สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คลังสินค้าอัตโนมัติ

WAREHOUSE CONTROL

โดย

นายสุกิตติ เอื้อบุญกุล

นางสาวอรวรรณ ติลกสกุลชัย

นายอรุณ ตั้งเจริญ

นางสาวอัญญารัตน์ ภู่โภไคย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42508
วัน, เดือน, ปี 24 มี.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง คลังสินค้าอัตโนมัติ
WAREHOUSE CONTROL

ผู้จัดทำ 1. นายสุกิตติ เอื้อบุญกุล
2. นางสาวอรวรรณ ติลกสกุลชัย
3. นายอรุณ ตั้งเจริญ
4. นางสาวอัญญารัตน์ ภู่โภไคย

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลังสินค้าอัตโนมัติ

สุกิตติ เอื้อบุญกุล
อรวรรณ ติลกสกุลชัย
อรุณ ตั้งเจริญ
อัญญารัตน์ ภู่โภไคย

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์
อาจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาระบบของคลังสินค้าเพื่อประยุกต์ใช้กับระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ เพื่อที่จะทำการจัดเก็บ-นำสินค้าออกจากคลัง และการหมุนเวียนสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพตามระบบที่ว่า สินค้าที่เข้าสู่คลังก่อนจะต้องถูกหมุนเวียนออกจากคลังก่อนสินค้าที่เข้ามาสู่คลังภายหลัง โดยปริญญานิพนธ์นี้จะประกอบด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์ที่เป็นส่วนของตัวรถ เครนยกสินค้า รวมถึงคลังสินค้าจำลอง และส่วนของซอฟต์แวร์ที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของตัวรถ และเครนยกสินค้า ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล เอ็มซีเอส-51 เบอร์ 8051 ส่วนที่สองคือส่วนที่ใช้ในการจัดเก็บฐานข้อมูล และการแสดงผลติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งในส่วนนี้จะใช้โปรแกรม Visual Basic

Abstract

This Project is to study about the Warehouse System, which apply to the Automatic Warehouse Control. This System will provide an effective process of storage and rotating stocks as a First in First out (FIFO) System. Furthermore, this system will furnish a database of merchandise in stock, which enable the merchant to evaluate his/her need to order a new lot of merchandise. The project is composed of body and crane for lifting as a forklift, simulated warehouse, microcontroller software, database and Visual Basic Program in User Interface Part.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญภาพ	IV
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 การประมวลผลกลาง	2
2.2 โครงสร้างของ 8051	3
2.3 พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมใน MCS-51	6
2.4 อัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล	9
บทที่ 3 โครงสร้างของโครงงาน	14
3.1 การออกแบบโครงงาน	14
3.1.1 การออกแบบโครงสร้างคลังสินค้า	14
3.1.2 การออกแบบโครงสร้างรถขนส่งสินค้า	16
3.1.2.1 โครงสร้างทางกลของรถขนส่งสินค้า	16
3.1.2.2 โครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ของรถขนส่งสินค้า	17
3.1.3 ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ	21
3.1.4 การออกแบบควบคุมการจัดการระบบฐานข้อมูล	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง	33
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	40
5.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์(Hardware)และซอฟต์แวร์(Software)	40
5.2 แนวทางในการพัฒนา	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051 3

รูปที่ 2 แบบจำลองหน่วยความจำ 4

รูปที่ 3 แสดงข้อมูลที่รับและส่งในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 0 7

รูปที่ 4 แสดงรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON 8

รูปที่ 5 การทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 0 11

รูปที่ 6 บล็อคไดอะแกรมแสดงภาพรวมของโครงงาน 14

รูปที่ 7 รูปแบบคลังสินค้าที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม 15

รูปที่ 8 รูปแบบคลังสินค้าที่ใช้ในโครงงาน 15

รูปที่ 9 พื้นของคลังสินค้าที่ใช้ในโครงงาน 16

รูปที่ 10 โครงสร้างของเครน และตัวรถ 17

รูปที่ 11 โครงสร้างของโฟโต้ไดโอด 17

รูปที่ 12 วงจรตรวจจับสัญญาณ 18

รูปที่ 13 วงจรขับมอเตอร์ 19

รูปที่ 14 วงจรซีพียู 20

รูปที่ 15 วงจรของ MAX 232 21

รูปที่ 16 โฟลวชาร์ตแสดงการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ 25

รูปที่ 17 รูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงคลังสินค้าที่สำคัญ 26

รูปที่ 18 รูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงคลังสินค้าที่สำคัญ 27

รูปที่ 19 ส่วนของหน้าจอหลัก 28

รูปที่ 20 ไดอะแกรมการจัดเก็บสินค้า 29

รูปที่ 21 ไดอะแกรมการรับสินค้า 30

รูปที่ 22 รายงานการใช้งานเพิ่มเติม 31

รูปที่ 23 การรายงานผลในรูปของกราฟ 32

รูปที่ 24 การติดตั้งอุปกรณ์ 33

รูปที่ 25 คลังสินค้า 33

รูปที่ 26 คำแนะนำสำหรับการเก็บสินค้า 34

รูปที่ 27 จุดเริ่มต้นการเก็บสินค้า 34

รูปที่ 28 กล่องข้อความแสดงความผิดพลาด 35

รูปที่ 29 หน้าจอ WAREHOUSE SIMULATOR 35

รูปที่ 30 ขณะทำการเก็บสินค้า 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 31 หน้าจอการรายงานผล 37
รูปที่ 32 คำแนะนำการนำสินค้าออก 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงค่าเอาท์พุตที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณ 18
ตารางที่ 2 แสดงการทำงานของมอเตอร์ 20
ตารางที่ 3 รูปแบบฟิลด์ 26
ตารางที่ 4 รูปแบบฟิลด์ในฐานข้อมูลการติดต่อกับผู้ใช้ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ประเทศของเรากำลังจะพัฒนาจากประเทศเกษตรกรรมไปสู่ประเทศอุตสาหกรรม ซึ่งระบบคลังสินค้าถือได้ว่าเป็นระบบที่สำคัญระบบหนึ่งในกระบวนการทางอุตสาหกรรม เนื่องจากระบบคลังสินค้านี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดเก็บสินค้า การขนส่งสินค้า และการจัดจำหน่ายสินค้า และเพื่อให้ระบบต่างๆในกระบวนการทางอุตสาหกรรมสามารถดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆเกี่ยวกับการจัดระบบคลังสินค้า ไม่ว่าจะเป็นความถูกต้องแม่นยำในการจัดเก็บสินค้า ความรวดเร็วในการจัดเก็บ แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณสินค้าคงคลัง มาใช้ร่วมกับ การจัดเก็บสินค้าในคลัง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุหลายประการ เช่น ระบบนี้อาจมีค่าใช้จ่ายสูง และอาจยังไม่สามารถลบความคิดในการควบคุมระบบจัดเก็บสินค้าแบบเก่าได้ (ระบบคลังสินค้าแบบใช้แรงงานคนในการจัดเก็บสินค้า) ดังนั้นจึงจำเป็นที่ควรจะมีการส่งเสริมให้มีการพัฒนาการใช้งานระบบคลังสินค้าอัตโนมัติในระบบอุสาหกรรมมากขึ้น วิธีหนึ่งที่สามารถปฏิบัติได้ นั่นคือ น่าที่จะมีการสร้างสรรค์ผลงานที่เกี่ยวข้องกับด้านนี้นำเสนอต่อธุรกิจอุตสาหกรรมมากขึ้น เมื่อเกิดผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์นำร่องออกมา

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม วิชาPROJECT I และ II ของนักศึกษาชั้นปี 4 จัดทำขึ้นเพื่อให้ นักศึกษาในภาควิชาได้นำความรู้ในทางทฤษฎีที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในภาคปฏิบัติ ซึ่งในโครงงานนี้จะเป็นการจัดทำแบบจำลองระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ โดยจะนำเอาระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบระบบสินค้าคงคลัง มาใช้ร่วมกับระบบการจัดเก็บสินค้าอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การประมวลผลกลาง

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (Single Chip Microcontroller) คือไมโครคอมพิวเตอร์แบบที่มีขนาดเล็กโดยบรรจุไว้ในแผงวงจรรวม (Integrated Circuit) เพียงชิพเดียวเหมาะสำหรับงานควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ แบบอัตโนมัติ เพราะผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้ตามต้องการ

MCS-51 ผลิตโดยบริษัท Intel มีการทำงานเป็นแบบ 8 บิต หมายความว่าส่วนที่ทำหน้าที่ในการคำนวณ (ALU) จะทำงานสูงสุดทีละ 8 บิต

MCS-51 มีข้อดีดังต่อไปนี้

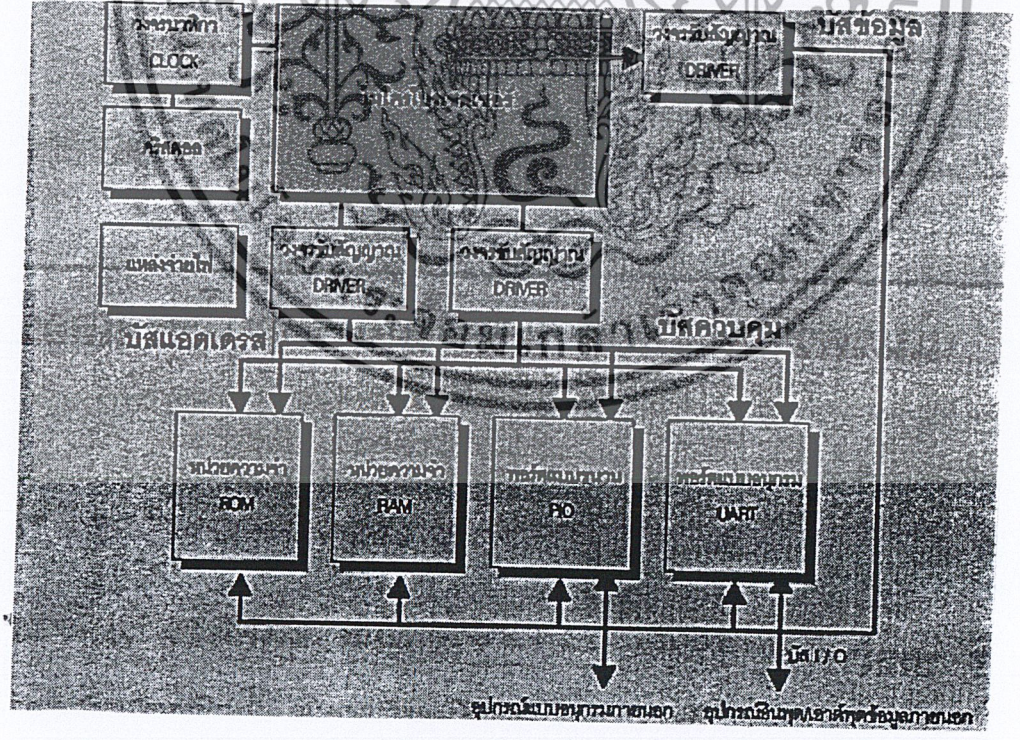
1. สามารถนำข้อมูลมา And, Or หรือทำการ Complement ทั้งทีละแบบ 8 บิตและ 1 บิต
2. สามารถใช้กับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม (Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งที่จะให้ MCS-51 ทำงานได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ ทำให้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้มาก
3. สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
4. ใน 8051 และ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 4 กิโลไบต์ (ใน 8052 และ 8752หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมอยู่ภายนอก ระบบรวมทั้งหมดจึงมีขนาดเล็กและสัญญาณรบกวนจากภายนอกจะทำให้ MCS-51 ทำงานผิดพลาดได้ยาก
5. มีพอร์ตแบบขนาน (Parallel Port) สำหรับข้อมูลเข้าและออกจำนวน 32 บิต ที่ข้อมูลแต่ละบิตเป็นอิสระต่อกัน
6. มีวงจร Timer/Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด (8052 มี 3 ชุด) ที่ทำงานโหมดต่างๆ ได้ถึง 4 โหมด
7. มี Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) สำหรับรับ-ส่ง ข้อมูลอนุกรมแบบ Full Duplex ที่สามารถเลือกรูปแบบการรับ-ส่งข้อมูลได้ถึง 4 แบบ
8. มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขอขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt Request Signal) 6 แหล่งซึ่งสามารถทำกระโดดไปทำงานตอบสนองการขัดจังหวะ (Interrupt Service Routine) ได้ต่างๆ กัน 5 ตำแหน่ง
9. สามารถเลือกการทำงานให้อยู่ในโหมดของ Idle และ Power Down ซึ่งประหยัดการใช้กำลังไฟในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากข้อดีดังกล่าวทำให้ MCS-51 เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมระบบอัตโนมัติมาก คุณสมบัติดังกล่าวบรรจุไว้ในวงจรรวมเดี่ยว (Single Chip) ขนาด 40 ขา ดังนั้น จึงสามารถออกแบบให้ระบบทั้งหมดมีขนาดเล็ก และการที่ทั้งหมดบรรจุอยู่ภายในวงจรรวมเดียวจึงทำให้การตรวจสอบหาข้อผิดพลาดในระบบง่ายไม่สลับซับซ้อน รวมทั้งลดปัญหาเรื่องการที่มีสัญญาณรบกวนในระบบจนทำให้การทำงานผิดพลาดไป แต่การที่จะนำเอา MCS-51 มาใช้งานได้จำเป็นต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงโครงสร้างและองค์ประกอบของ MCS-51 เสียก่อนแล้วจึงจะเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของ MCS-51 ให้เป็นไปตามต้องการ

2.2 โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบขึ้นด้วย Gate ต่างๆ เช่น And, Or, Not ซึ่ง Gate เหล่านี้จะถูกนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังไดอะแกรมในรูปที่ 1

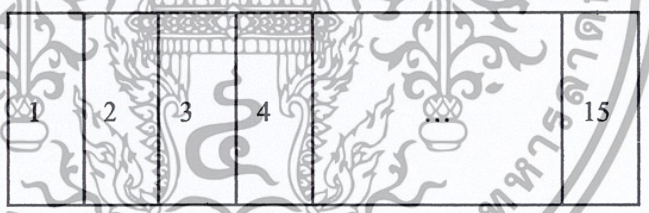


รูปที่ 1 ไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดอะแกรมในรูปที่ 1 นี้เป็นโครงสร้างใหญ่ๆ ของ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์จึงประกอบด้วยส่วนหลักๆ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 คือ CPU (Central Processing Unit) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์ รับข้อมูลหรือส่งข้อมูลออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณ โดยการถอดรหัสจากคำสั่งตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิเลเตอร์เพื่อให้ทุกๆ ส่วนในวงจรทำงานประสานกัน (Synchronize) อย่างถูกต้อง ใน CPU นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่า ส่วนประมวลผล (ALU) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ใน Register หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 คือหน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ถ้าจะให้เห็นภาพจนน์ของหน่วยความจำได้ดีก็คือ หน่วยความจำเปรียบเหมือนกล่องเก็บเอกสารจำนวนมากที่นำมาต่อเรียงกันไว้ แต่ละกล่องมีเอกสาร 1 แผ่น ดังในรูปข้างล่าง มีเอกสารทั้งหมด 15 กล่อง



รูปที่ 2 แบบจำลองหน่วยความจำ

ถ้าต้องการเอกสารจากกล่องใดหรือเอาเอกสารไปเก็บที่กล่องใด จะต้องรู้ หมายเลขของกล่องข้อมูลเสียก่อนซึ่งถ้าเป็นหน่วยความจำแล้วหมายเลขของกล่องก็คือตำแหน่งของหน่วยความจำหรือแอดเดรสนั่นเอง การเอาข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่าการเขียนข้อมูล และการเอาข้อมูลออกจากหน่วยความจำก็เรียกว่า การอ่านข้อมูล ซึ่งแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้เพียงค่าเดียวเท่านั้น ในไมโครโพรเซสเซอร์รวมทั้ง 8051 นั้นข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะมีค่าได้เพียง 8 หลักของเลขฐาน 2 ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 255 (00000000 ถึง 11111111 ในเลขฐาน 2) แต่จำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลได้ขึ้นกับไมโครโปรเซสเซอร์แต่ละเบอร์ การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่มคือ

1. แอดเดรสหรือค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ใน 8051 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภท Program Memory หรือ Data Memory ได้สูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่ง ดังนั้น การอ้างอิงแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น
2. ข้อมูลที่จะอ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำที่ตำแหน่งในข้อ 1
3. สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล สัญญาณเหล่านี้จะถูกควบคุมภายใน 8051 สร้างมาจากวงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ 8051 อ่านจากหน่วยความจำ Program Memory เข้าไปทำงานนั่นเอง

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุต เป็นส่วนที่จะใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ ดังรูปที่ 1 อุปกรณ์อินพุตละเอาท์พุตได้แก่ 4 I/O Port, Timer 0, Timer 1, Serial Port การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

1. 4 I/O Port คำว่าพอร์ตหมายถึงจุดที่จะติดต่อกับส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/O Port ของ 8051 เป็นที่ใช้สำหรับรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 พอร์ตมีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะทำงานได้มากกว่า 1 อย่างก็ได้ เช่น พอร์ต P0 และ P2 จะใช้สำหรับการส่งค่าตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อและพอร์ต P0 จะใช้รับส่งข้อมูลเมื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วย แต่สิ่งนี้ไม่ได้เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน แต่จะทำงานตามลำดับโดยควบคุมจากสัญญาณควบคุมที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั่นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับ สัญญาณนาฬิกา
2. Timer 0 กับ Timer 1 เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวนไซเคิลของนาฬิกาภายใน 8051 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดย CPU
3. Serial Port หรือพอร์ตอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการรับข้อมูลเข้าก็จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

2.3 พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมใน MCS-51

MCS-51 มีพอร์ตสำหรับสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องต่อชิพที่ทำหน้าที่รับหรือส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยเฉพาะเพิ่มแต่อย่างใดเลย การนำ MCS-51 ไปประยุกต์ใช้งานที่ต้องมีการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมกับวงจรภายนอกอื่นๆจึงทำได้สะดวกและมีความคล่องตัวสูงมาก

พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่มีในMCS-51 สามารถทำงานได้ในแบบ full duplex หมายความว่า MCS-51 สามารถรับและส่งข้อมูลได้พร้อมๆกัน โดยในการรับข้อมูลจะมีการบัฟเฟอร์ข้อมูลให้ด้วย จึงทำให้ MCS-51 สามารถกำหนดการรับข้อมูลไบท์ที่สองซึ่งถูกส่งตามเข้ามาก่อนที่ไบต์แรกที่ได้รับเข้ามาจะถูกอ่านจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่ใช้สำหรับรับข้อมูล (receive register)เพื่อนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำต่อไป (หากไบต์แรกยังไม่ถูกอ่านเมื่อได้รับไบต์ที่สองแล้วข้อมูลจะหายไป 1 ไบต์)

พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมใน MCS-51 ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตจำนวนสองตัว แต่ละตัวมีชื่อเรียกตามหน้าที่ดังนี้คือ

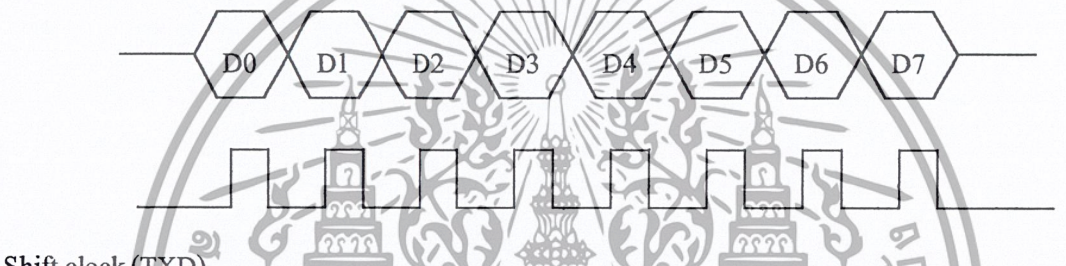
- รีจิสเตอร์สำหรับข้อมูลใช้รับข้อมูลที่ส่งเข้ามาจากภายนอก
- รีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit register) ใช้ส่งข้อมูลจาก MCS-51 ออกไปยังภายนอก

รีจิสเตอร์ทั้งสองมีตำแหน่งเดียวกันในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ คือ ตรงกับตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SBUF (ตำแหน่ง 99 H) ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิพที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ การเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์แต่ละตัว MCS-51 จะทราบเองว่าผู้ใช้ต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์ตัวใดขึ้นกับโดยตรวจสอบจากรหัสคำสั่ง ทั้งนี้เพราะในการเขียนข้อมูลไปไว้ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SBUF หมายถึงการโหลดข้อมูลไปรีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งข้อมูลออกไปภายนอก ส่วนการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SBUF จะหมายถึงนำค่าที่รับเข้ามาได้จากภายนอกที่เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ สำหรับรับข้อมูลมาใช้งาน

การใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมใน MCS-51 มีความสะดวกและความคล่องตัวสูง ทั้งนี้เนื่องจากผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานที่แตกต่างกันได้ถึง 4 ประเภท โดยสามารถกำหนดได้จากค่าบิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON การใช้งานที่แตกต่างกัน 4 ประเภทนี้มีจุดประสงค์เพื่อความคล่องตัวในการรับหรือส่างข้อมูลแบบอนุกรมแต่ละประเภทดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 0 การทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 0ขา RXDจะใช้สำหรับรับและส่งข้อมูลส่วนขาTXDมีไว้เพื่อใช้สร้างสัญญาณ shift clock เพื่อกำหนดจังหวะในการรับและส่งข้อมูล(ข้อมูลจะถูกรับและส่งตามจังหวะของสัญญาณ shift clock) ในโหมดนี้การรับส่งข้อมูลจะเป็นแบบ 8 บิต(บิตข้อมูล 8 บิต) โดยเริ่มรับและส่งบิตต่ำสุดก่อน (LSB first) อัตราการรับส่งข้อมูลในการทำงานโหมด 0 ถูกกำหนดไว้ที่ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ การทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 0 จะไม่มีบิตเริ่มต้นของข้อมูล(start bit) และบิตสิ้นสุดของข้อมูล (stop bit) เพราะจังหวะในการรับและส่งข้อมูลถูกกำหนดสัญญาณจาก shift clock แล้ว



สัญญาณควบคุมจังหวะการรับ-ส่งข้อมูลในโหมด 0 ส่งผ่านขา TXD

รูปที่ 3 แสดงข้อมูลที่รับและส่งในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 0

การทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่กล่าวมานี้ การส่งข้อมูลจะเริ่มทันทีเมื่อมีคำสั่งใดๆที่ใช้รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SBUF เป็นรีจิสเตอร์ปลายทาง(destination register) เช่น

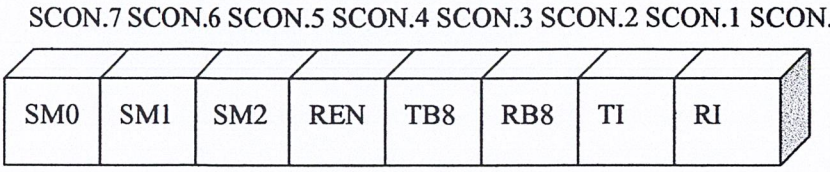
MOV SBUF,A

ส่วนในการรับข้อมูลจะเริ่มต้นโดยมีเงื่อนไขดังนี้

- ในโหมด 0 เริ่มเมื่อค่าในบิต RI = 0 และบิต REN = 1

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON (Serial Port Control Register) แต่ละบิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON จะใช้สำหรับควบคุมและตรวจสอบการทำงานของพอร์ตสื่อสารอนุกรมใน MCS-51 ดังนั้นก่อนใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม ผู้เขียนโปรแกรมจำเป็นต้องทราบความหมายของบิตต่างๆในรีจิสเตอร์ตัวนี้ แต่ละบิตในรีจิสเตอร์ใช้งาน SCON มีความดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดงรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON

รายละเอียดของบิตต่างๆในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON มีดังนี้

บิต	ชื่อบิต	
SCON.7	SM0	บิตเลือกการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมดต่างๆ
SCON.6	SM1	บิตเลือกการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมดต่างๆ 0,0 โหมด 0 : ทำงานเป็น shift register อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ 0,1 โหมด 1 : 8 bit UART อัตราเร็วในรับหรือส่งข้อมูลกำหนดเองได้ 1,0 โหมด 2 : 9 Bit UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเป็น 1/32 หรือ 1/64 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ 1,1 โหมด 3 : 9 Bit UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูล กำหนดเองได้
SCON.5	SM2	บิตเลือกการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 2 และ 3 เพื่อใช้ติดต่อระหว่างซีพียูด้วยกันเอง 1 : ใช้พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในการติดต่อสื่อสารระหว่างซีพียูด้วยกันเอง เมื่อข้อมูลบิตที่ 9 ที่ได้รับมีค่าเป็น 0 (ดาต้าไบต์) บิต RI จะไม่ถูกเซ็ต แต่หากข้อมูลบิตที่ 9 มีค่าเป็น 1 (แอดเดรสไบต์) บิตRIจะถูกเซ็ต 0 : ใช้พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 1 และโหมด 3 ตามปกติ ในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 1 หากบิต SM2 ถูกเซ็ต บิต RI จะไม่ถูกเซ็ตจนกว่าบิตสิ้นสุดของข้อมูลจะถูกรับเข้ามาในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 0 บิตนี้ควรถูเคลียร์ให้เป็น 0
SCON.4	REN	บิตควบคุมการอนุญาตให้มีการรับข้อมูล ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 : อนุญาตให้มีการรับข้อมูลจากภายนอกได้

0 : ไม่อนุญาตให้มีการรับข้อมูลจากภายนอก

SCON.3	TB8	บิตข้อมูลบิตที่ 9 ซึ่งจะถูกส่งออกไปในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 2และ 3 การเซ็ตหรือเคลียร์กระทำด้วยคำสั่งในโปรแกรมเท่านั้น
SCON.2	RB8	บิตข้อมูลบิตที่ 9 ที่ได้รับเข้ามาจากภายนอกในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 2 และ 3 ส่วนในการทำงานโหมด 1 ถ้าบิต SM2 =0 บิตนี้จะเป็นบิตสิ้นสุดของข้อมูลที่รับเข้ามาได้ และไม่ถูกกำหนดการใช้งานในโหมด 0
SCON.1	TI	บิตบอกสถานะสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากการส่งข้อมูล ถูกเซ็ตโดยฮาร์ดแวร์เมื่อข้อมูลบิตที่ 8 ถูกส่งออกไปแล้วในการใช้งานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่นๆจะถูกเซ็ตโดยฮาร์ดแวร์เมื่อเริ่มส่งบิตสิ้นสุดของข้อมูลออก ไป และจะต้องถูกเคลียร์โดยคำสั่งในโปรแกรมเท่านั้น
SCON.0	RI	บิตบอกสถานะสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากการรับข้อมูล ถูกเซ็ตโดยฮาร์ดแวร์เมื่อได้รับข้อมูลบิตที่ 8 เรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 หรือที่จุดครึ่งทางของช่วงรับบิตสิ้นสุดของข้อมูลในการทำงานโหมดอื่น (มีข้อยกเว้นในกรณีใช้พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมติดต่อระหว่างซีพียูด้วยกันเอง) และจะต้องถูกเคลียร์โดยคำสั่งในโปรแกรมเท่านั้น

รีจิสเตอร์ตัวนี้ไม่เพียงแค่ใช้ควบคุมการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมดต่างๆเท่านั้น บางบิตรีจิสเตอร์นี้ยังใช้เป็นที่เก็บข้อมูลบิตที่ 9 สำหรับการรับและการส่งข้อมูลในโหมด 2 และ 3 (บิต TB8 และRB8) และนอกจากนี้รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON ยังมีบิตที่ควบคุมการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (serial port interrupt) นั่นคือบิต TI และ RI รวมอยู่อีกด้วย

2.4 อัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล

baud rate หมายความถึงอัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูล โดยใน MCS-51 ค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลจะมีค่าเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับการทำงานในแต่ลำโหมดของพอร์ตสื่สารข้อมูลแบบอนุกรมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

baud rate โหมด 0 = ความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

12

หากใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์ ค่า baud rate ของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 0 จะมีค่าสูงถึง 1 เมกะเฮิรตซ์

ในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 0 จะมีความเร็วในการส่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโหมดอื่นที่ความถี่คริสตอลค่าเดียวกัน และจะเห็นว่าหากเลือกใช้คริสตอลความถี่ 11.059 เมกะเฮิรตซ์ จะสามารถตั้งค่า baud rate ในโหมด 1 และ 3 เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปได้ เช่น 1200,2400,4800,9600,19200 จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ในระบบควบคุมส่วนใหญ่เลือกใช้คริสตอลความถี่ 11.059 เมกะเฮิรตซ์มากกว่า 12 เมกะเฮิรตซ์

การทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 0 ข้อมูลถูกรับเข้าและส่งออกผ่านทางขา RXD ส่วนขา TXD ใช้เป็นตัวสร้าง shift clock เพื่อกำหนดจังหวะสำหรับการรับและส่งข้อมูลกับวงจรภายนอก ในการทำงานโหมด 0 ข้อมูลถูกรับและส่งโดยเริ่มจากบิตเริ่มต้นของข้อมูล(0) ตามด้วยบิตข้อมูลจำนวน 8 บิตที่เริ่มด้วยบิตต่ำสุดก่อน (LSB first) ดังแสดงในรูปที่ 1 ค่า band rate ในการทำงานโหมดนี้จะคงที่เท่ากับ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

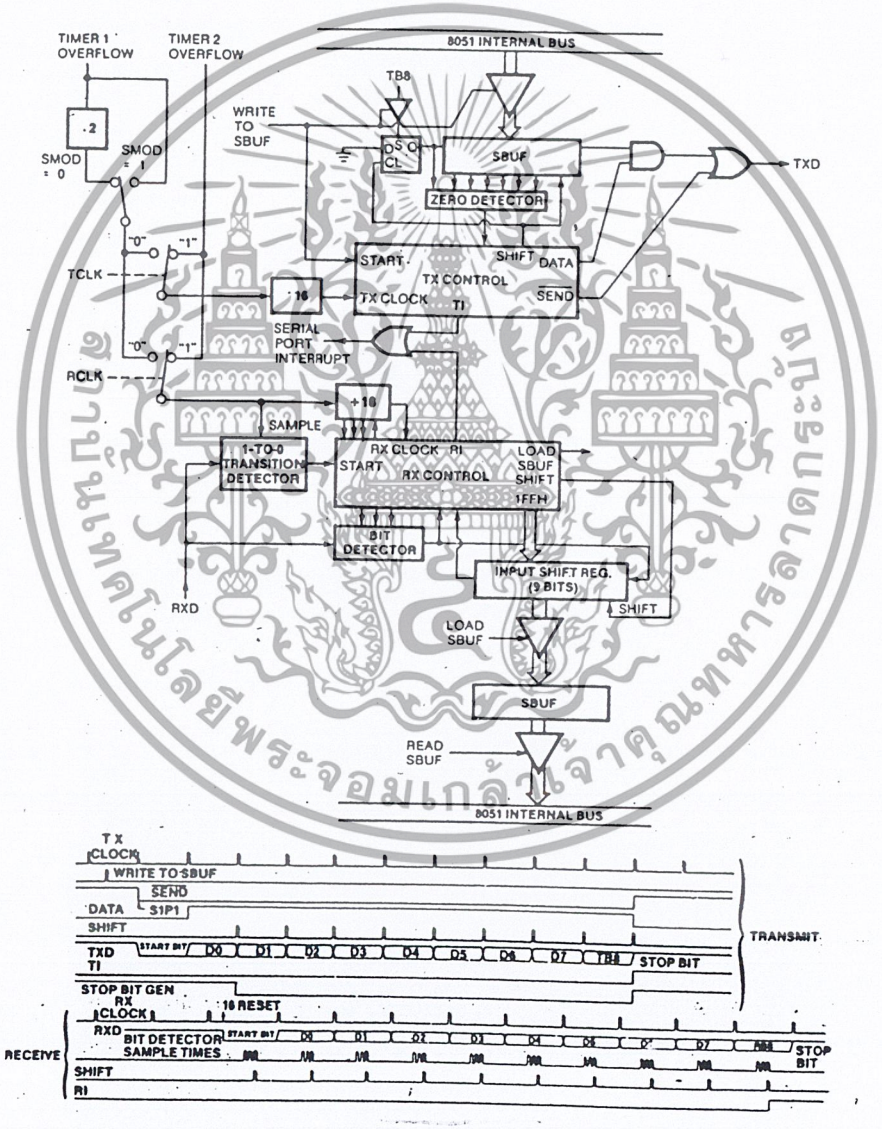
โครงสร้างการทำงานคร่าวๆของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 0 รวมทั้งแผนผังเวลา (timing diagram) ที่เกี่ยวข้องสำหรับการรับและส่งข้อมูล มีดังแสดงในรูปที่ 5

การส่งข้อมูลเริ่มจากคำสั่งใดๆ ที่มีการใช้รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SBUF เป็นรีจิสเตอร์ปลายทาง (destination register) สัญญาณ write to SBUF ที่เห็นในรูปจะเกิดขึ้นขณะสเตท 6 เฟส 2 ของไซเกิลของคำสั่งที่มีการโหลดข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ SBUF ซึ่งจะทำให้มีการโหลดค่า 1 ไปยัง D-flipflop ซึ่งเป็นบิตที่ 9 ของรีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit shift register) ที่ประกอบขึ้นจากรีจิสเตอร์ SBUF (ขนาด 8 บิต) และ D-flipflop(ขนาด 1 บิต) สัญญาณ write to SBUF ยังถูกส่งไปกระตุ้นให้วงจรควบคุมการส่งข้อมูล (Tx control unit) เริ่มต้นทำงานด้วยแผนผังเวลาภายในที่แสดงรายละเอียดการส่งข้อมูลจะเห็นได้ว่าสัญญาณ write to SBUF ที่สเตท 6 เฟส 2 สัญญาณ SEND ที่แอกติฟจะเกิดห่างกัน 1 แมชชีนไซเกิลเต็ม

สัญญาณ SEND ที่แอกติฟ (มีค่าเป็น 1) จะเป็นสัญญาณออกจากวงจรควบคุมการส่งข้อมูลเพื่อไปควบคุมให้รีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูลทำงานโดยส่งข้อมูลออกไปภายนอกทีละบิต ข้อมูลที่ส่งออกมาจะผ่านออกไปยังขา RXD ซึ่งตรงกับ P3.0 นอกจากนี้สัญญาณ SEND ยังไปควบคุมให้วงจร shift clock สร้างสัญญาณ shift clock ให้ผ่านออกไปทางขา TXD ซึ่งตรงกับ P3.1 โดยสัญญาณ shift clock จะเป็นสัญญาณที่มีค่าเป็น 0 ระหว่าง สเตท 3,4,5 และมีค่าเป็น 1 ระหว่างสเตท 6,1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทุกแมชชีนไซเกิล ดังแสดงในรูปที่ 6 เมื่อถึงสเตท 6 เฟส 2 ของทุกๆแมชชีนไซเกิลซึ่งสัญญาณ SEND ยังแอกตีฟอยู่ ข้อมูลในรีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูลจะถูกเลื่อนออกไปทางขวา 1 ตำแหน่ง ทำให้ข้อมูลถูกส่งผ่านออกมาภายนอกทางขา RXD ทีละ 1 บิต โดยเริ่มจากบิตต่ำสุดก่อน



