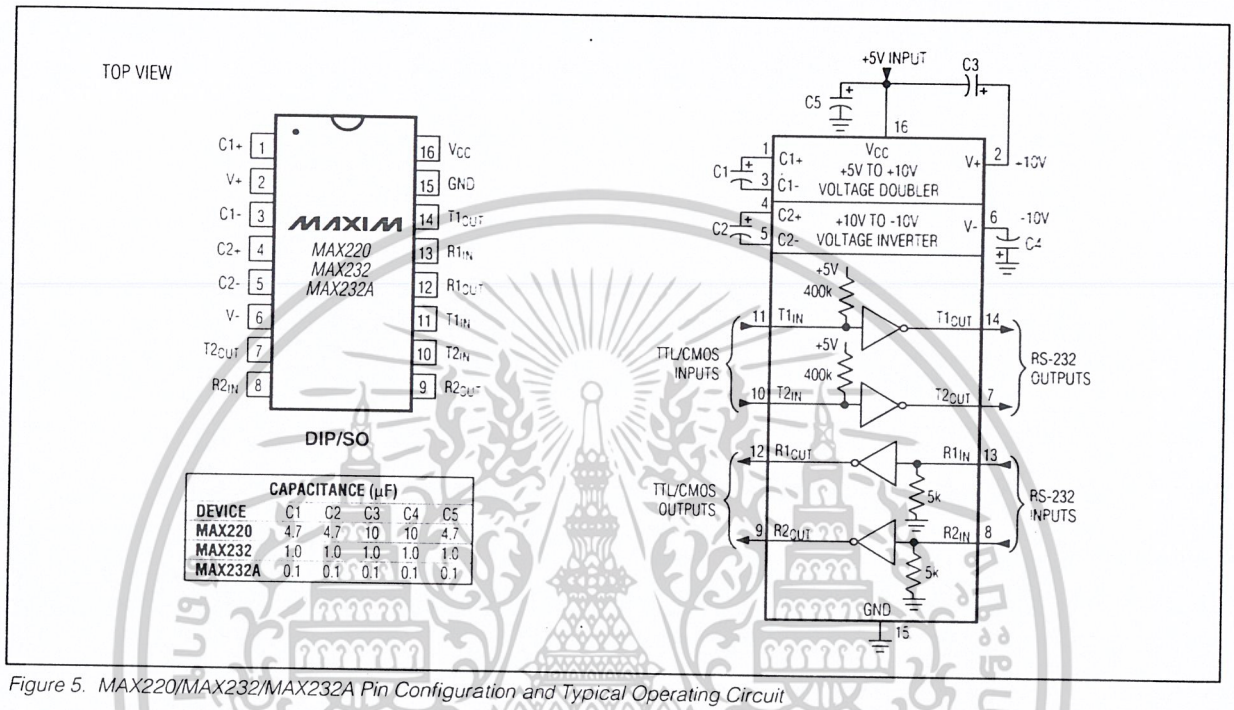
The MAX248 provides eight receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs control four drivers each. This part does not have an always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$.

The MAX249 provides ten receivers and six drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control five receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs control three drivers each. There is no always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$. In shutdown mode, active receivers operate in a low-power receive mode at data rates up to 20kbits/sec.

Applications Information

Figures 5 through 25 show pin configurations and typical operating circuits. In applications that are sensitive to power-supply noise, V_{CC} should be decoupled to ground with a capacitor of the same value as C1 and C2 connected as close as possible to the device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

