สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

CAR PARKING SYSTEM USING MICROCONTROLLER

โดย

นางสาวเยาวธิดา ไกรนาม

นายรฐพล ภักดีวงศ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72712
วัน,เดือน,ปี 22 มิ.ย. 2550

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

CAR PARKING SYSTEM USING MICROCONTROLLER

ผู้จัดทำ นางสาวเยาวธิดา ไกรนาม 46010622

นายรฐพล ภักดีวงศ์ 46010624

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ธวัชชัย คำศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

โดย
นางสาวเยาวธิดา ไกรนาม 46010622
นายรฐพล ภักดีวงศ์ 46010624

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ธวัชชัย คำศรี

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอทฤษฎีและการออกแบบระบบอาคารจำลองที่จอดรถอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยโครงสร้างของระบบอาคารจำลองประกอบไปด้วยส่วนอาคารจำลองที่จอดรถ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมระบบ และแผงปุ่มกดในการเลือกตำแหน่งที่จอดรถ จุดมุ่งหมายของโครงงานนี้ คือการแก้ไขปัญหาที่จอดรถที่มีไม่เพียงพอและอำนวยความสะดวกได้ไม่ดีพอ ด้วยการสร้างอาคารจำลองที่จอดรถที่สามารถนำรถไปยังตำแหน่งที่จอดรถได้โดยอัตโนมัติโดยการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมระบบมอเตอร์และสายพานในอาคาร

ขั้นตอนการดำเนินงาน เริ่มจากการออกแบบระบบและประกอบโครงสร้างของอาคารจำลองที่จอดรถ ศึกษาและออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องใช้ในการควบคุมระบบมอเตอร์ สายพานและเซนเซอร์ แล้วทำการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาซี โดยเมื่อผู้ใช้บริการนำรถมาจอดไว้ที่ชั้นล่าง จะมีอุปกรณ์มาเคลื่อนย้ายรถไปยังที่จอดชั้นต่างๆที่ว่างอยู่ โดยอัตโนมัติ ผู้ใช้บริการเพียงกดปุ่มเลือกตำแหน่งที่จอดที่มีไฟแสดงสถานะว่าง และเมื่อต้องการนำรถออก ผู้ใช้บริการก็เพียงกดปุ่มที่ตำแหน่งที่ได้จอดรถไว้ที่ทางออก ระบบจะนำรถมาไว้ที่ทางออกโดยอัตโนมัติ ซึ่งในแต่ละตำแหน่งที่จอดนั้นจะมีเซนเซอร์ในการควบคุมการเคลื่อนที่และการหยุดของมอเตอร์ที่ควบคุมสายพาน และเซนเซอร์ที่ควบคุมมอเตอร์การเคลื่อนที่และการหยุดของแท่นยกรถขึ้นลงในแต่ละชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAR PARKING SYSTEM USING MICROCONTROLLER

By

Miss Yaovatida Krainam

Mr. Rathapon Phakdeewong

Advisor

Thawatchai Kamsri

Academic Year 2006

ABSTRACT

This research presents theories and methods of designing system for automatic parking building model, controlled by microcontroller. The model consists of parking building mode, control system's electronic circuit and panel for choosing parking location. The objective of this study is to resolve problem of not enough parking space and not effective convenience service, by create parking building model where cars can be parked automatically controlled by micro controller which control motor and convey in the building.

The research methodology started from design the system and construction of parking building, followed by study and design electronics circuit which control motor, convey and sensor system. The computer program was written by using C language. When customer parks the car at ground level, there will be a machine to automatically move the car to other levels where the space available. The customer just presses the button to choose the location which lighted and stated the available space. When the customer wants to take the car, the customer just press the button which located the parking location at the exit. The system will automatically move the car to the exit. Each of parking space will have sensor which control movement of covey's motor and movement's motor in each floor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถประสบความสำเร็จได้นั้น อันเนื่องมาจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดี จาก อาจารย์ธวัชชัย คำศรี ที่ได้กรุณาสละเวลามากมายในการคอยช่วยให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่เริ่มต้น รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็น และความช่วยเหลืออื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ และขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหา ให้กำลังใจ ให้การชื่นชมยินดี รวมทั้งคอยช่วยเหลือสนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือมาตลอด

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงให้การสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆจนทำให้โครงงานนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์