รูปที่ 5 การทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่ข้อมูลถูกเลื่อนออกไปทางขวาทีละบิต บิต 0 จะถูกนำมาแทนที่ตำแหน่งซึ่งถูกเลื่อนออกไป โดยจะเลื่อนเข้ามาทางด้านซ้ายของรีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูล (ค่าศูนย์ได้มาจาก D-flip flop ที่มีอินพุตต่อลงกราวด์) การส่งข้อมูลจะดำเนินไปเรื่อยๆจนกระทั่งข้อมูลที่เป็นบิตสูงสุด (MSB) ที่ถูกโหลดไว้ในรีจิสเตอร์ SBUF ถูกเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่งเอาต์พุต (output position) ของรีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูลพร้อมๆกับ 1 ที่ถูกโหลดไปที่ตำแหน่งที่ 9 ในตอนเริ่มต้นการส่งข้อมูลที่กล่าวในตอนแรกจะอยู่ถัดจากบิตสูงสุดมาทางซ้าย และทุกตำแหน่งทางซ้ายของบิตที่ 9 มีค่าเป็นศูนย์หมด (มีศูนย์ทางซ้ายรวม 7 ตัว) ในสภาวะเช่นนี้จะส่งผลให้วงจรตรวจจับ 0 (zero detector) เริ่มต้นทำงาน (ตรวจจับเพียงแค่ 7 ตัว) โดยส่งสัญญาณไปบอกวงจรควบคุมการส่งข้อมูลให้ทำการเลื่อนข้อมูลครั้งสุดท้ายอีก 1 ครั้ง เพื่อส่งบิตสูงสุดออกไป ดังนั้นบิตที่ 9 จะไม่ถูกตามออกมา โดยจะยังคงอยู่ที่ตำแหน่งเอาต์พุตของรีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูลเท่านั้น จากนั้นการส่งข้อมูลจะสิ้นสุดลงโดยวงจรส่วนควบคุมการส่งข้อมูลจะบังคับให้สัญญาณ SEND หยุดแอกตีฟ เมื่อข้อมูลแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ SBUF ถูกส่งออกไปภายนอกเรียบร้อยแล้ว บิต TIจะถูกเซ็ต เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นขณะส่งข้อมูลเสร็จจะเกิดขึ้นที่ขณะสเตท 1 เฟส 1 ของแมชชีน ไซเกิลที่ 10 หลังจากที่มีสัญญาณ writr to SBUF เกิดขึ้น

การรับข้อมูลในโหมด 0 เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อบิต REN = 1 และ RI =0 (พิจารณาจากรูปที่ 5 โดยขณะสเตท 6 เฟส 2 ของแมชชีน ไซเกิลถัดไป (ถัดจากไซเกิลที่บิต REN = 1 และ RI = 0) วงจรควบคุมการรับข้อมูล (RX control block) จะเริ่มเขียนข้อมูล 11111110B ไปที่รีจิสเตอร์สำหรับข้อมูล (receive shift register) และในสัญญาณนาฬิกาเฟสถัดไป สัญญาณ receive จากวงจรควบคุมการรับข้อมูลจะเริ่มแอกตีฟ

สัญญาณ receive ที่ได้จากวงจรควบคุมการรับข้อมูลจะทำให้วงจร shift clock ส่งสัญญาณ shift clock ออกไปที่ขา TXD โดยควบคุมผ่านเกตแนนด์ สัญญาณ shift clock ที่ได้จะมีการเปลี่ยนสถานะทุกๆสเตท 3 เฟส 1 และสเตท 6 เฟส 1 ของทุกๆแมชชีน ไซเกิลในช่วงการรับข้อมูลโดยขณะสเตท 6 เฟส 2 ของแต่ละแมชชีน ไซเกิลซึ่งสัญญาณ Receive ยังคงแอกตีฟอยู่ ข้อมูลในรีจิสเตอร์สำหรับรับข้อมูลจะถูกเลื่อนไปทางซ้าย 1 ตำแหน่ง เนื่องจากข้อมูลที่รับได้จากภายนอกถูกเลื่อนเข้ามาจากทางขวาของรีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูล ค่าของข้อมูลที่เข้ามาจากทางขวาจะเป็นข้อมูลซึ่งได้รับการตรวจสอบที่ขา RXD ในช่วงสเตท 5 เฟส 2 ของแมชชีน ไซเกิลเดียวกัน

ขณะที่ข้อมูลถูกเลื่อนเข้ามาจากทางขวาทำละบิต ค่าของ 1 ซึ่งถูกโหลดไปไว้ในรีจิสเตอร์สำหรับรับข้อมูลในตอนแรกจะถูกเลื่อนออกไปทางซ้าย (shift out) และเมื่อ 0 ซึ่งถูกโหลดไปไว้ที่บิตต่ำสุดตั้งแต่ตอนแรก (11111110) ถูกเลื่อนมาอยู่ในตำแหน่งซ้ายสุดของรีจิสเตอร์ตัวนี้จะทำให้เกิดสัญญาณส่งไปบอกวงจรส่วนควบคุมการรับข้อมูลให้ทราบว่าขณะนี้ข้อมูลถูกรับเข้ามา 7 บิต แล้วเมื่อวงจรควบคุมการรับข้อมูลได้รับสัญญาณนี้ก็จะควบคุมให้มีการรับข้อมูลอีก 1 บิต โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลื่อนบิตมาทางซ้ายอีก 1 ครั้งและส่งสัญญาณ load SBUF เพื่อส่งข้อมูลที่รับมาได้เข้าไปไว้ในรีจิสเตอร์ SBUF เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นขณะรับข้อมูลเสร็จจะเกิดขึ้นในช่วงสเตท 1 เฟส 1 ของแมชชีนไซเกิลที่ 10 หลังจากที่มีการโหลดค่าไปที่รีจิสเตอร์ SCON ซึ่งไปเคลียร์บิต RI เมื่อการรับข้อมูลสิ้นสุดลงแล้วสัญญาณ receive จะหยุดแอกตีฟและบิต RI จะถูกเซ็ต

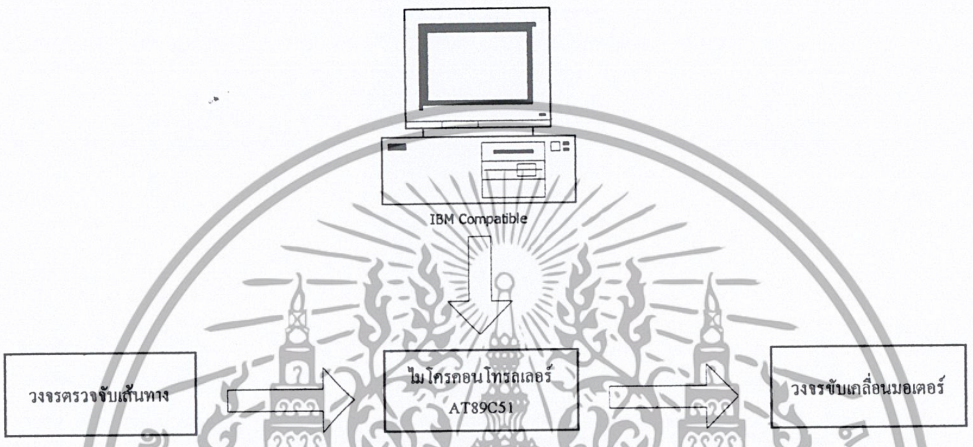
ในการส่งและการรับข้อมูลของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 0 นี้จะเห็นว่าจังหวะในการรับหรือส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับช่วงเวลาแต่ละแมชชีนไซเกิลของซีพียู เพราะข้อมูลจะถูกรับเข้ามาหรือส่งออกไปทุกๆแมชชีนไซเกิล จึงทำให้ค่า band rate ของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 0 มีค่าเท่ากับ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ (เท่ากับความถี่ของแมชชีนไซเกิล)

สัญญาณ shift clock ที่เกิดขึ้นขณะส่งข้อมูลในโหมด 0 จะเป็นสัญญาณที่ MCS-51 สร้างขึ้นเพื่อควบคุมจังหวะการรับข้อมูลของวงจรภายนอก (MCS-51 ส่งข้อมูลให้วงจรภายนอก) ส่วนสัญญาณ shift clock ที่เกิดขึ้นขณะรับข้อมูลในโหมดนี้จะเป็นสัญญาณที่ MCS-51 สร้างขึ้นเพื่อใช้ควบคุมจังหวะการส่งข้อมูลของวงจรภายนอก (MCS-51 รับข้อมูลจากวงจรภายนอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โครงสร้างของโครงงาน

การออกแบบโครงงานมีโครงสร้างการติดต่อระหว่างส่วนต่างๆ ดังแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 6 บล็อคไดอะแกรมแสดงภาพรวมของโครงงาน

3.1 การออกแบบโครงงาน

การออกแบบโครงงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

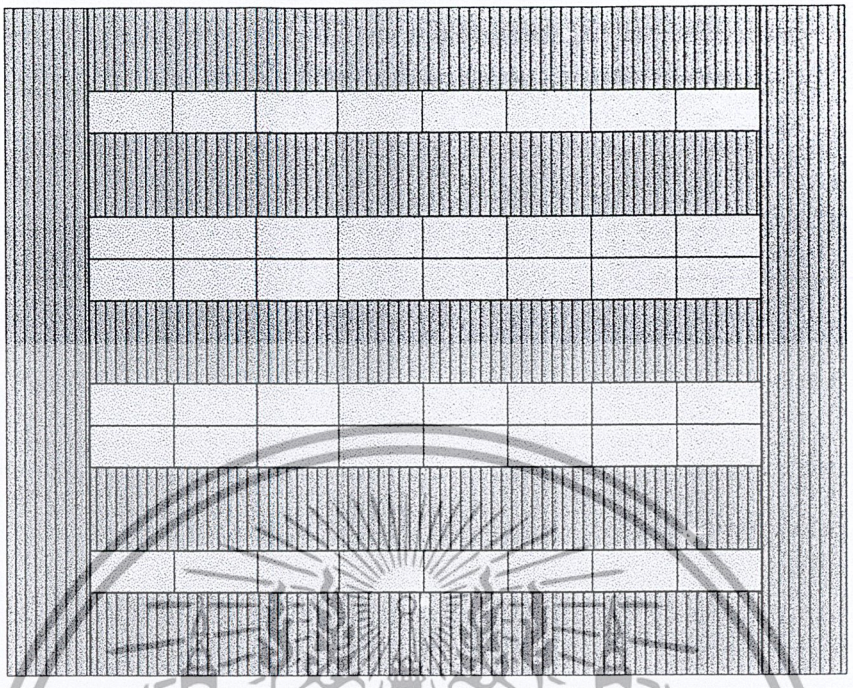
1. การออกแบบโครงสร้างคลังสินค้า
2. การออกแบบโครงสร้างรถขนส่งสินค้า
3. การควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้า
4. การจัดการควบคุมระบบฐานข้อมูล

ดังจะได้อธิบายถึงรายละเอียดในส่วนต่างๆดังจะได้ถึงรายละเอียดในส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

3.1.1 การออกแบบโครงสร้างคลังสินค้า

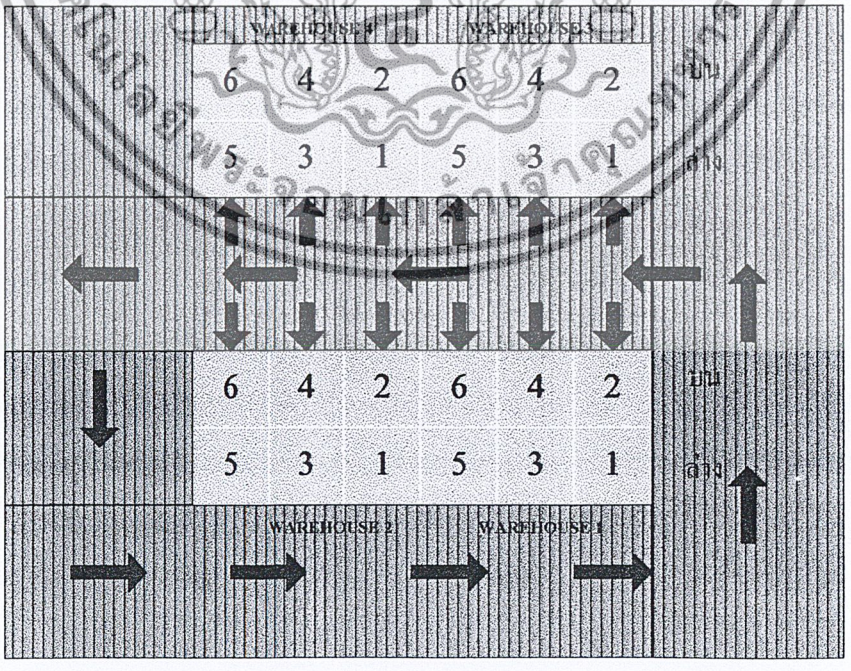
จากการศึกษารูปแบบของคลังสินค้าที่ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าจะมีการจัดรูปแบบของคลังสินค้าโดยแบ่งออกเป็นล็อคและในแต่ละล็อคจะแบ่งออกเป็นช่องสำหรับจำแนกสินค้าตามรหัสสินค้าแสดงได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 รูปแบบคลังสินค้าที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

สำหรับโครงสร้างคลังสินค้าที่ใช้ในโครงงานจะจำลองคลังสินค้าขึ้นมา 1 ล็อค ซึ่งจะประกอบด้วยคลังสินค้าย่อย 4 คลัง คือ คลังสินค้าย่อย 1 ,2 ,3 และ4 แสดง ได้ดังรูปที่ และในแต่ละคลังย่อยจะมีช่องสำหรับเก็บสินค้าทั้งหมด 6 ช่องแบ่งออกเป็นชั้นบนและชั้นล่างดังรูป

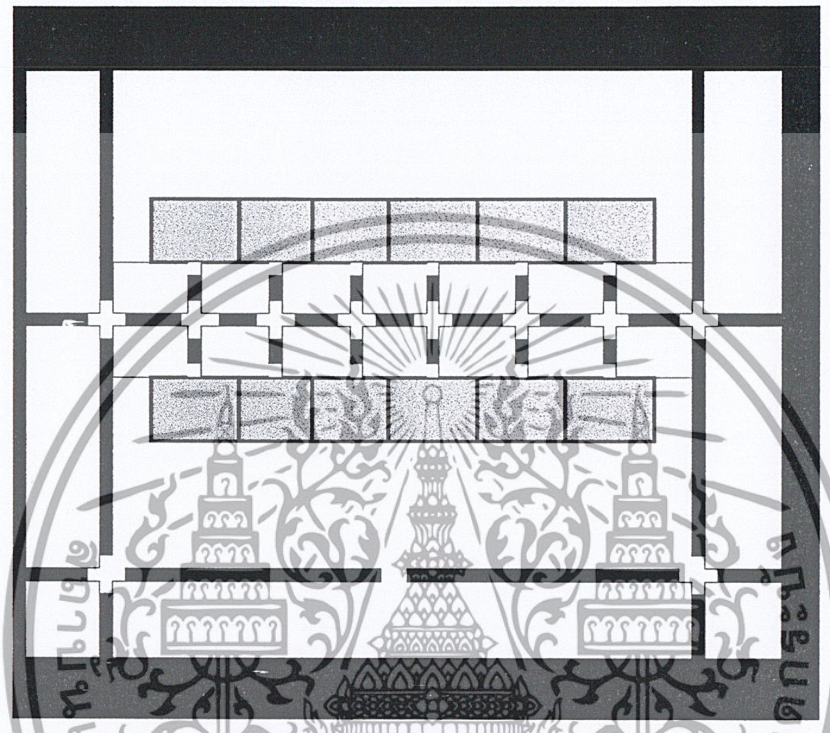


รูปที่ 8 รูปแบบคลังสินค้าที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถจะเป็นไปตามลูกศรดังที่แสดงไว้ในรูปข้างต้น

พื้นของคลังสินค้า จะมีลักษณะเป็นร่องสีขาวและดำเพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณ ดังจะได้อธิบายต่อไปในส่วนการออกแบบโครงสร้างรถขนส่งสินค้า



รูปที่ 9 พื้นของคลังสินค้าที่ใช้ในโครงงาน

3.1.2 การออกแบบโครงสร้างรถขนส่งสินค้า

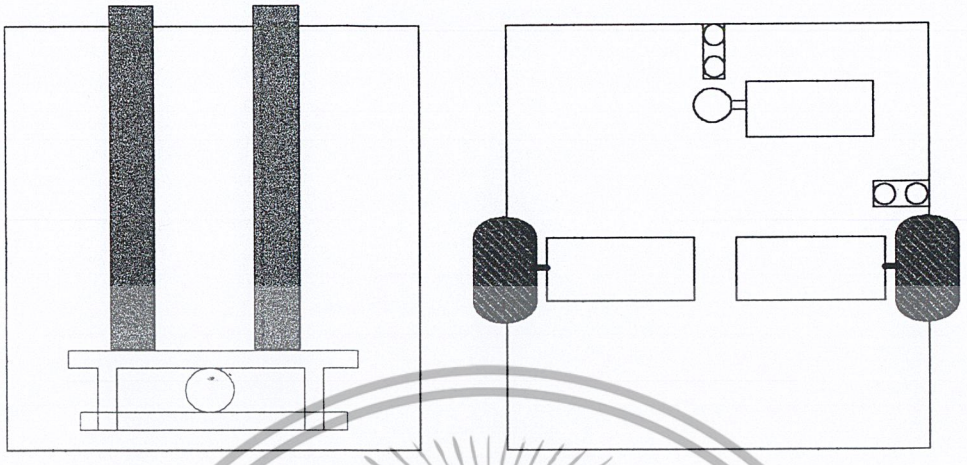
3.1.2.1 โครงสร้างทางกลของรถขนส่งสินค้า

รถขนส่งสินค้าจะประกอบไปด้วย

- เครนยกสินค้า จะใช้มอเตอร์กระแสตรง(DC MOTOR) ในการขับเคลื่อนเครนขึ้น-ลง
- การขับเคลื่อนรถขนส่งสินค้า จะใช้มอเตอร์กระแสตรง(DC MOTOR) 2 ตัว ในการขับเคลื่อนล้อซ้ายและขวาและใช้มอเตอร์กระแสตรง(DC MOTOR)อีก 1 ตัว ในการหมุนตัวล็อคเส้นทางขึ้น-ลง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณไว้ทางด้านหน้าและด้านซ้ายของตัวรถเพื่อใช้ในการจับเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