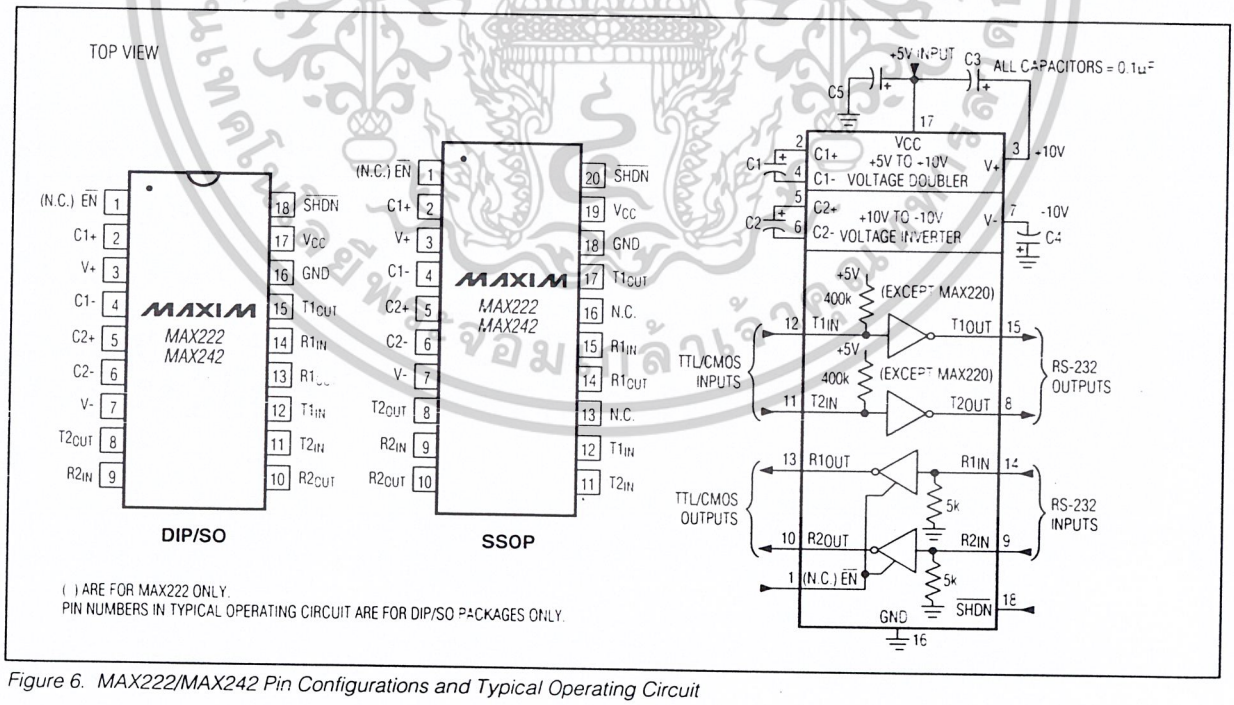


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX222CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX222CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX222C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX222EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX222EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX222EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX222MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP
MAX223CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX223CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX223C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX223EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX223EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX225CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX225EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX230CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX230CWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX230C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX230EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX230EWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX230EJP	-40°C to +85°C	20 CERDIP
MAX230MJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP
MAX231CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX231CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX231CJD	0°C to +70°C	14 CERDIP
MAX231C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX231EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX231EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX231EJD	-40°C to +85°C	14 CERDIP
MAX231MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
MAX232CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232MLP	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX232ACPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ACSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ACWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232AC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232AEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232AESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232AEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232AEJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232AMJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232AMLP	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX233CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233ACPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233ACWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX233AEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233AEWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX234CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX234CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX234C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX234EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX234EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX234EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX234MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX235CPG	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EDG	-40°C to +85°C	24 Ceramic SB
MAX235MDG	-55°C to +125°C	24 Ceramic SB
MAX236CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX236C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX236ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX236ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX236MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX237CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX237C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX237ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX237ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX237MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX238CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX238CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX238C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX238ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP

** Contact factory for dice specifications.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX238EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX238ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX238MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX239CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX239C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX239ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX239ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX239MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX240CMH	0°C to +70°C	44 Plastic FP
MAX240C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX241C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX241EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX242CAP	0°C to +70°C	20 SSOP
MAX242CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX242CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX242C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX242EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX242EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX242EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX242MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP
MAX243CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX243CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX243CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX243C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX243EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX243ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX243EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX243EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX243MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX244CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX244C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX244EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
MAX245CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX245C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX245EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX246CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX246C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX246EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX247CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX247C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX247EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX248CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX248C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX248EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
MAX249CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX249EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC

** Contact factory for dice specifications.*

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

© 2000 Maxim Integrated Products Printed USA MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้