ผู้จัดทำ
นางสาวเยาวธิดา ไกรนาม
นายรฐพล ภักดีวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	2
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงาน	4
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน	4
1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และความรู้ที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 แนวคิดของชิ้นงาน	7
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	8
2.2.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์	8
2.2.2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์	9
2.2.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์	9
2.2.2.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์	10
2.2.2.3 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต	12
2.2.2.4 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต	13
2.2.2.5 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต	13
2.2.2.6 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต	14
2.2.2.7 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	14
2.2.3 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์	15
2.2.3.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	15
2.2.3.2 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรม	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.3.3 การเขียนโปรแกรมภาษาซีติดต่อกับพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์	23
2.3 วงจรเซ็นเซอร์	25
2.3.1 แอลอีดี	26
2.3.2 แอลดีอาร์	26
2.4 มอเตอร์กระแสตรง	27
2.5 สเต็ปปิงมอเตอร์	28
บทที่ 3 หลักการออกแบบ	34
3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	35
3.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบหลัก	35
3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบในแต่ละชั้นของอาคารที่จอดรถ	36
3.1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมหน่วยแสดงผล	37
3.1.4 หน่วยควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและสเตปปิงมอเตอร์	37
3.2 โครงสร้างทางกายภาพของอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	38
3.2.1 แผงควบคุมอาคารสำหรับผู้ใช้งาน	38
3.2.2 การออกแบบโครงสร้างอาคาร	39
3.2.3 การติดตั้ง มอเตอร์ สายพาน และ เซนเซอร์	40
3.2.4 ลิฟต์ยกรถไปในชั้นต่างๆ	40
3.2.5 การติดตั้งสเต็ปปิงมอเตอร์	41
บทที่ 4 ขั้นตอนการทำงาน การใช้งานและการแสดงผล	43
4.1 การนำรถเข้าอาคารจอดรถ	43
4.2 การนำรถออกจากอาคารจอดรถ	48
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	52
5.1 สรุปโครงงาน	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข	52
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา	53
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	55
ก.1 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมระบบหลัก	55
ก.1.1 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อยที่ควบคุมการนำรถเข้าจอดในตัวอาคาร	56
ก.1.2 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อยที่ควบคุมการนำรถออกจากตัวอาคาร	57
ก.1.3 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อยสแกนคีย์	58
ก.2 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเอร์ที่ควบคุมระบบในแต่ละชั้น	59
ก.3 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเอร์ที่ควบคุมหน่วยแสดงผล	59
ภาคผนวก ข แผนภาพวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์	60
ภาคผนวก ค เอกสารคู่มืออิเล็กทรอนิกส์	64
ค.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน L293D	64
ค.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน LM324N	68
ค.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน 74HC573	73
ค.4 เอกสารคู่มือการใช้งาน BC557	77
เอกสารอ้างอิง	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 โครงสร้างของอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	1
1.2 สถานที่ที่มีที่จอดรถไม่เพียงพอ	2
1.3 ห้างร้านขนาดใหญ่ที่ผู้ใช้ต้องเสียเวลาหาที่จอด	2
1.4 เส้นทางของที่จอดรถที่ไม่สะดวกต่อการจอดรถ	3
1.5 อาคารจอดรถทั่วไปที่ผู้คนสามารถเดินผ่านไปมาได้	3
1.6 อาคารจอดรถกลางแจ้งไม่มีที่กันแดดและน้ำฝน	4
2.1 อาคารเก็บรถยนต์ของบริษัทโฟล์ค สวาเกน	7
2.2 โมเดลอาคารจอดรถของต่างประเทศ	8
2.3 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	9
2.4 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx	10
2.5 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	10
2.6 รูปแบบของรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม	16
2.7 รูปแบบของรีจิสเตอร์เลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์	18
2.8 วงจรเซนเซอร์	25
2.9 แอลอีดี	26
2.10 แอลดีอาร์	26
2.11 มอเตอร์กระแสตรง	27
2.12 มอเตอร์กระแสตรงที่เลือกใช้	27
2.13 สเต็ปปิงมอเตอร์	28
2.14 โครงสร้างภายในสเต็ปปิงมอเตอร์	28
2.15 การควบคุมระบบสเต็ปปิงมอเตอร์	29
2.16 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเตปปิงมอเตอร์	30
2.17 วงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปปิงมอเตอร์	30
2.18 สเต็ปปิงมอเตอร์ที่เลือกใช้	31
3.1 แผนภาพรวมแสดงการทำงานของอาคารจำลองที่จอดรถ	34
3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบหลัก	36
3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมเฉพาะในแต่ละชั้น	36
3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมหน่วยแสดงผล	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 L293D ตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์	38
3.6 แผงควบคุมอาคารสำหรับผู้ใช้งาน	39
3.7 โครงสร้างอาคารจำลองที่จอดรถ	39
3.8 การติดตั้งมอเตอร์ เฟือง สายพาน เซนเซอร์	40
3.9 ลิฟต์ยกและระบบขับเคลื่อนลิฟต์ยก	41
3.10 การติดตั้งสเตปปิ้งมอเตอร์ที่ลิฟต์ยก	41
4.1 เซเวน-เซกเมนท์แสดงจำนวนช่องจอดว่าง 18 ช่องจอด	43
4.2 ตำแหน่งทางเข้าของที่จอดรถ	43
4.3 จอแอลซีดีแสดงข้อความขาเข้า	44
4.4 หลอดแอลอีดีแสดงสถานะของช่องจอด	44
4.5 รถเคลื่อนที่จากตำแหน่งทางเข้าไปยังแท่นยกรถตรงกลาง	45
4.6 รถเคลื่อนที่ขึ้นไปยังชั้นที่ได้เลือกตำแหน่งช่องจอดไว้	45
4.7 สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนเพื่อให้รถตรงกับตำแหน่งช่องจอดที่ต้องการ	46
4.8 รถเคลื่อนที่จากตำแหน่งแท่นยกรถตรงกลางไปยังตำแหน่งช่องจอดที่ได้เลือกไว้	46
4.9 หลอดแอลอีดีแสดงสถานะของช่องจอดติด	47
4.10 แท่นยกรถเคลื่อนที่ลงมายังตำแหน่งทางเข้าเพื่อรอรับรถคันต่อไป	47
4.11 เซเวน-เซกเมนท์เปลี่ยนเลข แสดงจำนวนช่องจอด	48
4.12 จอแอลซีดีแสดงข้อความ	48
4.13 ผู้ใช้บริการกดปุ่มเลือกตำแหน่งที่ได้จอดรถ	49
4.14 รถเคลื่อนที่จากตำแหน่งช่องจอดที่ไปยังแท่นยกรถตรงกลาง	49
4.15 หลอดแอลอีดีแสดงสถานะของช่องจอดดับ	50
4.16 รถเคลื่อนลงไปยังตำแหน่งช่องทางออก	50
4.17 สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนเพื่อให้รถตรงกับตำแหน่งช่องทางออก	51
4.18 รถเคลื่อนที่จากตำแหน่งแท่นยกรถตรงกลางไปยังตำแหน่งช่องทางออก	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์ TMOD เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 ทำงานเป็นไทเมอร์	21
2.2 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์ TMOD เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 ทำงานเป็นเคาน์เตอร์	21
2.3 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์ TMOD เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ทำงานเป็นไทเมอร์	22
2.4 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์TMOD เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ทำงานเป็นเคาน์เตอร์	22
2.5 ขั้นตอนการทำงานของสเต็ปมอเตอร์แบบเวฟ	32
2.6 ขั้นตอนการทำงานของสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส	32
2.7 ขั้นตอนการทำงานของสเต็ปมอเตอร์แบบครึ่งเฟส	33