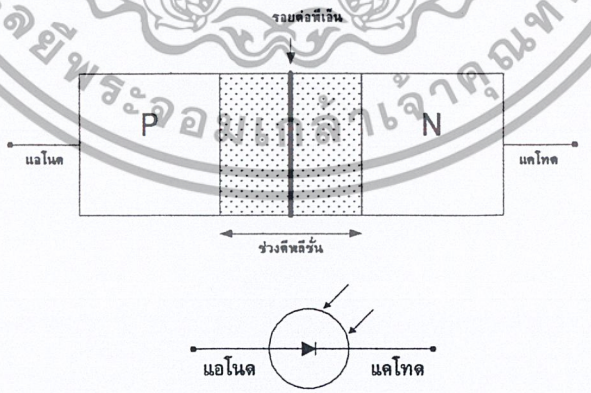


รูปที่ 10 โครงสร้างของเครน และตัวรถ

3.1.2.2 โครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ของรถขนส่งสินค้า

โครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

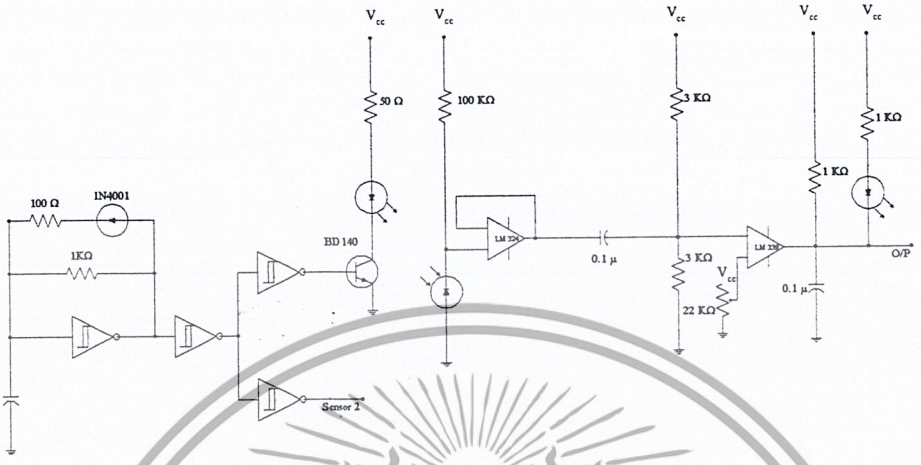
- **ภาคตรวจจับเส้นทาง ได้เลือกใช้โฟโต้ไดโอดดังแสดงในรูปที่ 11 ในการตรวจจับเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถ โดยอาศัยหลักการสะท้อนแสงของพื้นสีขาว และการดูดกลืนแสงของพื้นสีดำ**



รูปที่ 11 โครงสร้างของโฟโต้ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42508



รูปที่ 12 วงจรตรวจจับสัญญาณ

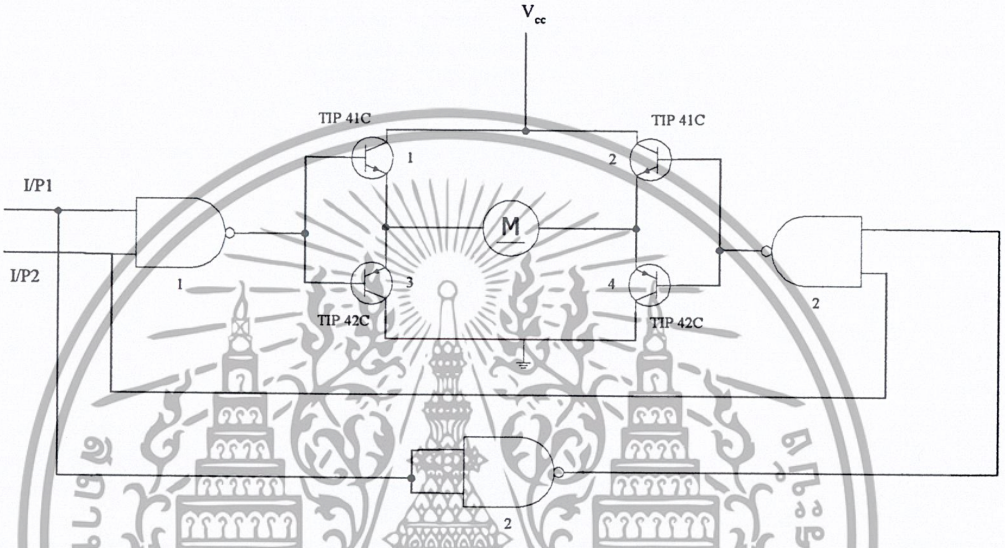
วงจรตรวจจับสัญญาณ (Sensor) จะตรวจจับพื้นสีขาวดำ โดยในวงจรส่วนแรกจะใช้ schmit-trigger เป็นตัวสร้างสัญญาณ pulse ให้วงจรและตัวโฟโต้ไดโอดภาคส่ง ซึ่งจะตรวจจับความเข้มของแสงที่สะท้อน ถ้าเป็นสีดำจะดูดกลืนแสงส่วนสีขาวจะสะท้อนแสง และส่งสัญญาณให้ภาครับ ซึ่งจะต่อกับวงจรโวลต์เตจฟอลโลเวอร์ (Voltage Follower) วงจรนี้จะช่วยในการลดสัญญาณรบกวนจากภายนอก เช่น แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เอาท์พุตที่ได้ต้องกรองสัญญาณไฟตรงออกโดยต่อ ตัวเก็บประจุ และนำสัญญาณ ไฟสลับที่ได้ไปผ่านวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) เพื่อเปรียบเทียบสัญญาณ เนื่องจากเอาท์พุตของวงจรเป็นโอเพ่นคอลเลคเตอร์ (open collector) ดังนั้นต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพ และต่อ ตัวเก็บประจุ ลงกราวน์ เพื่อให้ได้เอาท์พุตเป็นสถานะ สูง (High) / ต่ำ(Low)

สี	Sensor1	Sensor2	LED
ขาว	0.69 V	0.63 V	ติด
ดำ	4.75 V	4.77 V	ดับ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเอาท์พุตที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ภาคขับเคลื่อน เนื่องจากเราต้องการรถขนส่งสินค้าที่มีการควบคุมโดยส่วนประมวลผลกลางในการเคลื่อนที่ทั้ง 4 ทิศทาง คือ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา เราจึงออกแบบวงจรขับเคลื่อนให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนได้ทั้ง 2 ทิศทาง**



รูปที่ 13 วงจรขับมอเตอร์

I/P1 จะควบคุมมอเตอร์ในการหมุนไปด้านหน้าหรือถอยหลัง และ I/P2 จะควบคุมการเปิด/ปิด ของมอเตอร์ ในการทำงานของมอเตอร์วงจรต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ถ้า I/P2 เป็น 1 มอเตอร์ จะทำงานและขึ้นอยู่กับ I/P1 ถ้า I/P1 เป็น 1 เอาท์พุต ของ แนนเกท1 จะเป็น 0 ซึ่งจะทำให้มีกระแสไหลผ่าน Tr1 มอเตอร์ และ Tr4 ลง ground ทำให้มอเตอร์หมุน เดินหน้า แต่ถ้า I/P1 เป็น 0 เอาท์พุต ของ แนนเกท2 จะเป็น 0 ทำให้มีกระแสไหลผ่าน Tr2, มอเตอร์ และ Tr3 ลง กราวน์ ซึ่งกรณี นี้ มอเตอร์ จะหมุนถอยหลัง ส่วนกรณี I/P2 เป็น 0 เอาท์พุตของ แนนเกท1 และ แนนเกท2 เป็น 1 จะไม่มีกระแสผ่านมอเตอร์ ดังนั้น มอเตอร์จะไม่ทำงาน การทำงานของมอเตอร์แสดงในตารางที่ 2

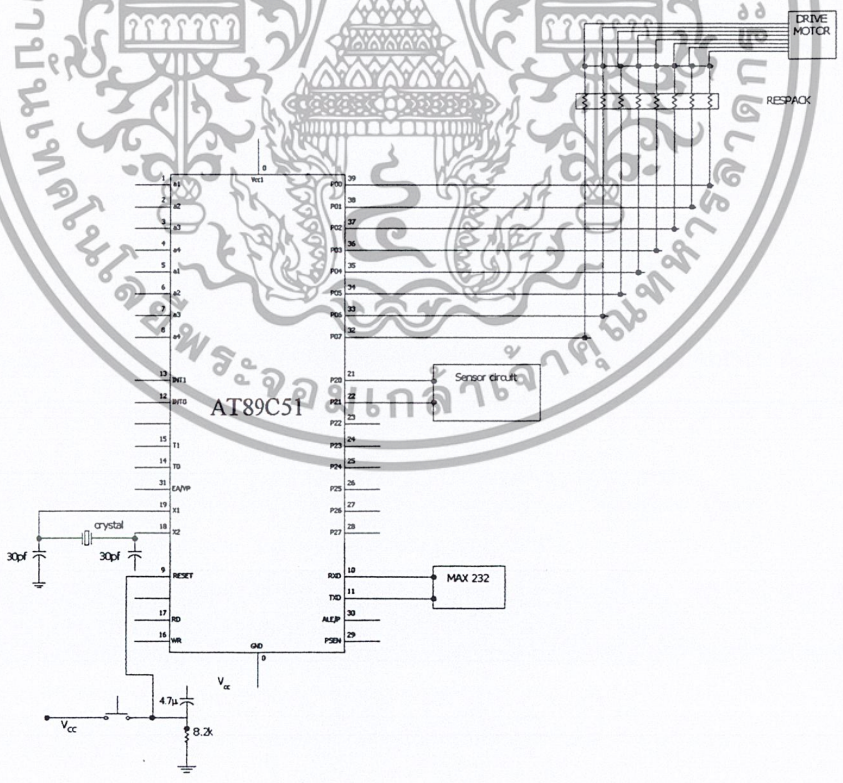
ในการออกแบบวงจรขับมอเตอร์ ได้ออกแบบไว้ 4 วงจร โดยมี 2 วงจรใช้เพื่อขับเคลื่อนล้อซ้ายและขวา วงจรหนึ่งใช้ในการขับเคลื่อนเครน และวงจรสุดท้ายใช้ในการขับเคลื่อนกระเดื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I/P1	I/P2	Motor
0	0	OFF
0	1	Reverse
1	0	OFF
1	1	Forward

ตารางที่ 2 แสดงการทำงานของมอเตอร์

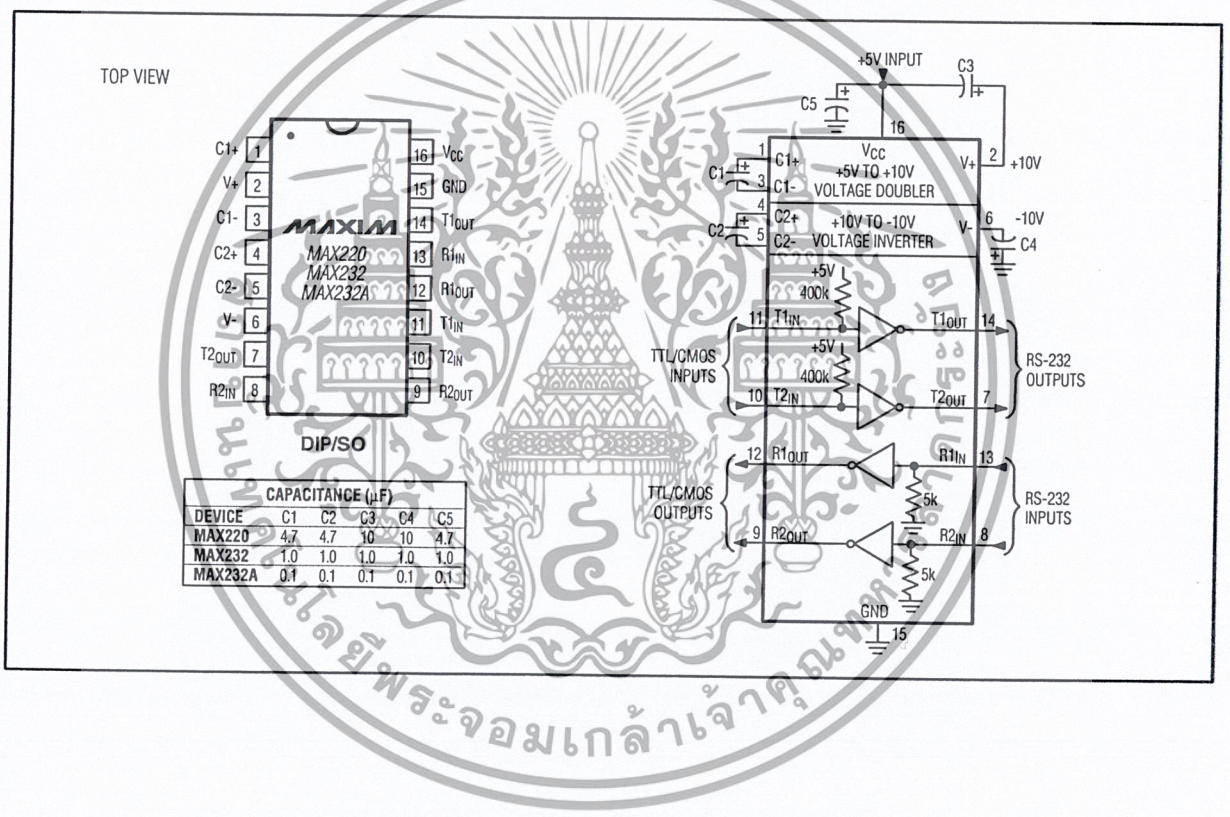
- ส่วนประมวลผลกลางของรถขนส่งสินค้า เราเลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51 ของบริษัทแอทเมล เบอร์ AT89C51 ซึ่งนำไปต่อใช้งานกับวงจรดังรูป



รูปที่ 14 วงจรซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ส่วนการติดต่อกับพอร์ตสื่อสารอนุกรม เราใช้พอร์ตอนุกรมในการสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมีไอซี MAX232CPE เป็นตัวช่วยเพิ่มแรงดันโดยมีวงจรดังรูป**

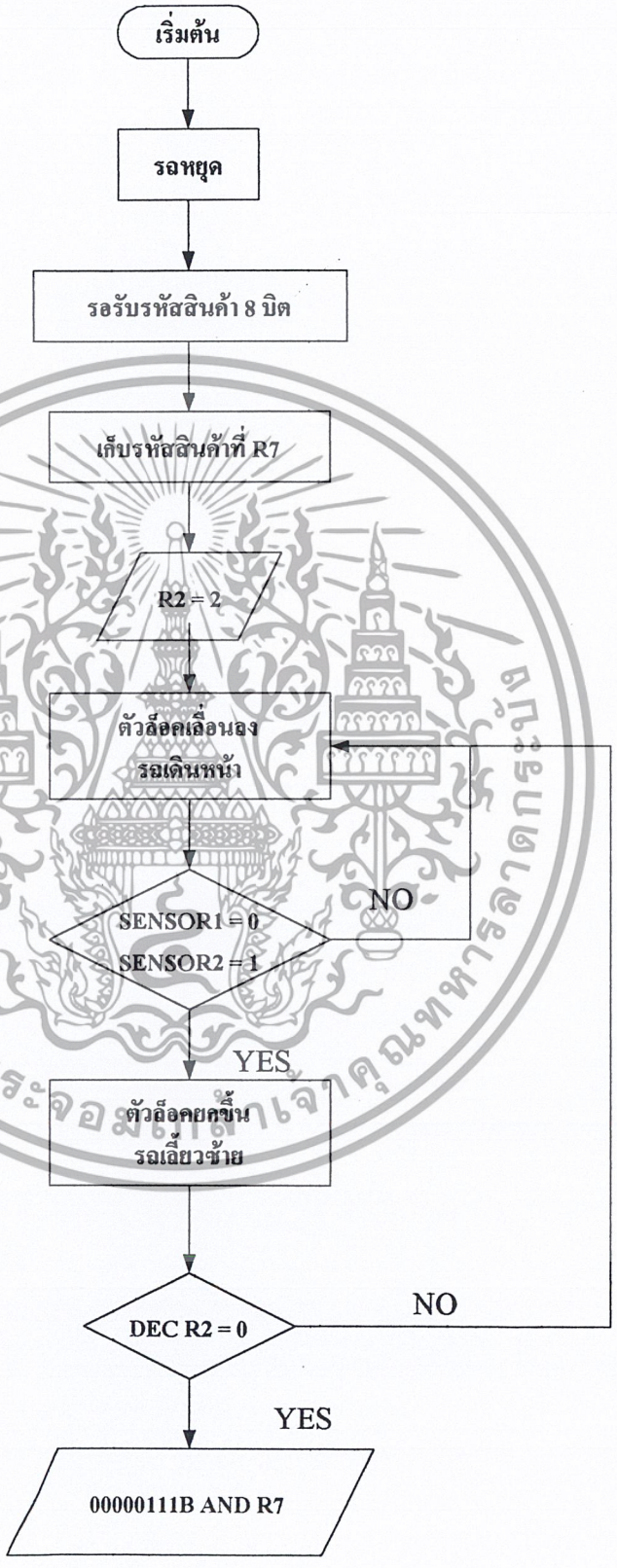


รูปที่ 15 วงจรของ MAX 232

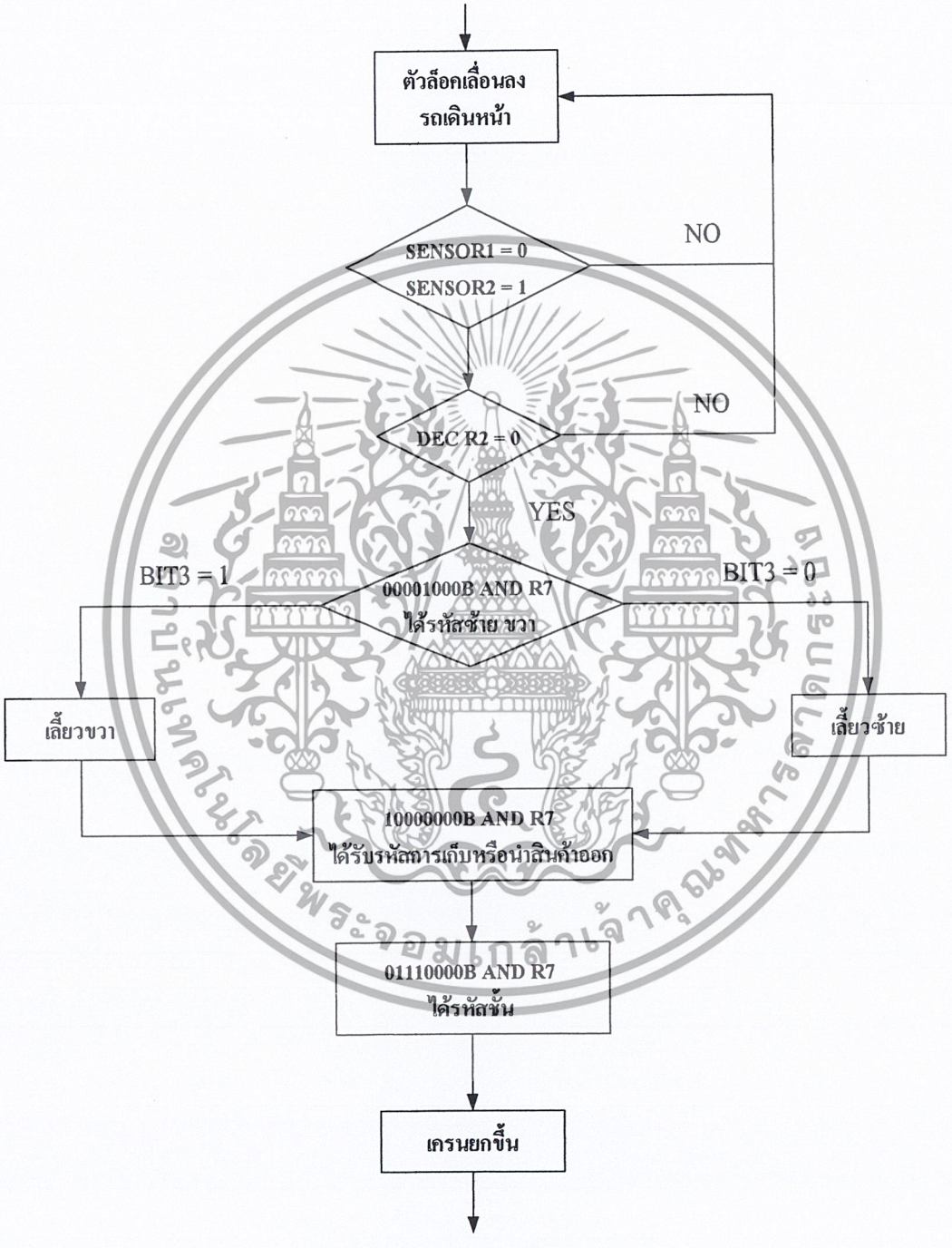
3.1.3 ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ

การควบคุมการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าเพื่อจัดเก็บและนำสินค้าออกสามารถแสดงได้ดังโฟลวชาร์ตดังต่อไปนี้

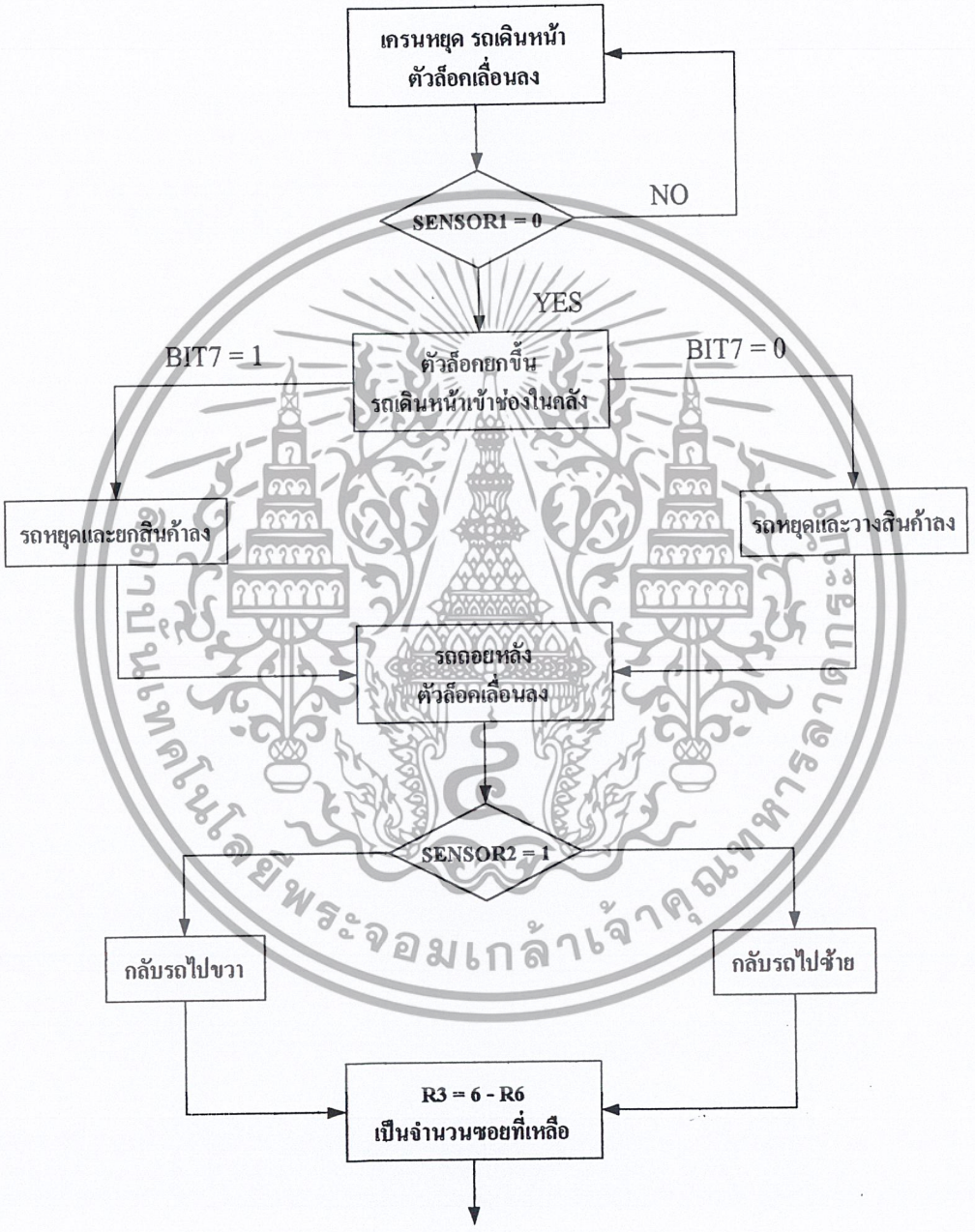
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



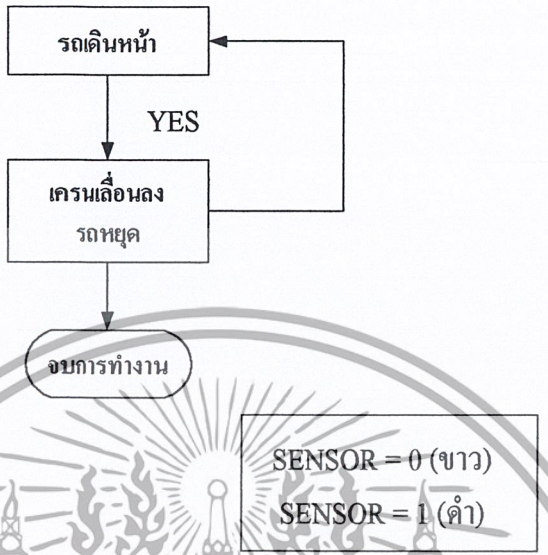
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 โฟลวชาร์ตแสดงการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ

3.1.4 การออกแบบควบคุมการจัดการระบบฐานข้อมูล

ในการออกแบบโครงงานนี้ได้นำการประยุกต์การใช้งานโปรแกรม Visual Basic เข้ามาช่วยในการติดต่อกับผู้ใช้ และโปรแกรม Microsoft Accessในการจัดการด้านฐานข้อมูลของคลังสินค้า ซึ่งในการออกแบบการควบคุมการจัดการระบบฐานข้อมูลจะแบ่งเป็นหัวข้อใหญ่ คือ

- **การออกแบบระบบฐานข้อมูล**

การออกแบบระบบฐานข้อมูลได้มีการประยุกต์การใช้งานโปรแกรม Microsoft Access ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

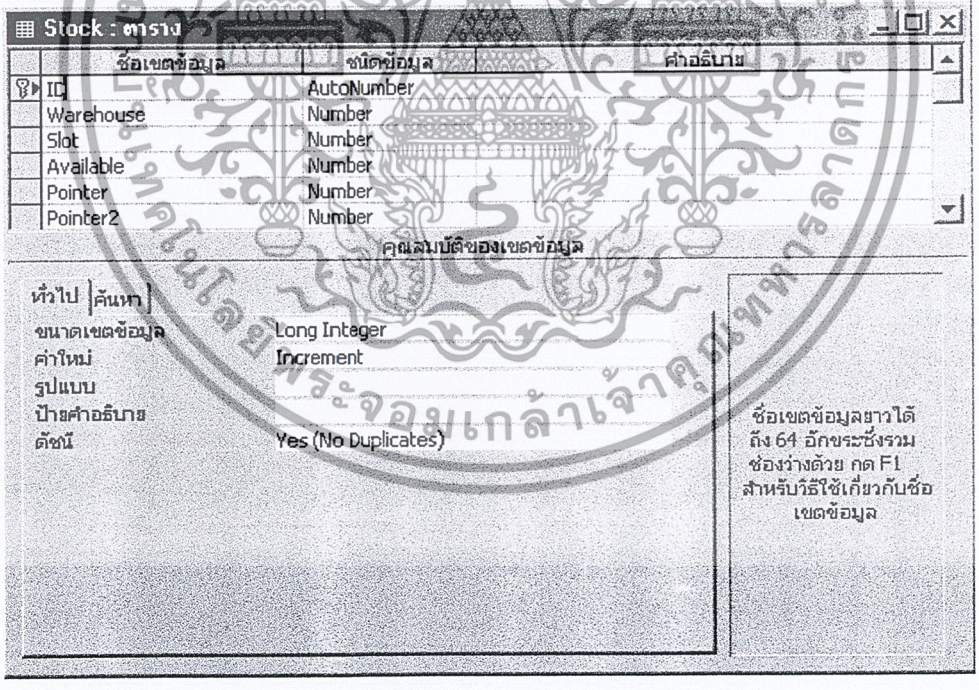
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I. ฐานข้อมูลของคลังสินค้า

ในการออกแบบฐานข้อมูลของคลังสินค้า ผู้จัดทำได้กำหนดรูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงคลังสินค้าที่สำคัญ ดังนี้

ฟิลด์	ชนิดข้อมูล	จุดประสงค์
Id	AutoNumber	เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงถึงช่องเก็บสินค้า
Warehouse	Number	ใช้เก็บหมายเลขคลังสินค้า
Slot	Number	ใช้เก็บช่องของคลังสินค้า
Available	Number	ใช้เก็บค่าที่ระบุสถานะของช่องสินค้านั้น

ตารางที่ 3 รูปแบบฟิลด์



รูปที่ 17 รูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงคลังสินค้าที่สำคัญ

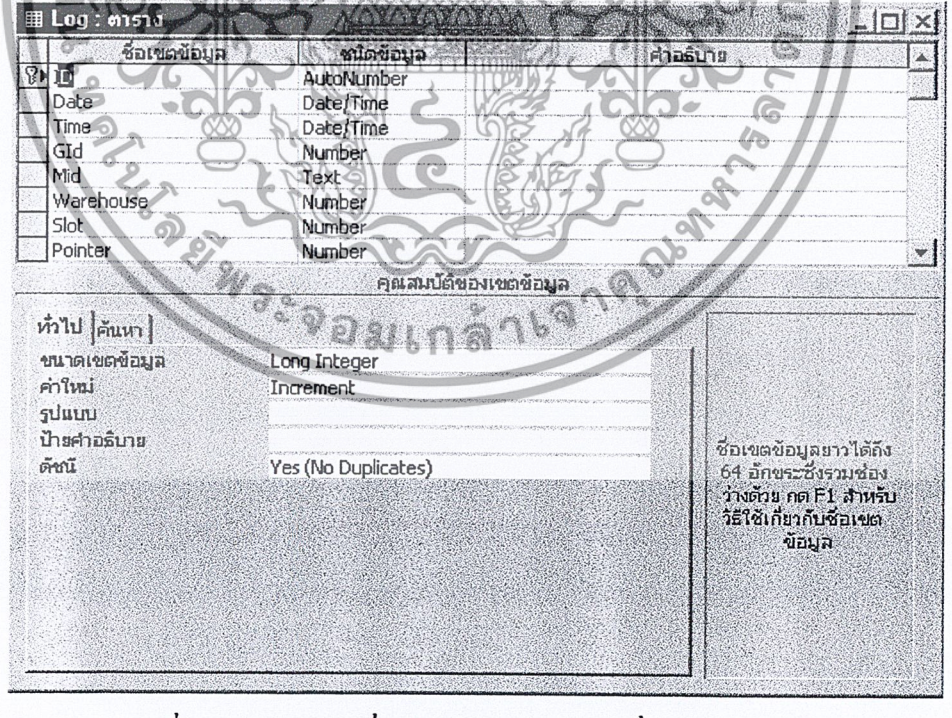
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II. ฐานข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้

ในการออกแบบฐานข้อมูลการติดต่อกับผู้ใช้ ผู้จัดทำได้กำหนดรูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงคลังสินค้าที่สำคัญ ดังนี้

ฟิลด์	ชนิดข้อมูล	จุดประสงค์
Date	Date/time	ใช้เก็บวันที่ที่มีการใช้งาน
Time	Date/time	ใช้เก็บเวลาที่มีการใช้งาน
Gid	Number	ใช้เก็บรหัสสินค้าที่มีการใช้งาน
Mid	Text	ใช้เก็บวิธีที่ใช้กระทำกับสินค้า
Warehouse	Number	ใช้เก็บหมายเลขคลังสินค้า
Slot	Number	ใช้เก็บช่องของคลังสินค้า

ตารางที่ 4 รูปแบบฟิลด์ในฐานข้อมูลการติดต่อกับผู้ใช้



รูปที่ 18 รูปแบบฟิลด์ที่ใช้อ้างอิงถึงคลังสินค้าที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสร้างแอปพลิเคชั่นฐานข้อมูลมีขั้นตอน ดังนี้

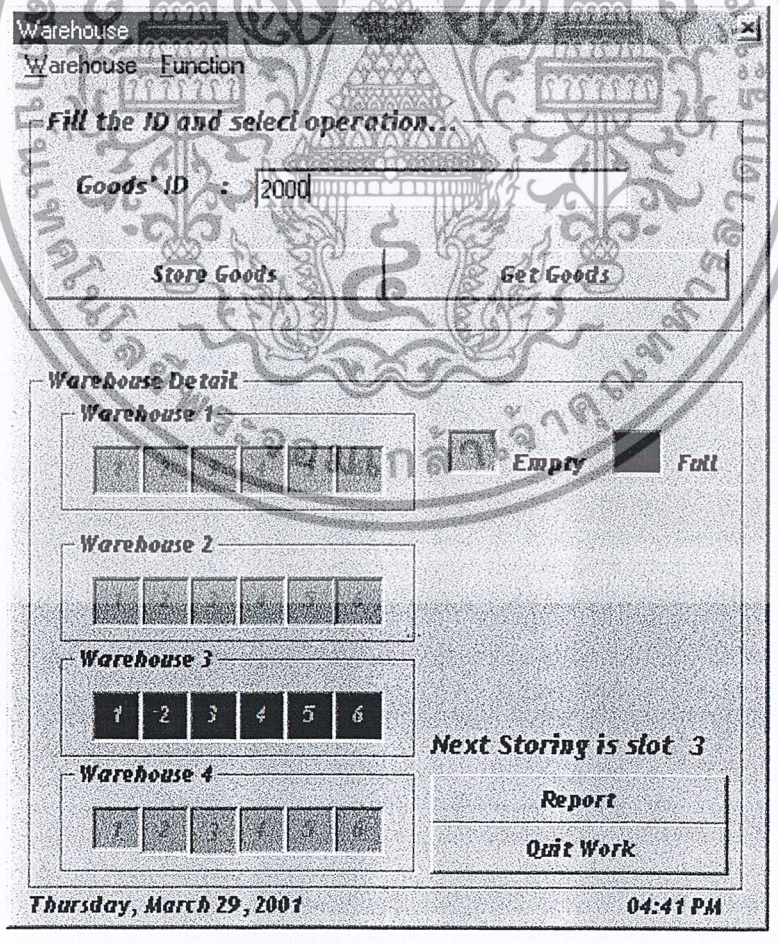
1. สร้างแอเรียสที่เชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูลที่ต้องการ
2. สร้างตารางฐานข้อมูลและอินเด็กซ์
3. กำหนดการเข้าถึงข้อมูล โดยออกแบบ และกำหนดส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ Connect Control ใน Visual Basic

- การออกแบบหน้าจอในการติดต่อกับผู้ใช้

ในการออกแบบหน้าจอในการติดต่อกับระบบฐานข้อมูล สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนได้ดังนี้

I. ส่วนของการเก็บและการนำสินค้าจากคลังสินค้า

การออกแบบหน้าจอของการเก็บและการนำสินค้าจากคลังสินค้าได้มีการนำเอาโปรแกรม Visual Basic มาใช้ในการออกแบบ ซึ่งมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 19 ส่วนของหน้าจอหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

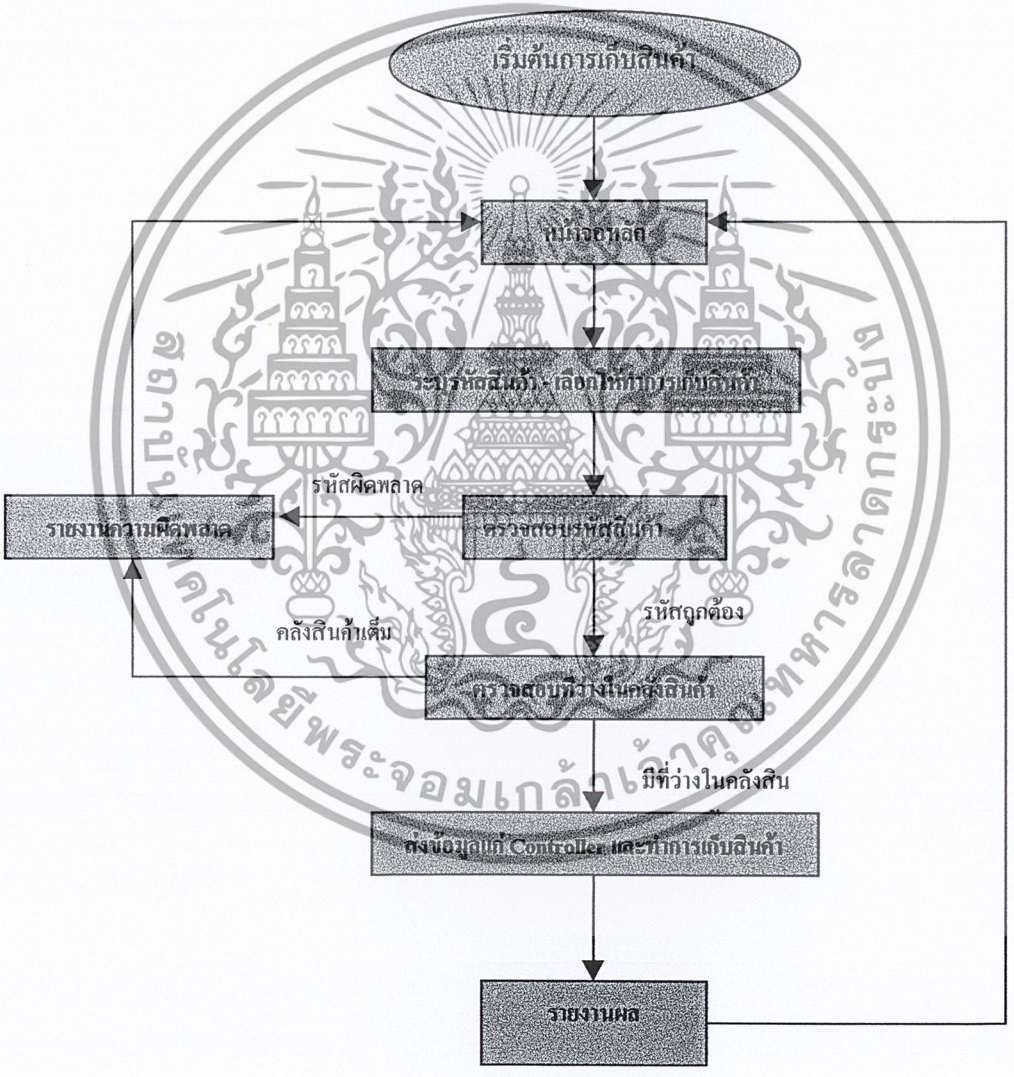
หน้าจอหลักจะแบ่งการใช้งานเป็น 2 ส่วน คือ