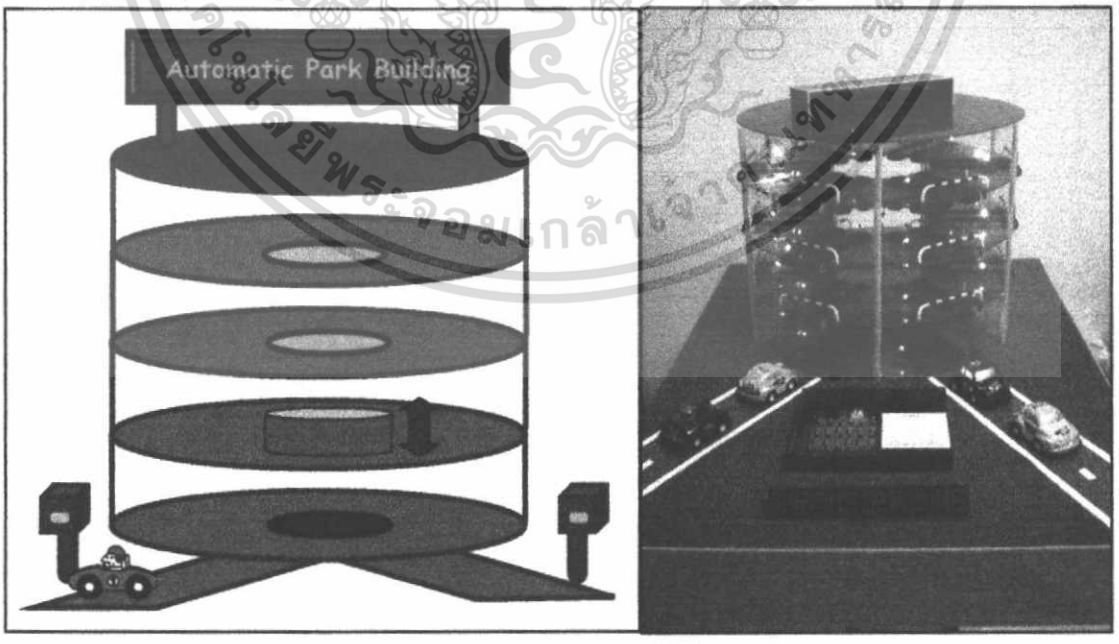
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในสภาพแวดล้อมของกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน หรือในสภาพเมืองหลวงขนาดใหญ่โดยทั่วไป จะสังเกตเห็นได้ว่าปัญหาการจราจรนั้น เป็นปัญหาที่พบเห็นได้อยู่เสมอ อันเนื่องมาจากปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี และปัญหาที่ตามมาคือปัญหาในเรื่องที่จอดรถ ที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการของปริมาณรถที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งยังขาดความสะดวกสบายเท่าที่ควร

ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้จัดทำขึ้นมา เพื่อศึกษาปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น และทำการสร้างโครงสร้างอาคารจำลอง ในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหา และอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ซึ่งโครงงานนี้เป็นระบบอาคารจอดรถอัตโนมัติ โดยที่ผู้ใช้บริการไม่ต้องนำรถขึ้นไปหาที่จอดด้วยตัวเอง ระบบของอาคารจะทำการนำรถไปยังที่จอดที่ว่างอยู่โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งแสดงภาพโครงสร้างของอาคารจำลองที่จอดรถที่ได้ออกแบบ โดยเลือกใช้การควบคุมระบบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นตัวควบคุมที่หาซื้อได้ง่าย และราคาไม่สูงรวมทั้งยังเป็นหนึ่งในวิชาเรียนในภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ซึ่งจะควบคุมการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านทางโปรแกรมภาษาซี ซึ่งมีความเร็วในการทำงานสูงใกล้เคียงกับภาษาแอสเซมบลีแต่มีความซับซ้อนในเรื่องโครงสร้างของภาษาน้อยกว่า



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปริมาณรถที่เพิ่มขึ้นในท้องถนนได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในใจกลางเมือง ซึ่งปัญหาที่ตามมาก็คือ ปัญหาที่จอดรถ ที่มีไม่เพียงพอต่อปริมาณรถที่เพิ่มขึ้นและนอกจากนี้ยังพบว่าที่จอดรถที่มีอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนั้น ได้ประสบปัญหาหลายประการดังนี้

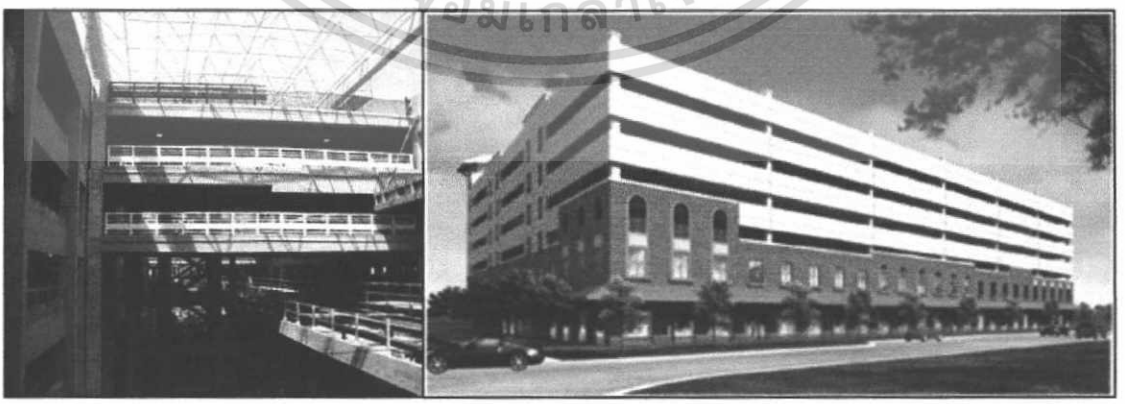
1. ที่จอดรถมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ

หน่วยงานต่างๆหรือห้างร้านเอกชนส่วนมากจะประสบปัญหาที่จอดรถมีไม่เพียงพอต่อผู้ใช้บริการที่มีเป็นจำนวนมาก ดังรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 สถานที่ที่มีที่จอดรถไม่เพียงพอ

2. ผู้ใช้บริการต้องเสียเวลาในการวนรถเพื่อหาที่จอด

ในหน่วยงานหรือห้างร้านขนาดใหญ่จะประสบปัญหานี้อย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงเร่งรีบหรือมีงานสำคัญต่างๆที่มีคนมารวมตัวมาก ดังรูปที่ 1.3

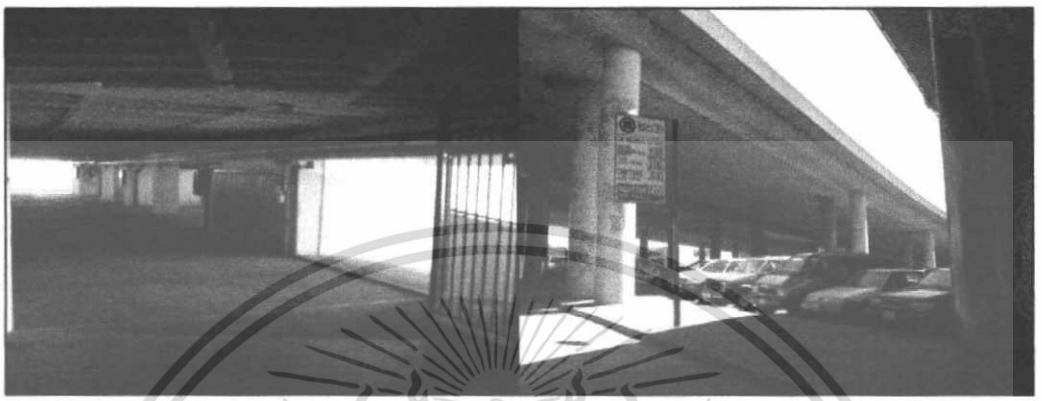


รูปที่ 1.3 ห้างร้านขนาดใหญ่ที่ผู้ใช้ต้องเสียเวลาหาที่จอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผู้ใช้บริการไม่ชำนาญเส้นทางของที่จอดรถและไม่ชำนาญในการขับขี่และการจอดรถ

ผู้มาใช้บริการที่ไม่เคยมาใช้บริการในสถานที่นั้นๆหรือการออกแบบลักษณะของอาคารจอดรถมีความยุ่งยาก หรือแม้กระทั่งความไม่ชำนาญในการขับขี่ของตัวผู้ขับขี่เอง ก็เป็นปัญหาซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 เส้นทางของที่จอดรถที่ไม่สะดวกต่อการจอดรถ

4. ความไม่ปลอดภัยของรถและทรัพย์สินภายในรถ

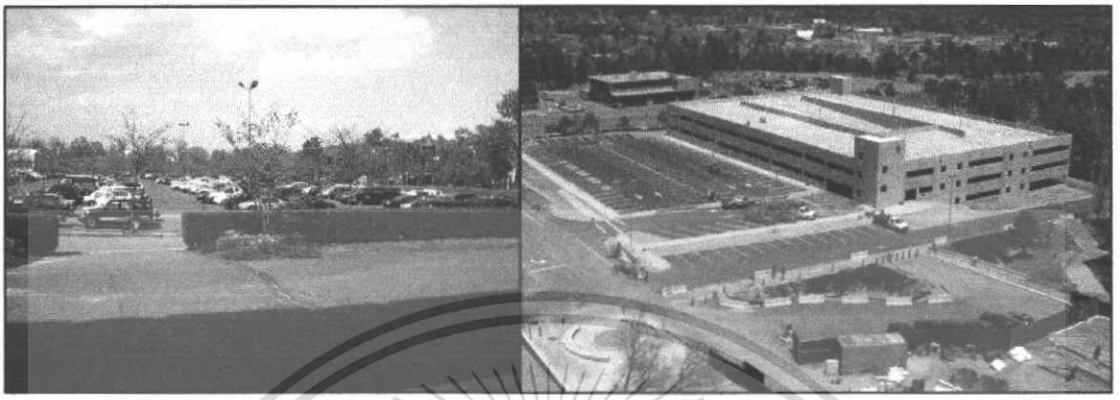
อาคารจอดรถทั่วไป ผู้ขับขี่จะเป็นผู้ขับรถขึ้นลงเองทำให้ภายในอาคารจะมีผู้คนภายนอกผ่านไปมาได้ อาจทำให้มีผู้ประสงค์ร้ายแฝงเข้ามาก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยกับทรัพย์สินภายในรถหรือก่อให้เกิดความเสียหายแก่รถได้ ดังรูปที่ 1.5

รูปที่ 1.5 อาคารจอดรถทั่วไปที่ผู้คนสามารถเดินผ่านไปมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความสึกหรอของรถจากที่จอดกลางแจ้งร้อนเนื่องจากแสงแดดและไม่มีที่กันฝน

ที่จอดกลางแจ้งยังก่อให้เกิดความเสียหายและสึกหรอให้กับรถ เนื่องจากแสงแดดและน้ำฝนได้ ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 อาคารจอดรถกลางแจ้งไม่มีที่กันแดดและน้ำฝน

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงาน

1. สร้างอาคารจำลองที่จอดรถ เพื่อเป็นต้นแบบนำไปพัฒนา เพื่อสร้างอาคารที่ช่วยอำนวยความสะดวก ในเรื่องการจอดรถให้กับสถานที่ที่ต้องการใช้ที่จอดรถ เช่น ห้างสรรพสินค้า สถานที่ราชการต่างๆ รวมถึงอาคารจอดรถเอกชนด้วย
2. เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว
3. ศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ศึกษาภาษาทางคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาเขียนโปรแกรมการทำงาน
5. ศึกษาวงจรต่างๆที่ต้องใช้ในอาคารจอดรถ

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน

ในขั้นต้นจำเป็นต้องทำการศึกษาระบบของอาคารที่จอดรถในแบบต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการคิดค้น ออกแบบรูปแบบของตัวอาคารจำลองที่จอดรถ โดยได้พบว่าอาคารที่จอดรถที่เป็นทรงกระบอกจะสามารถออกแบบระบบการขึ้นลง และการเคลื่อนที่เข้าจอดของรถได้ง่าย เพราะสามารถหมุนส่วนของแท่นยกรถขึ้นลงได้รอบทิศทาง