1.1. ส่วนของการเก็บสินค้า (Store Goods)

1.2 ส่วนการรับสินค้า (Get Goods)

โดยที่การทำงานจะเป็นไปดัง Flow Chart ดังนี้

การจัดเก็บสินค้า



รูปที่ 20 ไดอะแกรมการจัดเก็บสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

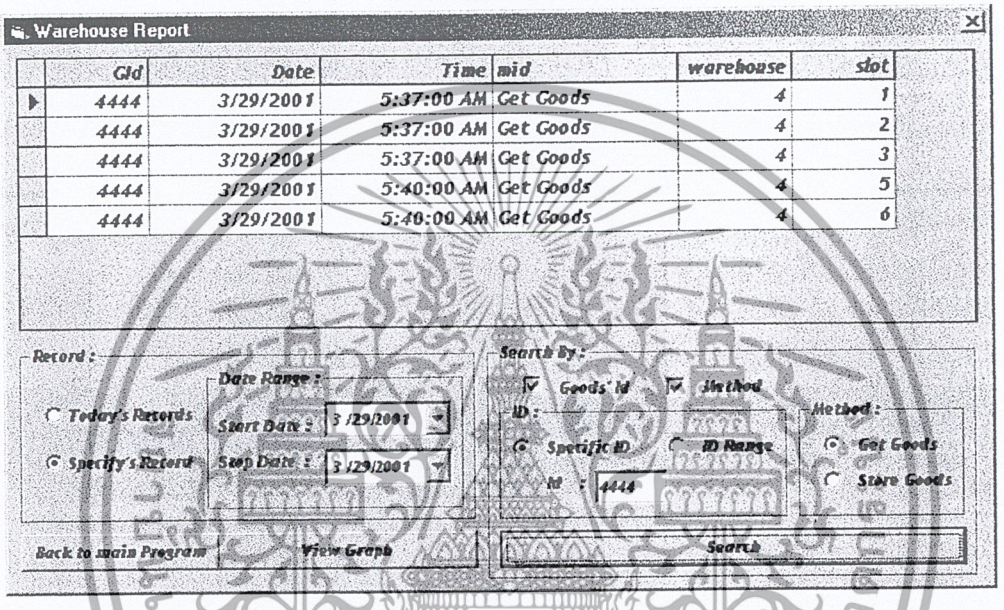
การรับสินค้า

รูปที่ 21 ไดอะแกรมการรับสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II. ส่วนการรายงานการใช้งานเพิ่มเติม

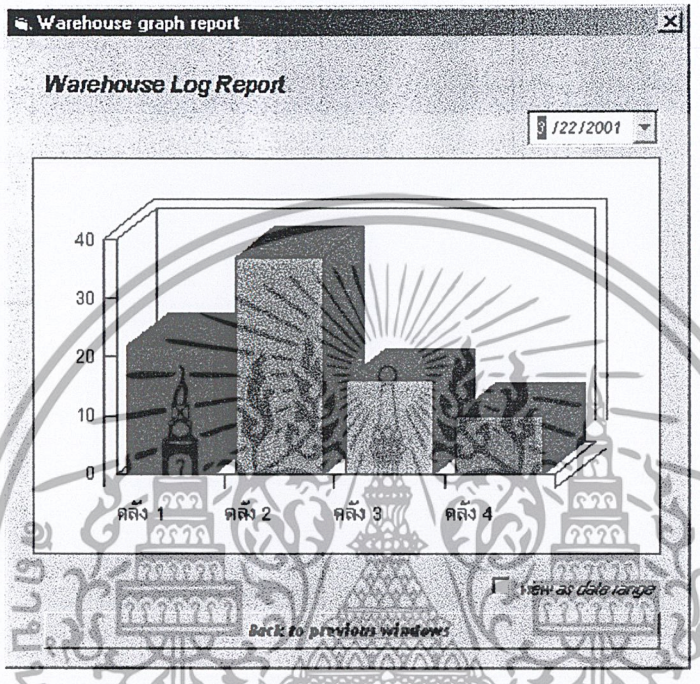
ในส่วนการรายงานการใช้งานเพิ่มเติม ในส่วนนี้จะเป็นการรายงานผล และรายงานการใช้งานซึ่งมีฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ เช่น การดูข้อมูลในอดีต ทั้งจากการระบุช่วงวันที่ที่มีการใช้งาน หรือระบุเป็นรหัสสินค้า เป็นต้น โดยอาศัยการคิวรีตามข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งส่วนการรายงานการใช้งานเพิ่มเติม มีหน้าจอดังภาพ



รูปที่ 22 รายงานการใช้งานเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบซึ่งเป็นการแสดงผลการใช้งานโดยรวมในแต่ละวัน หรือการแสดงผลการใช้งานโดยรวมในช่วงเวลาหนึ่งๆ



รูปที่ 23 การรายงานผลในรูปของกราฟ

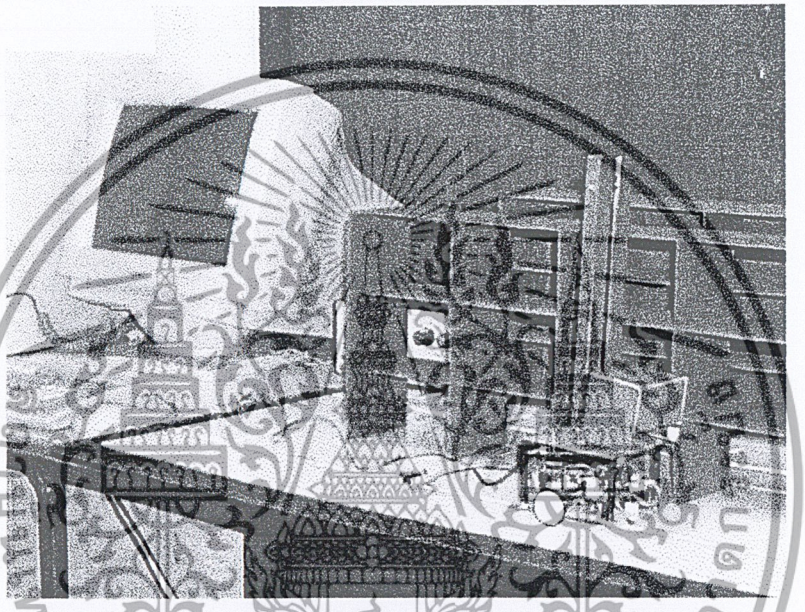
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

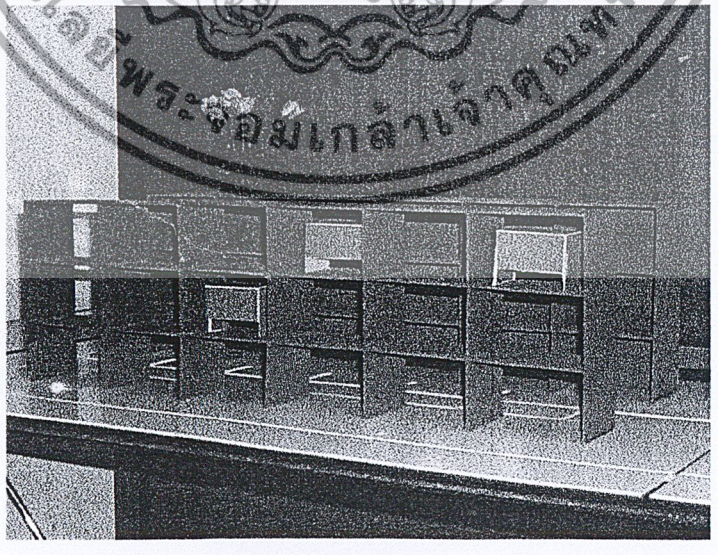
ผลการทดลอง

4.1 การเก็บสินค้าเข้าสู่คลังสินค้า

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน



รูปที่ 24 การติดตั้งอุปกรณ์



รูปที่ 25 คลังสินค้า

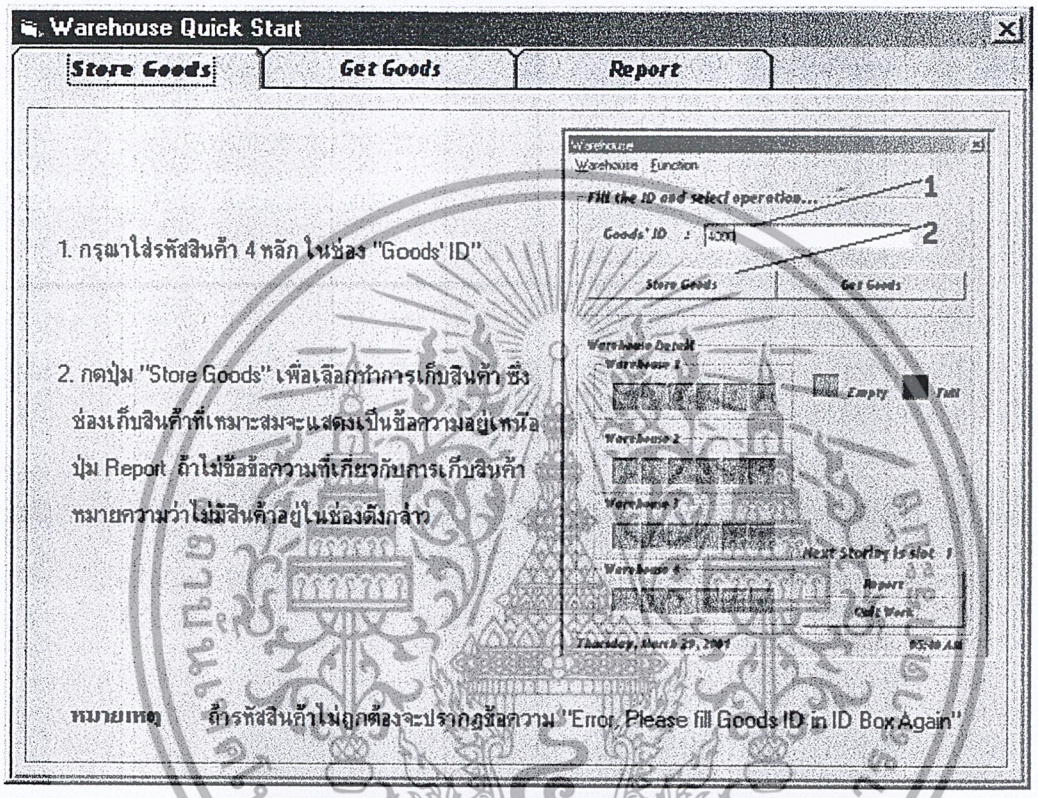
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปิดโปรแกรมเพื่อเริ่มต้นในส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน

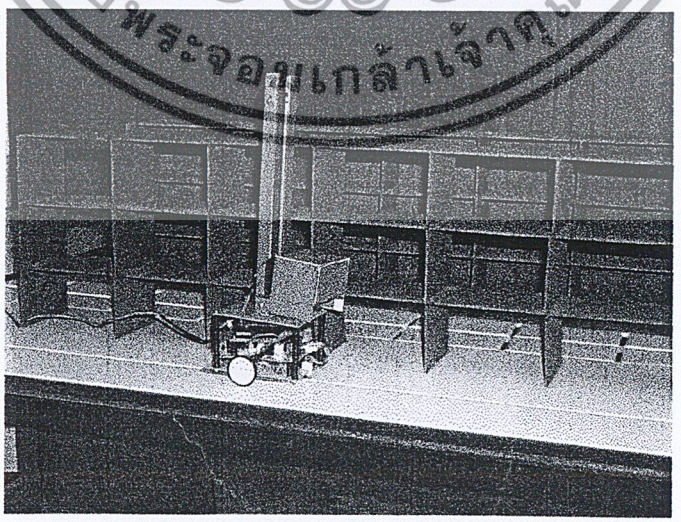
3. ทำการรีเซ็ตค่าในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเตรียมรับข้อมูล

4. ระบุรหัสสินค้า 4 หลักที่ต้องการเก็บ ในช่อง "Goods' ID"

5. กดปุ่ม "Store Goods" เพื่อเลือกทำการเก็บสินค้า



รูปที่ 26 คำแนะนำสำหรับการเก็บสินค้า

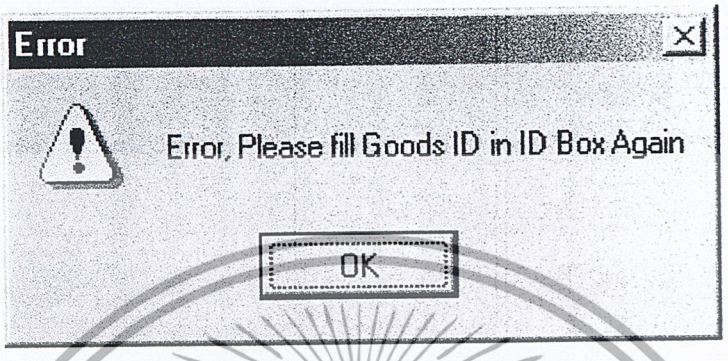


รูปที่ 27 จุดเริ่มต้นการเก็บสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลเพื่อตรวจสอบรหัสสินค้า

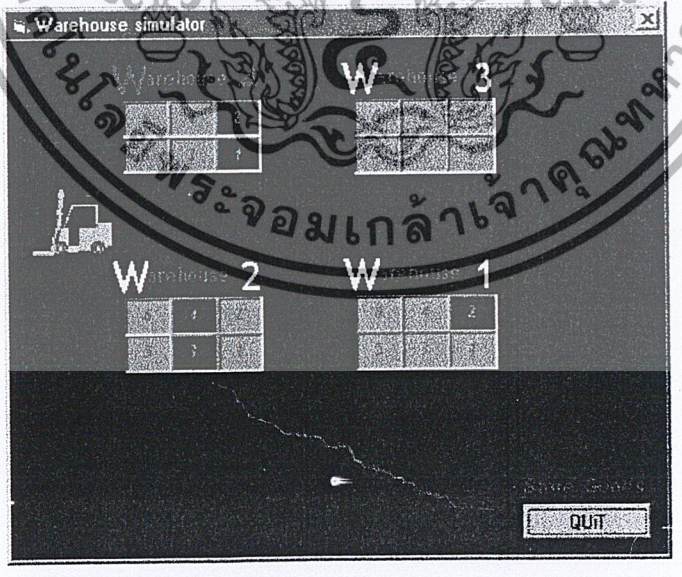
- ถ้ารหัสสินค้าไม่ถูกต้องจะปรากฏกล่องข้อความดังรูป เครื่องคอมพิวเตอร์จะให้ท่านใส่รหัสสินค้าใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 28 กล่องข้อความแสดงความผิดพลาด

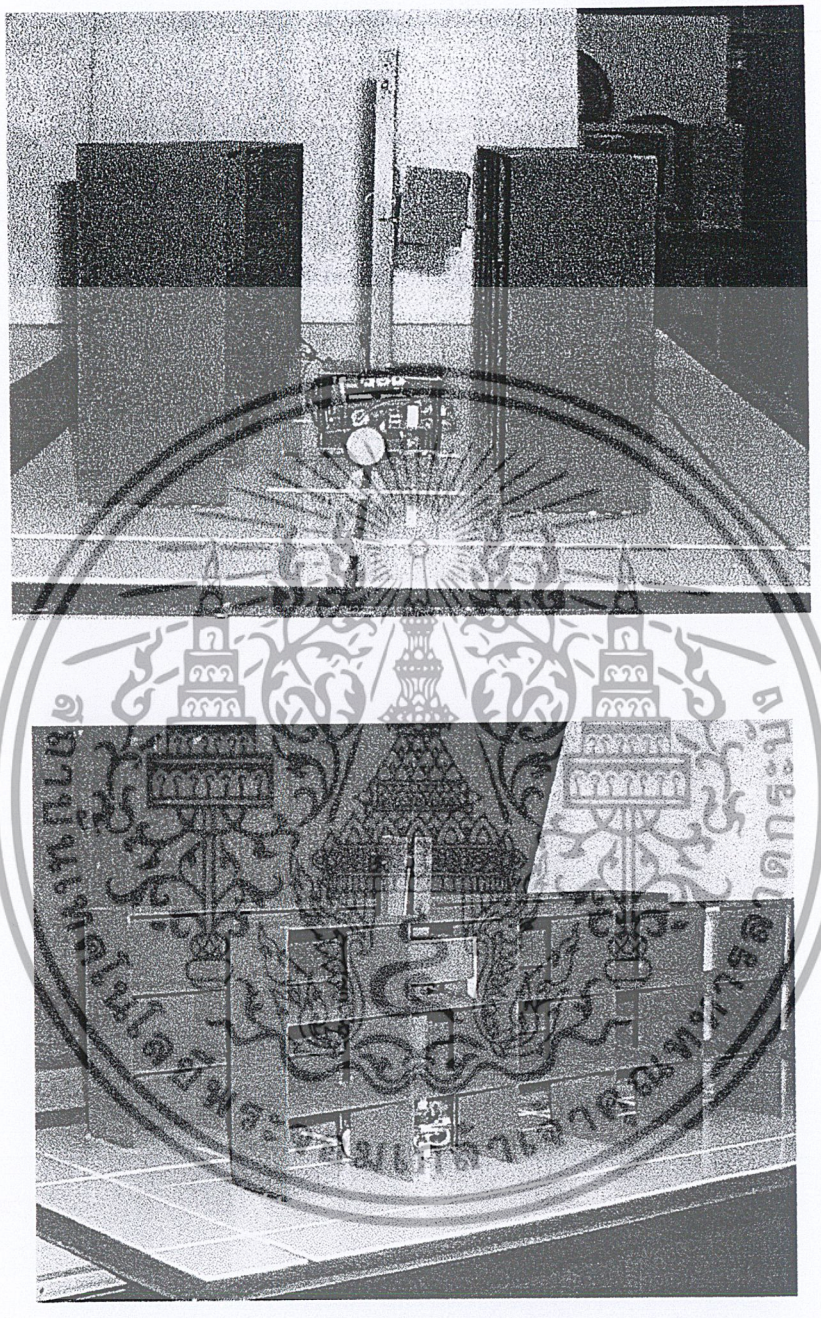
- ถ้ารหัสสินค้าถูกต้องคอมพิวเตอร์จะประมวลผลรหัสสินค้าเพื่อส่งค่าเป็นตัวเลข 8 บิท ส่งให้แก่ คอน โทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลต่อไป