ในส่วนของระบบการเคลื่อนที่เข้าจอดรถนั้น จะทำการเคลื่อนที่โดยใช้สายพานเป็นตัวขับเคลื่อน เชื่อมต่อกับมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไอซี L293D และควบคุมระบบด้วยวงจรเซนเซอร์ ซึ่งควมคุมการทำงานด้วยไอซี LM324N โดยใช้วงจรเซ็นเซอร์แสงที่ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปด้วยแอลอีดี และแอลดีอาร์ ซึ่งควบคุมด้วยไอซี 74HC573 ส่วนระบบการขึ้นลงของแท่นยกรถก็เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่เข้าจอด คือ ใช้มอเตอร์กระแสตรงและวงจรเซนเซอร์แสงในการควบคุม แต่ในส่วนของแท่นยกรถที่สามารถหมุนได้ เพื่อนำรถเข้าแต่ละตำแหน่งช่องจอดนั้น จะทำการเคลื่อนที่ด้วยการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมการหมุนได้รอบทิศทาง โดยระบบทั้งหมดจะควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็นแบบแฟลช สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันรอบ โดยการใช้โปรแกรมภาษาซี ในการควบคุมและใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อดีของการเลือกใช้ภาษาที่สูงอย่างภาษาซี คือมีลักษณะของโปรแกรมที่เป็นโครงสร้าง สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ พร้อมยังสนับสนุนการพัฒนาได้ง่ายขึ้นด้วยการไลบรารีและฟังก์ชันการคำนวณ ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ให้ขนาดของรหัสคำสั่งเมื่อแปลโปรแกรมออกมาได้ขนาดเล็กใกล้เคียงกับภาษาแอสแซมบลี ซึ่งภาษานี้ผู้ที่ใช้งานต้องมีความรู้ทางโครงสร้างฮาร์ดแวร์ และคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นๆ ในเชิงลึก ซึ่งทำให้การทำความเข้าใจในเนื้อหาของโปรแกรมย่อมทำได้ไม่ง่ายนัก

ในส่วนท้ายสุดนั้น คือ ส่วนแสดงผล โดยได้ใช้หลอดแอลอีดีเป็นตัวแสดงผล โดยตำแหน่งใดที่มีรถจอดอยู่ไฟแสดงสถานะจะติด และเมื่อตำแหน่งใดว่างไม่มีรถจอดอยู่ ไฟแสดงสถานะจะดับ เพื่อให้ผู้ใช้บริการได้ทราบถึงสถานะของแต่ละตำแหน่งที่จอด และมีเซเวน-เซกเมนท์แสดงผลจำนวนช่องจอดที่ว่างอยู่ และจอแอลซีดี แสดงขั้นตอนการใช้งานให้ผู้ใช้บริการได้ทราบ

1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวนำถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน พร้อมทั้งรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงแนวคิดของการสร้างชิ้นงาน หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสร้างอาคารและวงจรที่ต้องใช้งาน รวมถึงอุปกรณ์และโปรแกรมต่างๆที่ใช้งาน

บทที่ 3 หลักการออกแบบ นำเสนอหลักการทำงาน ซึ่งเป็นภาพรวมของระบบควบคุมอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ประกอบไปด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนหลักๆ คือ โครงสร้างทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์และโครงสร้างทางกายภาพ รวมถึงแนวคิดในการออกแบบระบบควบคุม

บทที่ 4 ขั้นตอนการทำงาน การใช้งานและการแสดงผล จะแสดงถึงขั้นตอนการทำงานของอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ วิธีการใช้งานของผู้ใช้บริการและการแสดงผลของอุปกรณ์แสดงผลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป จะสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการปรับปรุงพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป

จากเนื้อหาที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้น แสดงให้เห็นว่าเนื้อหาในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงสาเหตุที่มา และจุดประสงค์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงขอบเขตของโครงงาน และขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน ซึ่งจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างของตัวอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และข้อดีข้อเสียของการใช้ภาษาซีในการควบคุม และรายละเอียดภาพรวมของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และความรู้ที่เกี่ยวข้อง

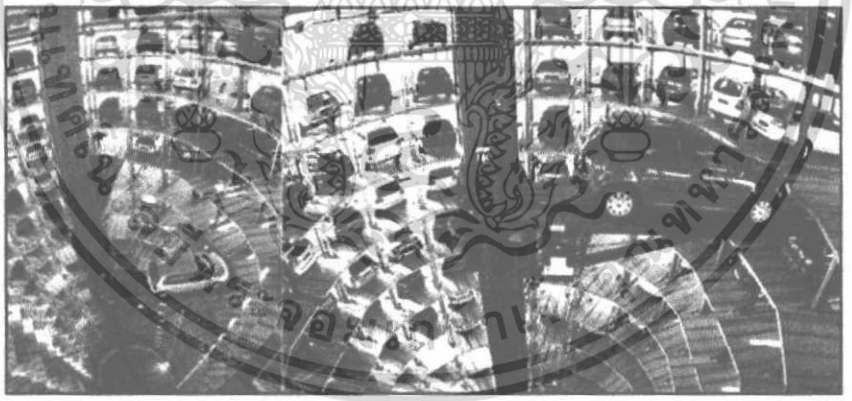
จากที่ได้กล่าวในบทที่ 1 แล้วว่า ก่อนที่จะมีการออกแบบและสร้างอาคารจำลองที่จอดรถนั้น ต้องทำการศึกษารูปแบบอาคารจอดรถแบบต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการคิดค้น ออกแบบรูปแบบของตัวอาคารจำลองที่จอดรถ โดยโครงงานชิ้นนี้ได้คิดขึ้น โดยได้จากการศึกษาจากแนวความคิดของอาคารจอดรถต่างๆดังนี้

2.1 แนวคิดของชิ้นงาน

ในการสร้างโครงสร้างอาคารจำลองนี้ เราได้แนวความคิดในการสร้างจากแหล่งที่มา 2 แหล่ง ดังนี้

1. อาคารเก็บรถยนต์ของบริษัทโฟล์ค สวาเกน

จากที่ได้เห็นอาคารเก็บรถยนต์ของบริษัทโฟล์ค สวาเกน (VOLK SWAGEN) ที่เป็นโกดังเก็บรถยนต์ จึงได้แนวคิด เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นอาคารสำหรับจอดรถยนต์ ในการช่วยอำนวยความสะดวก ดังรูปที่ 2.1

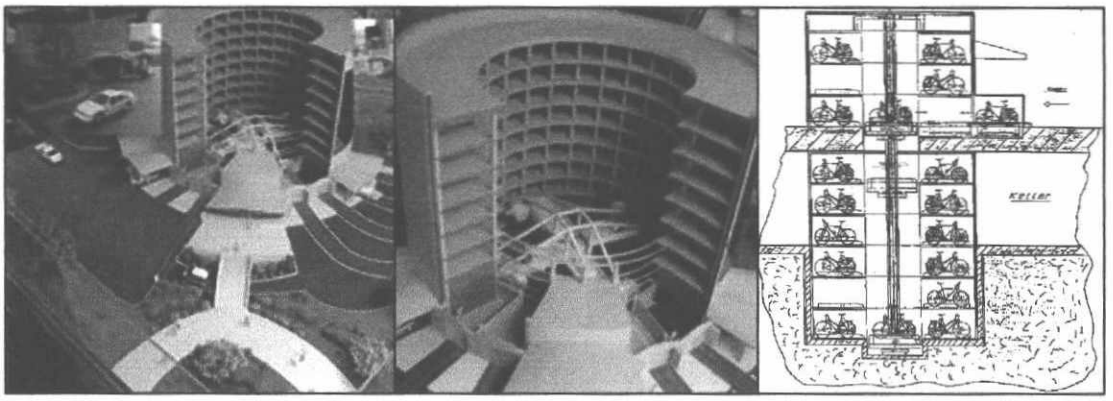


รูปที่ 2.1 อาคารเก็บรถยนต์ของบริษัทโฟล์ค สวาเกน

2. โมเดลตัวอย่างอาคารจอดรถของต่างประเทศ

จากที่ได้เห็น โมเดลตัวอย่างอาคารจอดรถของต่างประเทศ ที่มีลักษณะเป็นอาคารรูปทรงกระบอก และได้แบ่งในแต่ละชั้นเป็นหลายช่องจอด โดยใช้ลิฟต์เป็นอุปกรณ์หลักในการนำรถเข้าและออก จึงเป็นแนวคิดในการออกแบบรูปทรงอาคาร ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โมเดลอาคารจอดรถของต่างประเทศ

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

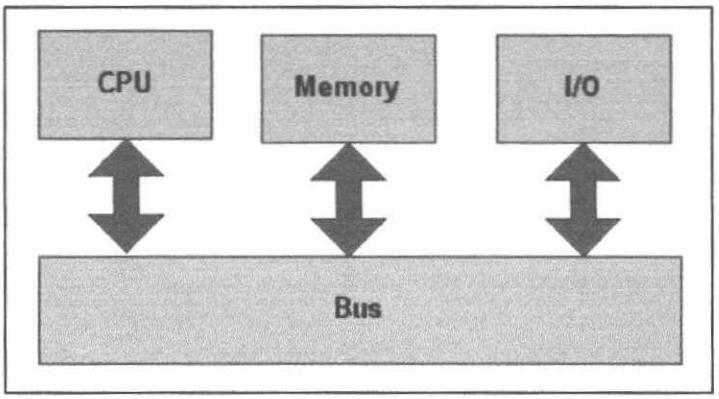
จากที่อาคารจอดรถนั้น ได้ออกแบบให้มีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม ดังนั้นในหัวข้อนี้ จะเป็นการกล่าวถึง ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้องในเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้

2.2.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้รวบรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ทำให้สามารถทำงานโดยมีจำนวนอุปกรณ์ไม่มากจนเกินไปและขนาดของระบบที่ได้มีความเหมาะสม ในขณะที่ความสามารถในการทำงานมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น มาจากการรวมกันของคำ 2 คำ คือ “ไมโคร” (micro) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการประมวลผล กลางของคอมพิวเตอร์ซึ่งระบบคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย หน่วยควบคุม (control unit) หน่วยความจำ (memory unit) หน่วยคำนวน (arithmetic unit) หน่วยส่งและรับสัญญาณ (I/ O unit) ดังรูปที่ 2.3 อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” (controller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือขบวนการต่างๆ ที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมันเอง มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมัน โดยเน้นความสมบูรณ์ภายในตัวของมันเองและง่ายต่อการนำไปใช้งานหรือแก้ไขดัดแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

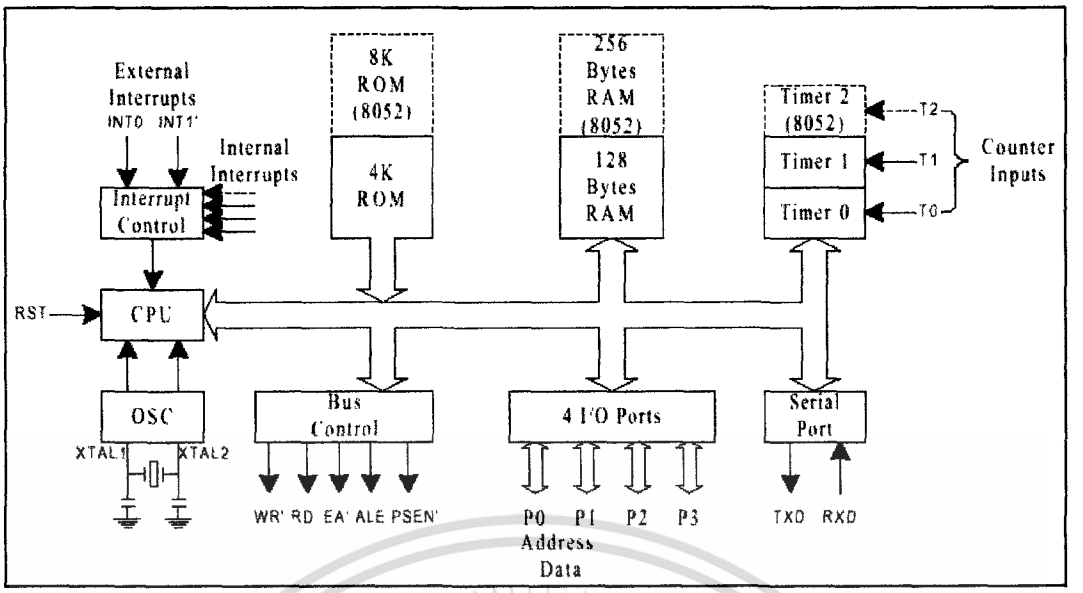
ในหัวข้อนี้ จะอธิบายถึงโครงสร้างและสถาปัตยกรรมภายในของของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของพอร์ตต่างๆที่อยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมทั้งการอ่านค่าลอจิกและจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้