7. รถจะเคลื่อนที่เพื่อนำสินค้าไปเก็บในช่องที่เหมาะสมและย้อนกลับมาที่จุดเริ่มต้นเพื่อรอรับค่าใหม่ต่อไป โดยระหว่างที่รถทำการเก็บสินค้าจะแสดงหน้าจอ Warehouse Simulator ซึ่งจะไฟสีเขียวกระพริบแทนตำแหน่งที่รถจะนำสินค้าไปเก็บ ไฟสีเขียวแสดงช่องเก็บสินค้าที่มีสถานะว่างอยู่ และไฟสีดำแสดงสถานะว่าช่องดังกล่าวมีสินค้าจัดเก็บอยู่แล้ว แสดงดังรูป



รูปที่ 29 หน้าจอ Warehouse Simulator

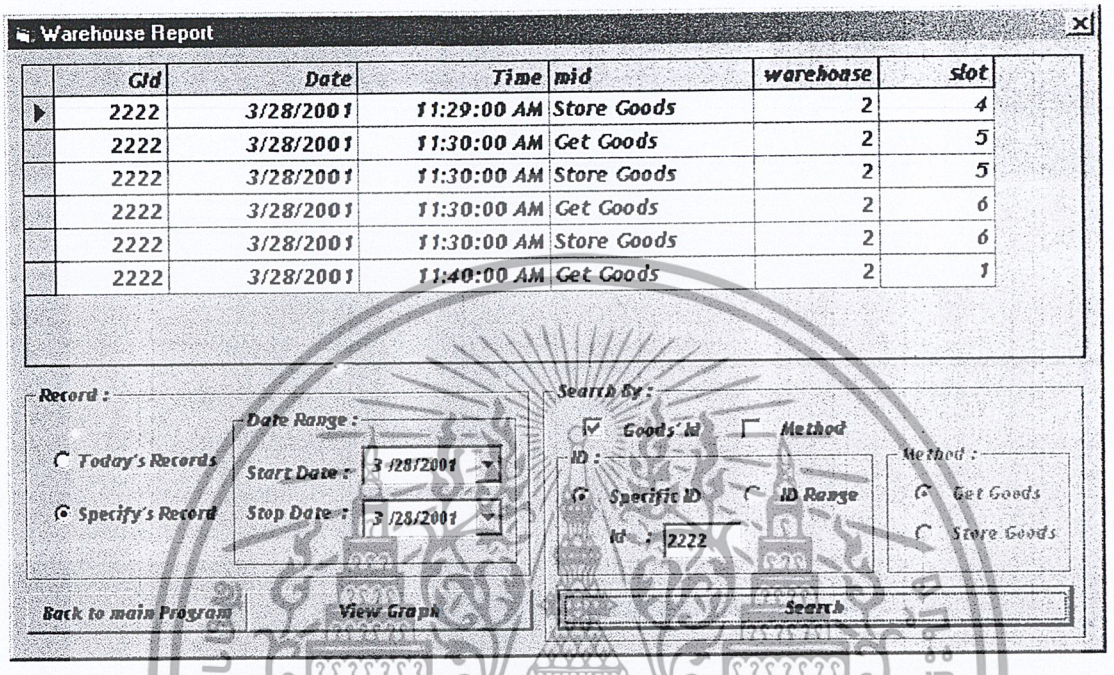
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 30 ขณะทำการเก็บสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. หลังจากทำการเก็บสินค้าแล้ว ท่านสามารถดูข้อมูลย้อนหลังในช่วงวันและเวลาที่ต้องการ โดยการ กดปุ่ม “Report” ที่หน้าจอหลัก ซึ่งหน้าจอการรายงานผลแสดงดังรูป



รูปที่ 31 หน้าจอการรายงานผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การนำสินค้าออกจากคลังสินค้า

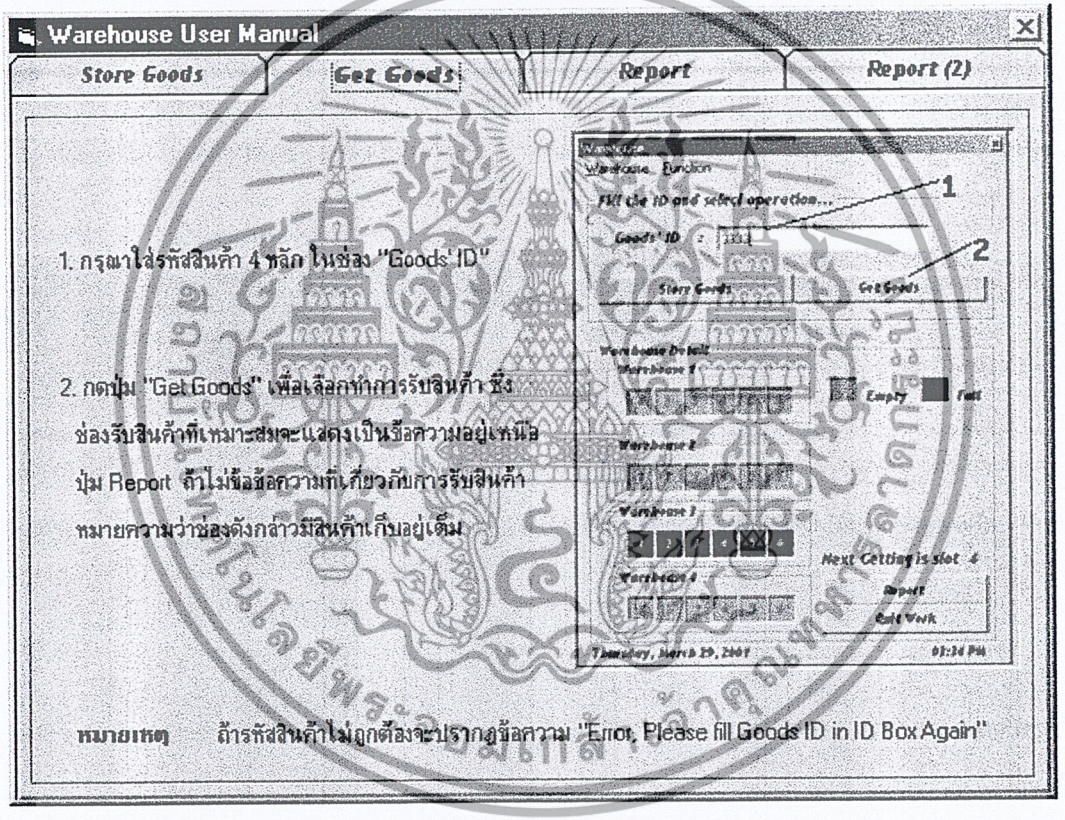
1.ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 24 ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

2. เปิดโปรแกรมเพื่อเริ่มต้นในส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน

3.ทำการรีเซ็ตค่าในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเตรียมรับข้อมูล

4. ระบุรหัสสินค้า 4 หลักที่ต้องการเก็บ ในช่อง "Goods' ID"

5. กดปุ่ม "Get Goods" เพื่อเลือกทำการเก็บสินค้า



รูปที่ 32 คำแนะนำการนำสินค้าออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลเพื่อตรวจสอบรหัสสินค้า

- ถ้ารหัสสินค้าไม่ถูกต้องจะปรากฏกล่องข้อความดังรูปที่ 28 เครื่องคอมพิวเตอร์จะให้ท่านใส่รหัสสินค้าใหม่อีกครั้ง
- ถ้ารหัสสินค้าถูกต้องคอมพิวเตอร์จะประมวลผลรหัสสินค้าเพื่อส่งค่าเป็นตัวเลข 8 บิท ส่งให้แก่ คอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลต่อไป

7. รถจะเคลื่อนที่เพื่อนำสินค้าออกจากช่องที่เหมาะสมและย้อนกลับมาที่จุดเริ่มต้นเพื่อรอรับค่าใหม่ต่อไป โดยระหว่างที่รถทำการเก็บสินค้าจะแสดงหน้าจอ Warehouse Simulator ซึ่งจะไฟสีเขียวกระพริบแทนตำแหน่งที่รถจะนำสินค้าออกมา ไฟสีเขียวแสดงช่องเก็บสินค้าที่มีสถานะว่างอยู่ และไฟสีดำแสดงสถานะว่าช่องดังกล่าวมีสินค้าจัดเก็บอยู่แล้ว แสดงดังรูปที่ 29

8. หลังจากทำการสินค้าออกมาแล้ว ท่านสามารถดูข้อมูลย้อนหลังในช่วงวันและเวลาที่ต้องการ โดยการ กดปุ่ม “Report” ที่หน้าจอหลัก ซึ่งหน้าจอการรายงานผลแสดงดังรูปที่ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

5.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์(Hardware)และซอฟต์แวร์(Software)

- การเขียนโปรแกรมควบคุมการหน่วงเวลาของดีซีมอเตอร์จะลำบากกว่าสเตปปิ้งมอเตอร์เพราะสเตปปิ้งมอเตอร์มีช่วงการหมุนรอบที่แน่นอน แต่ดีซีมอเตอร์จะมีการหมุนที่เรียบกว่า
- การใช้ล้อเพียงสองล้อในการเคลื่อนที่ ทำให้รถสามารถหมุนรอบตัวเองได้ 360 องศา ช่วยให้ประหยัดพื้นที่ในการเลี้ยวได้หรือมีวงเลี้ยวแคบ
- เนื่องจากใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเล็ก ทำให้รับน้ำหนักของรถและสินค้าได้น้อย แต่ทำให้รถมีขนาดเล็กลง จึงทำให้เข้าไปเก็บสินค้าในที่แคบๆหรือที่อยู่ลึกได้
- เครนมีความสูงไม่มากและไม่สามารถยืดออกได้ จึงไม่สามารถรองรับโกดังที่มีความสูงมากได้
- ก่อนจะนำสินค้าไปเก็บสามารถตรวจสอบได้ก่อนว่าสามารถเก็บสินค้านั้นๆได้หรือไม่ เนื่องจากมีการเก็บบันทึกข้อมูลไว้เสมอ เพื่อป้องกันการเก็บสินค้าซ้ำซ้อน
- กำหนดให้รหัสสินค้าที่ป้อนเป็นเลขไบนารีขนาด 8 บิต จึงทำให้ไม่สะดวกนักในการใส่รหัสสินค้า
- การควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยการหน่วงเวลา จะสะดวกต่อการแก้ไข ในกรณีเช่น มีการเปลี่ยนแปลงความสูงของชั้นเก็บสินค้า
- ช่องเก็บสินค้าหนึ่งช่องสามารถเก็บสินค้าได้เพียงหนึ่งชิ้นเท่านั้น
- เนื่องจากร่องทางเดินรถมีขนาดเล็กจึงอาจจะตรวจจับแสงที่สะท้อนได้ไม่ดีเท่าที่ควร แต่ถ้าร่องทางเดินมีขนาดกว้างก็จะทำให้ล้อสะดุดร่องได้ในขณะเลี้ยว
- อาจเสียเวลาในการลำเลียงจัดสินค้าใส่รถ เนื่องจากไม่ระบบสายพานลำเลียง
- **รถสามารถเก็บสินค้าได้เพียงครั้งละหนึ่งชิ้นเท่านั้น ทำให้เสียเวลาในการเก็บในกรณีที่มีสินค้าหลายชิ้นและสิ้นเปลืองพลังงาน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวทางในการพัฒนา

- **ออกแบบให้ตัวมีความทนทานมากขึ้นและใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะสามารถรับน้ำหนักสินค้าได้มากขึ้นและใช้แบตเตอรีเป็นแหล่งจ่ายไฟแทนการต่อสายไฟเลี้ยง**
- **ออกแบบระบบลำเลียงสินค้าไปวางไว้ที่รถ**
- **ใช้ระบบสัญลักษณ์รหัสแท่งในการอ่านรหัสสินค้า**
- เพิ่มโปรแกรมส่วนนำสินค้าออกมา เพื่อให้สามารถทั้งเก็บและนำออกสินค้าออกมาได้
- ออกแบบเครนให้สามารถถอดรหัสชั้นที่เครนเคลื่อนที่ไปได้โดยการออกแบบลายปริ๊นท์เป็นแถบรหัสศูนย์หนึ่งลงบนเครน โดยไม่ต้องทำการหน่วงเวลามอเตอร์ที่เลื่อนเครน
- ติดตั้งเซนเซอร์ที่ปลายขาของที่วางสินค้าบนเครน เพื่อตรวจว่าได้รับสินค้าหรือวางสินค้าเรียบร้อยแล้ว
- ออกแบบเครนให้สามารถเก็บสินค้าในที่สูงขึ้น โดยอาจทำให้เครนสามารถยืดออกได้
- ออกแบบโกดังให้สามารถเก็บสินค้าได้หลายชนิดขึ้น โดยเพิ่มจำนวนโกดัง เนื่องจากในโรงงานจริงต้องมีที่เก็บสินค้าหลายแถว
- พัฒนาโปรแกรมแอสเซมบลีให้รถสามารถเก็บสินค้าได้มากขึ้น เนื่องจากตอนนี้โปรแกรมสามารถให้รถวิ่งได้เส้นทางเดียวคือแถวแรกของโกดังและเก็บสินค้าได้เพียงสองชั้น ดังนั้นอาจพัฒนาโปรแกรมให้เก็บสินค้าได้หลายชั้นและหลายแถว

สรุปงานชิ้นนี้สามารถนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้งานในโรงงานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

SN54/74LS13
SN54/74LS14

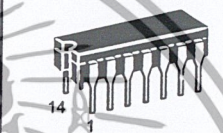
SCHMITT TRIGGERS
DUAL GATE/HEX INVERTER

The SN54LS/74LS13 and SN54LS/74LS14 contain logic gates/inverters which accept standard TTL input signals and provide standard TTL output levels. They are capable of transforming slowly changing input signals into sharply defined, jitter-free output signals. Additionally, they have greater noise margin than conventional inverters.

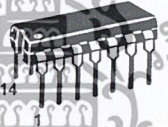
Each circuit contains a Schmitt trigger followed by a Darlington level shifter and a phase splitter driving a TTL totem pole output. The Schmitt trigger uses positive feedback to effectively speed-up slow input transitions, and provide different input threshold voltages for positive and negative-going transitions. This hysteresis between the positive-going and negative-going input thresholds (typically 800 mV) is determined internally by resistor ratios and is essentially insensitive to temperature and supply voltage variations.

SCHMITT TRIGGERS
DUAL GATE/HEX INVERTER

LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06

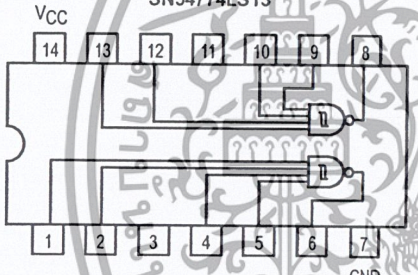
D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02

ORDERING INFORMATION

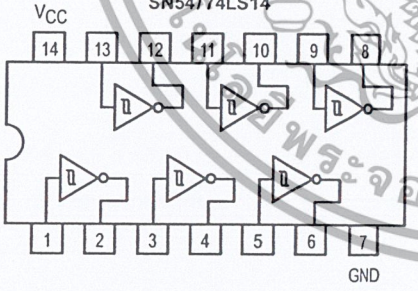
SN54LSXXJ	Ceramic
SN74LSXXN	Plastic
SN74LSXXD	SOIC

LOGIC AND CONNECTION DIAGRAMS

SN54/74LS13



SN54/74LS14



GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	−55 0	25 25	125 70	°C
I_{OH}	Output Current — High	54, 74			−0.4	mA
I_{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Complementary Silicon Plastic Power Transistors

. . . designed for use in general purpose amplifier and switching applications.

- Collector–Emitter Saturation Voltage —
  $V_{CE(sat)}$ = 1.5 Vdc (Max) @ I_C = 6.0 Adc
- Collector–Emitter Sustaining Voltage —
  $V_{CEO(sus)}$ = 60 Vdc (Min) — TIP41A, TIP42A
  = 80 Vdc (Min) — TIP41B, TIP42B
  = 100 Vdc (Min) — TIP41C, TIP42C
- High Current Gain — Bandwidth Product
  f_T = 3.0 MHz (Min) @ I_C = 500 mAdc
- Compact TO–220 AB Package

NPN
TIP41A
TIP41B*
TIP41C*
PNP
TIP42A
TIP42B*
TIP42C*

*ON Semiconductor Preferred Device

6 AMPERE POWER TRANSISTORS COMPLEMENTARY SILICON 60–80–100 VOLTS 65 WATTS

CASE 221A–06
TO–220AB

***MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	TIP41A TIP42A	TIP41B TIP42B	TIP41C TIP42C	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	60	80	100	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CB}	60	80	100	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EB}	5.0			Vdc
Collector Current — Continuous Peak	I_C	6 10			Adc
Base Current	I_B	2.0			Adc
Total Power Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D	65 0.52			Watts W/°C
Total Power Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	2.0 0.016			Watts W/°C
Unclamped Inductive Load Energy (1)	E	62.5			mJ
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	–65 to +150			°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.92	°C/W

(1) I_C = 2.5 A, L = 20 mH, P.R.F. = 10 Hz, V_{CC} = 10 V, R_{BE} = 100 Ω.