2.2.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
2. มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แบบแฟลช ซึ่งสามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายครั้ง
3. หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ซึ่งบางเบอร์ จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
4. ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง ในการใช้งานจึงสามารถใช้งานได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
5. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
6. ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
7. สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
8. สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
9. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
10. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
11. มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

ในรูปที่ 2.4 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89Cxx จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของ AT89Cxx จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐาน หากแต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำแบบแฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอม และบางเบอร์สามารถโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

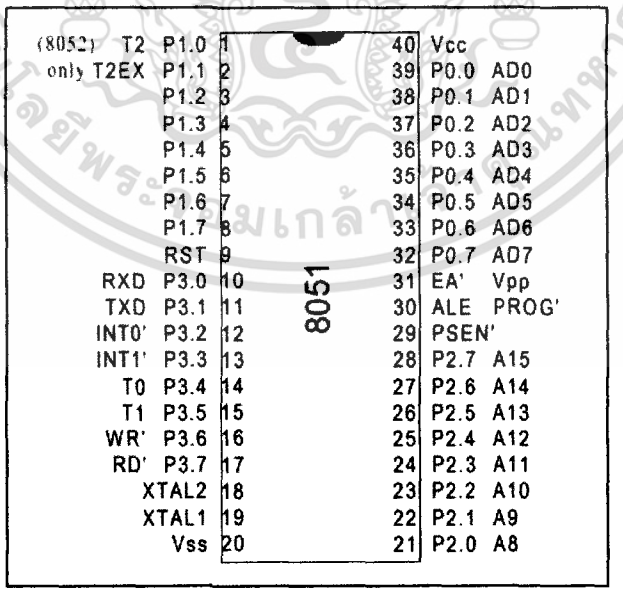


รูปที่ 2.4 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx

2.2.2.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูป 2.5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. **ขา Vcc** ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V
2. **ขา GND** เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ



รูปที่ 2.5 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถกระทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้น ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

4. ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถกระทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

5. ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถกระทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อ ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง ซึ่งสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

6. ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถกระทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปลดปล่อย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง ซึ่งสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{INT0}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{INT1}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{WR}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{RD}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการป้อนสัญญาณ เพื่อรีเซตสถานะ ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมทชีนไซเกิล โดยวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องเป็นปกติ

8. ขา $\overline{ALE}$ /PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก และขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลซ์ของการโปรแกรม สำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

9. ขา $\overline{PSEN}$ (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณ เพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกจากขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมทชีนไซเกิล แต่ถ้าต้องการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

10. ขา $\overline{EA}$ /Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายใน ถ้าหากขานี้เป็น “0” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ส่วนถ้าหากขานี้เป็น “1” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุต สำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

11. ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตัล เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.2.3 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ตคือ พอร์ต 0 ถึง พอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้า และเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นแบบแฟลชมีวงแลตช์และวงจรขับตลอดจนบัฟเฟอร์อินพุต

ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสำหรับงานทั่วไป และใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขานอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก ขึ้นอยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ใด

วงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช แบ่งเป็นพอร์ตต่างๆดังนี้ วงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ต คือ วงจรดีฟลิปฟลอป การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรแลตช์ สามารถกระทำได้ด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน คือ สัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิปฟลอป ในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมาทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิปฟลอป

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์ ในการกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ต ว่าจะต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตปกติ หรือจะใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต ต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

วงจรของพอร์ต 1 จะมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับวงจรของพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจรมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน วงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 แต่จะต่างกันเพียงมีวงจรพูลอัปเพิ่มเข้ามา วงจรภายในของพอร์ต 3 จะคล้ายกับพอร์ต 1 แต่มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาต์พุต เมื่อทำงานในฟังก์ชันพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกขา

2.2.2.4 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

พอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต เริ่มต้นจากการเขียนข้อมูล “1” มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต ในการหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ต เชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น “1” ซึ่งสามารถรับสัญญาณลอจิก “0” จากอุปกรณ์ภายนอกได้โดยง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก “0” จะดีและสะดวกที่สุด ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก “0”

2.2.2.5 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว จึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้ทันที กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล “0” ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งจะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงาน ที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก “0” ขึ้น ในทางตรงข้ามหากต้องการส่งข้อมูล “1” ออกไป ให้เขียนข้อมูลไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตที่เชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก “1” ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นขาอินพุต แต่จะแตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ ยกเว้นถ้าต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต แต่ละขา (หรือแต่ละบิต) ของแต่ละพอร์ต จะสามารถจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า กระแสซอร์ส (source current) ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแส จึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุต เพื่อช่วยในการขับกระแสอีก

2.2.2.6 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตได้ 2 แบบ คือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรง และอ่านจากวงจรแลตช์ของแต่ละพอร์ต

กรณีที่พอร์ตต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ต่อลงกราวด์ ถ้ามีการส่งข้อมูล “1” ไปยังทรานซิสเตอร์ จะมีการทำงานสถานะลอจิกที่ขาพอร์ตจะเป็น “0” เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน จะเหมือนกับว่าขาพอร์ตนั้นถูกต่อลงกราวด์ หากอ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออกมา แต่ถ้าหากอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์ จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ต้องการส่งจริง ดังนั้นการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตจึงต้องเลือกวิธีการที่มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อด้วย