Preferred devices are ON Semiconductor recommended choices for future use and best overall value.

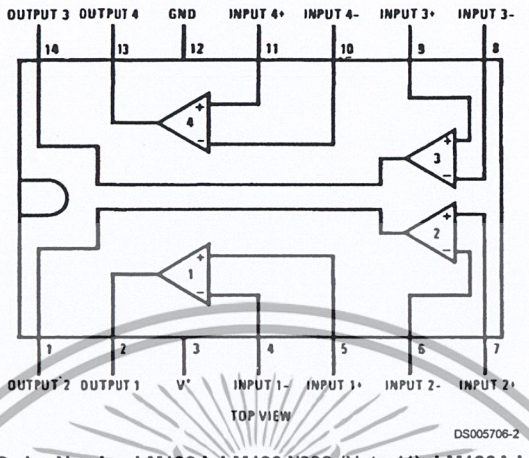
© Semiconductor Components Industries, LLC, 2001

February, 2001 – Rev. 2
Publication Order Number:
TIP41A/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

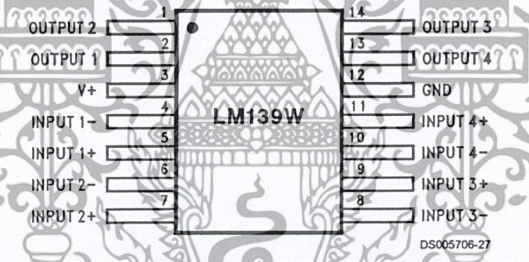
Connection Diagrams

Dual-In-Line Package



DS005706-2

Order Number LM139J, LM139J/883 (Note 11), LM139AJ, LM139AJ/883 (Note 12), LM239J, LM239AJ, LM339J
See NS Package Number J14A
Order Number LM339AM, LM339AMX, LM339M, LM339MX or LM2901M
See NS Package Number M14A
Order Number LM339N, LM339AN, LM2901N or LM3302N
See NS Package Number N14A



DS005706-27

Order Number LM139AW/883 or LM139W/883 (Note 11)
See NS Package Number W14B,
LM139AWGRQMLV (Note 13)
See NS Package Number WG14A

Note 11: Available per JM38510/11201
Note 12: Available per SMD# 5962-8873901
Note 13: See STD Mil Dwg 5962R96738 for Radiation Tolerant Device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

August 2000

National Semiconductor

LM124/LM224/LM324/LM2902
Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional ±15V power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

Advantages

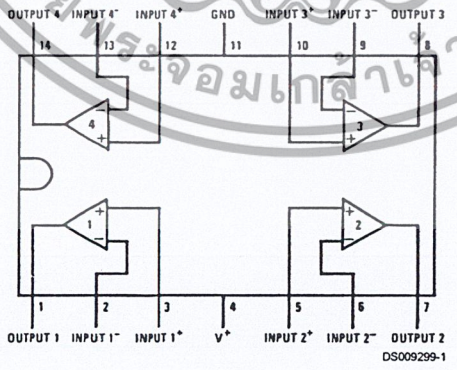
- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
  Single supply 3V to 32V
  or dual supplies ±1.5V to ±16V
- Very low supply current drain (700 µA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to V^+ − 1.5V

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV(Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124 available per JM38510/11005

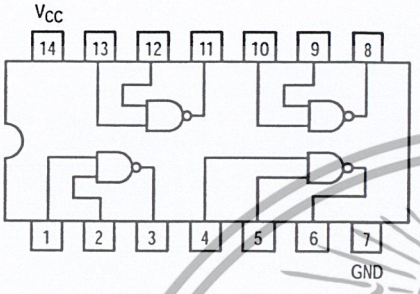
© 2000 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN74LS00

Quad 2-Input NAND Gate

- ESD > 3500 Volts

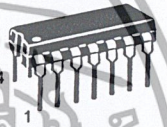


ON Semiconductor
Formerly a Division of Motorola
http://onsemi.com

LOW POWER SCHOTTKY

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
I_{OH}	Output Current – High			−0.4	mA
I_{OL}	Output Current – Low			8.0	mA



PLASTIC
N SUFFIX
CASE 646

SOIC
D SUFFIX
CASE 751A

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
SN74LS00N	14 Pin DIP	2000 Units/Box
SN74LS00D	14 Pin	2500/Tape & Reel

© Semiconductor Components Industries, LLC, 1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

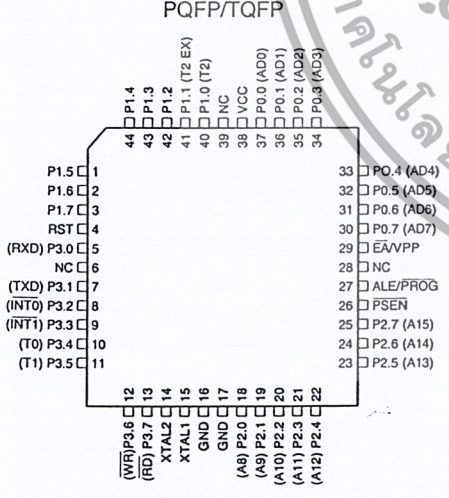
Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

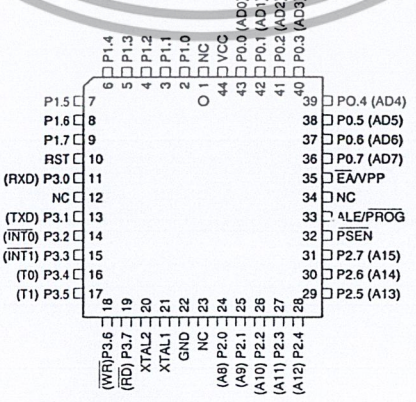
Pin Configurations

PDIP

PQFP/TQFP



PLCC



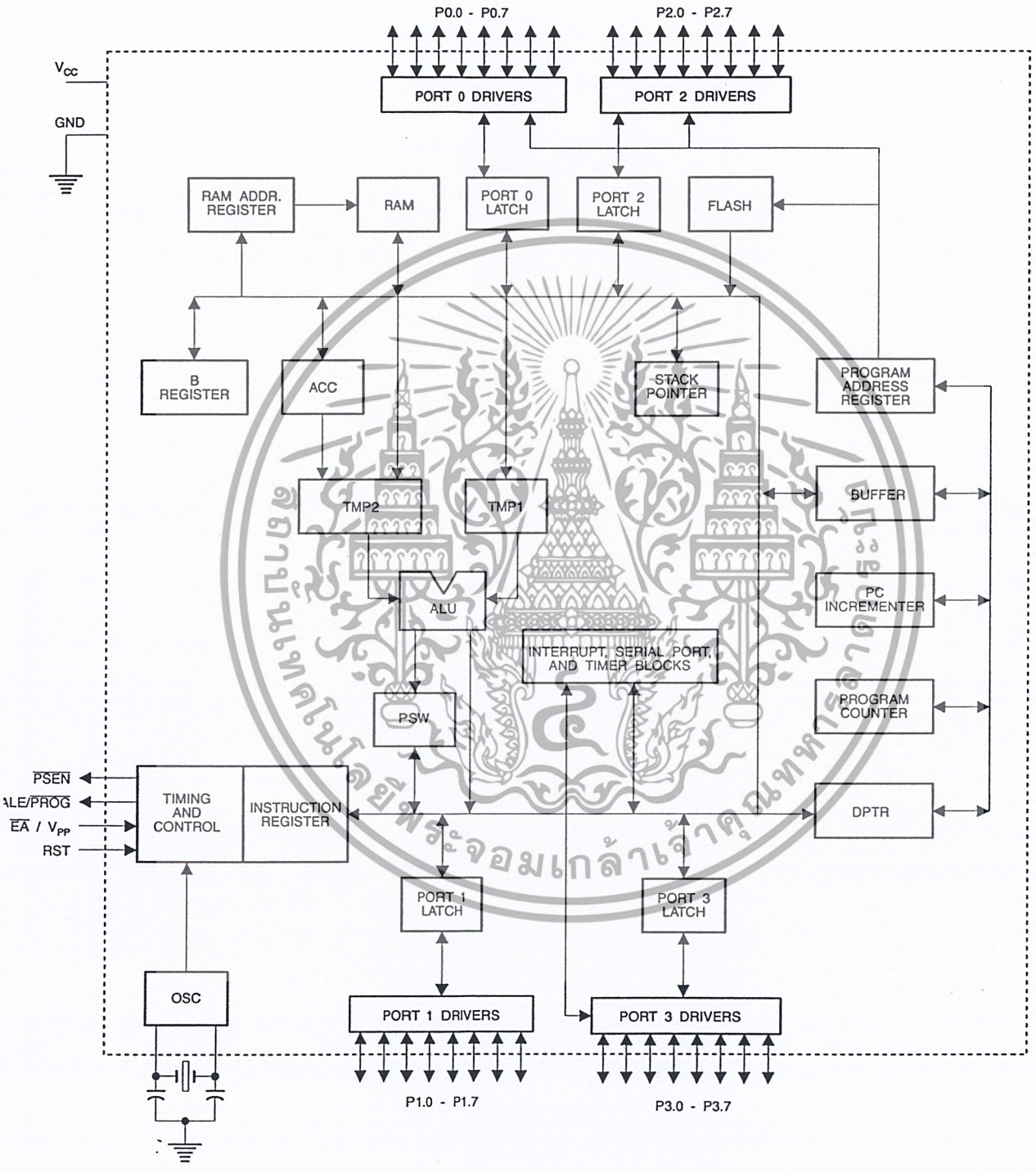
8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

Rev. 0265G–02/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power-down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open-drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{\text{PSEN}}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{\text{EA}}$/VPP

External Access Enable. $\overline{\text{EA}}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{\text{EA}}$ will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP}.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

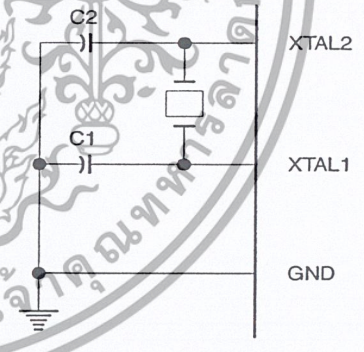
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



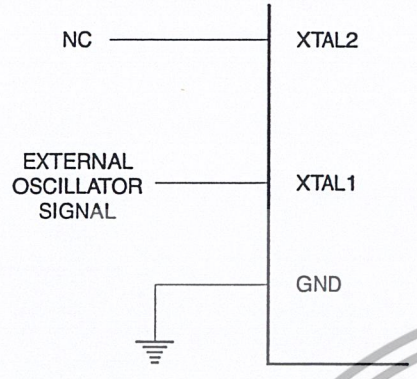
Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{\text{PSEN}}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Power-down Mode

In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				
	LB1	LB2	LB3	Protection Type
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12V	V_{PP} = 5V
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) =F FH	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = 05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 3 and Figure 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89C51 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ORG 0000H
        MOV SCON,#50H
        MOV TMOD,#20H
        MOV TH1,#0FDH
        SETB TR1

;******WAIT FOR DATA*******

LOOP:
        MOV P0,#00000000B
        JBC RI,RECV
        SJMP LOOP

RECV:
        MOV R7,SBUF
        ACALL START1
        MOV SBUF,R7
        JNB TI,$
        CLR TI
        SJMP LOOP

;******START WORKING*******

START1:
        MOV P0,#11000000B       ;STOP
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-12
        DJNZ R1,$-11
        MOV R2,#2
TURN1:
        MOV P0,#00001011B       ;GO STRAIGTH
        JB P2.0,$
        JNB P2.1,$
        MOV P0,#10000000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-10
        DJNZ R1,$-9

        MOV P0,#00001010B       ;TURN LEFT
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-15
        DJNZ R1,$-14
        MOV P0,#11001010B
        JNB P2.0,$
        MOV P0,#00001011B       ;GO
        DJNZ R2,TURN1

SOI:
        MOV A,#00000111B
        ANL A,R7
        MOV R3,A
SOI1:
        MOV P0,#00001011B
        JB  P2.1,$
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-3
        DJNZ R1,$-2
        JNB P2.1,$
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DJNZ R0,$-1
        DJNZ R1,$
        DJNZ R3,SOI1
        MOV R3,A

L_R:
        MOV A,#00001000B
        ANL A,R7
        MOV R4,A
        CJNE R4,#0,RIGHT
LEFT:
        MOV P0,#10000000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-10
        DJNZ R1,$-9

        MOV P0,#00001010B       ;TURN LEFT
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-13
        DJNZ R1,$-12
        MOV P0,#11001010B
        JNB P2.0,$
        MOV P0,#00001010B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-3
        DJNZ R1,$-2

        JMP CRENE
RIGHT:
        MOV P0,#10000000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
NOP
DJNZ R0,$-10
DJNZ R1,$-9

MOV P0,#00001111B          ;TURN RIGHT
MOV R1,#0FFH
MOV R0,#0FFH
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
DJNZ R0,$-13
DJNZ R1,$-12
MOV P0,#11001111B
JNB P2.0,$
MOV P0,#00001111B
MOV R1,#0FFH
MOV R0,#0FFH
NOP
NOP
NOP
 NOP
DJNZ R0,$-4
DJNZ R1,$-3

;******CRENE GO UP******
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CRENE:
;********LEVEL**********
        MOV A,#01110000B
        ANL A,R7
        MOV R5,A

;********IN/OUT*********
        MOV A,#10000000B
        ANL A,R7
        CJNE A,#0,OUT
        CJNE R5,#20H,IN

IN:
        CJNE R5,#20H,FIRST_IN

SECOND_IN:
        MOV R6,#10

FIRST_IN:
        MOV P0,#00100000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-4
        DJNZ R1,$-3
        CJNE R5,#20H,GO
        DJNZ R6,FIRST_IN
        JMP GO

OUT:
        CJNE R5,#20H,FIRST_OUT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SECOND_OUT:

        MOV R6,#6
OUT1:
        MOV P0,#00100000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-5
        DJNZ R1,$-4
        DJNZ R6,OUT1
        JMP GO
FIRST_OUT:
        MOV P0,#00100000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        DJNZ R0,$-1
         DJNZ R1,$

GO:
        MOV P0,#00001011B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-10
        DJNZ R1,$-9

;******GO IN***********

        JB P2.0,$
        MOV P0,#10000000B       ;LOCK UP
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-10
        DJNZ R1,$-9
        MOV P0,#00001011B       ; GO IN
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-9
        DJNZ R1,$-8

;******PUT*******

        MOV A,#10000000B
        ANL A,R7
        CJNE A,#0,UP

DOWN:
        MOV P0,#00110000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-5
        DJNZ R1,$-4
        JMP BACK
UP:
        MOV P0,#00100000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-10
        DJNZ R1,$-9

;******GO OUT********

BACK:
        MOV P0,#11001110B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-8
        DJNZ R1,$-7
        JNB P2.1,$
        MOV P0,#10000000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-12
        DJNZ R1,$-11

        CJNE R4,#0,RIGHT1
LEFT1:
        MOV P0,#00001111B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-4
        DJNZ R1,$-3
        MOV P0,#11001111B
        JNB P2.0,$
        MOV P0,#00001011B
        JMP TO_START
RIGHT1:
        MOV P0,#00001010B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-4
        DJNZ R1,$-3
        MOV P0,#11001010B
        JNB P2.0,$
        MOV P0,#00001011B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*******BACK TO START********

TO_START:

        MOV A,#6
        SUBB A,R3
        MOV R3,A
        CJNE R3,#0,GO_AHEAD

        JMP TURN2

GO_AHEAD:

        MOV P0,#00001011B
        JB  P2.1,$
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-5
        DJNZ R1,$-4
        JNB P2.1,$
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-5
        DJNZ R1,$-4
        DJNZ R3,GO_AHEAD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TURN2:
        MOV R2,#2
TURN3:
        MOV P0,#00001011B          ;GO STRAIGTH
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-10
        DJNZ R1,$-9

        JB P2.0,$
        JNB P2.1,$
        MOV P0,#10000000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DJNZ R1,$-9

MOV P0,#00001010B          ;TURN LEFT
MOV R1,#0FFH
MOV R0,#0FFH
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
DJNZ R0,$-13
DJNZ R1,$-12

MOV P0,#11001010B
JNB P2.0,$
MOV P0,#00001011B          ;GO
DJNZ R2,TURN3

MOV P0,#00001011B
MOV R1,#0FFH
MOV R0,#0FFH
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-15
        DJNZ R1,$-14
        JB P2.0,$

;*******CRENE GO DOWN********

        CJNE R5,#20H,FIRST1

SECOND1: MOV R6,#14

FIRST1:
        MOV P0,#00110000B
        MOV R1,#0FFH
        MOV R0,#0FFH
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R0,$-6
        DJNZ R1,$-5
        CJNE R5,#20H,STOP
        DJNZ R6,FIRST1
STOP:
        MOV P0,#00000000B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JMP $

END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดามารดาของพวกเราทุกคนที่ให้กำเนิดเลี้ยงดู และให้การศึกษาแก่พวกเรา

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความรู้ความช่วยเหลือแก่พวกเราทุกคนตลอดเวลา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ชนินทร์ บุญลักษณานุสรณ์ ที่ให้คำตอบ และความรู้ที่เป็นประโยชน์ตลอดจนคอยถามไถ่อยู่เสมอ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน และสถาบันแห่งนี้ ที่ให้ความรู้ และอบรมสั่งสอนพวกเรามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ ห้องธุรการ และห้องสโตร์ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกเรื่องต่าง ๆ โดยเฉพาะการเบิกเงิน และอุปกรณ์ต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาคอิเล็กทรอนิกส์ ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ยืมอุปกรณ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

(REFERENCE)

1. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จำลอง ครูอุตสาหะ, "Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์", หจก. ไทยเจริญการพิมพ์, 621 หน้า, 2543
2. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, "ออปโต้อิเล็กทรอนิกส์แลบ บทที่ 2 โฟโต้ไดโอด", วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 159, พฤษภาคม 2539, หน้า 108-111
3. ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์, "คู่มือการใช้ประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ เอ็มซีเอส-51", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 380 หน้า, 2537
4. Maxim Data sheet, Maxim Integrated Products, Inc., 2000
5. Microcontroller AT89C51 Data sheet, Atmel Corporation, 2000
6. Motorola Semiconductor Data sheet, Motorola Inc., 2001
7. National Semiconductor Data sheet, National Semiconductor Corporation, 2001
8. On Semiconductor Data sheet, Semiconductor Companies, LLC.,2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้