2.2.2.7 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียู รวมทั้งลำดับขั้นตอนในการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียู มีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน ดังนี้ กระบวนการเฟตช์ (fetch) คือ การเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งเป็นภาษาเครื่อง เพื่อเตรียมประมวลผล ขั้นต่อมา คือ กระบวนการเอ็กซ์ซิคิวต์ (execute) เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมา โดยกระบวนการก่อนหน้านี้เมื่อทำการเอ็กซ์ซิคิวต์คำสั่งแล้ว ก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

เมื่อจ่ายไฟให้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกิดการรีเซตที่เรียกว่า เพาเวอร์ออนรีเซต (power-on reset) ซีพียูจะเริ่มต้นการทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม จังหวะในการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือแมทชีนไซเกิล (machine cycle) ในการทำงาน 1 รอบ หรือ 1 แมทชีนไซเกิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งก็คือ เวลาในการทำงาน 1 ไซเกิล มีค่าเท่ากับ 1 ms หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1 MHz กรณีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz ถ้าต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราบความเร็วของการทำงาน ภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถหาได้จากค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 ส่วนถ้าต้องการทราบค่าเวลา 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมชีนไซเกิล สามารถทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็ว ในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถสรุปได้ดังนี้

ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เท่ากับ

ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (ค่าของคริสตอลที่ต่ออยู่ที่ขา XTAL1 และ XTAL2)/12

เวลา 1 แมทชีนไซเกิล = 1/ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.3 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีวงจรสื่อสารแบบฟูลดูเพล็กซ์ 1 ชุด (วงจรสื่อสารแบบฟูลดูเพล็กซ์ หมายถึง วงจรสื่อสาร ซึ่งสามารถทำการรับและส่งข้อมูลในลักษณะ 2 ทิศทางได้ในเวลาเดียวกัน) โดยใช้ขาสัญญาณพอร์ต 3 คือ ขา P3.0 เป็นขารับข้อมูลเข้า หรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจะเป็นแบบอะซิงโครนัส

2.2.3.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือ การรับและส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกา แต่จะใช้การกำหนดอัตราเร็วของการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราบอด หรือ บอดเรต (baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) มีขนาด 1 บิต

รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสนั้นคือ เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก “1” เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (wait stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก “0” ด้วยในระยะเวลา 1 บิต เรียกว่า บิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำที่สุดหรือบิต LSB ก่อน ซึ่งให้ข้อมูลที่ต้องการส่งมีจำนวน 8 บิต จากนั้นตามด้วย บิตพาริตี้ ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายคือ บิตปิดท้าย หรือ บิตหยุด โดยจะทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก “1” ด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต, หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อัตราความเร็วในการรับและส่ง แบบอะซิงโครนัส หรืออัตราบอดหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีหลายค่า ตั้งแต่ 110 ถึง 19,200 บิตต่อวินาที โดยค่าจะเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอัตราบอดคือค่าของจำนวนบิตที่ส่งได้ใน 1 วินาที ถ้าข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์ จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd), แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ พาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่แสดงถึงจำนวนลอจิก "1" ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์รวมพาริตี้ว่ามีจำนวนเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ เช่น ข้อมูลที่จะส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นได้ว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าของบิตพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น "0" แต่ถ้ากำหนดพาริตี้เป็นคี่ ค่าของบิตพาริตี้จะต้องเป็น "1" เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้เป็นคี่

2.2.3.2 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรม

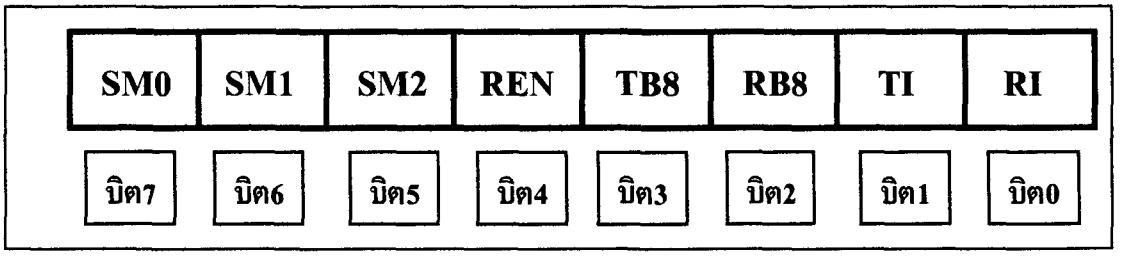
ในการทำงานของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ตัว ดังนี้

1. รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรมหรือ SBUF (Serial data buffer register)

มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิต แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer register) และรับข้อมูล (receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล เพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 กรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล เพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลแบบอนุกรมจากภายนอกนั้น จะผ่านมาทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2. รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมหรือ SCON (Serial port Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 98H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต ดังรูปที่ 2.6 มีรายละเอียดการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.6 รูปแบบของรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SM0-SM1 (Serial port mode bit 0-1) : ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

SM2 : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการสื่อสารแบบมัลติโปรเซสเซอร์(multiprocessor) ในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าบิตนี้เป็น "1" บิต RI จะไม่แอกทีฟ ถ้าบิตที่ 9 ซึ่งรับเข้ามาเป็น "0" (ข้อมูลบิตที่ 9 เก็บไว้ที่บิต RB8) ในการทำงานโหมด 1 ถ้าบิตนี้เซต บิต RI จะไม่แอกทีฟถ้ายังไม่ได้รับบิตหยุด ส่วนในโหมด 0 บิตไม่มีการใช้งาน

REN (Enable serial reception) : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ทำการเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ ถ้าต้องการให้มีการรับข้อมูลต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

TB8 : ใช้สำหรับเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปในการทำงานโหมด 2 และ โหมด3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ เซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

RB8 : ใช้สำหรับรับข้อมูลบิตที่ 9 ที่เข้ามาในการทำงานโหมด 2 และ โหมด3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ถ้าหากพอร์ตอนุกรมทำงานอยู่ในโหมด 1 และบิต SM2 เป็น "0" ข้อมูลบิตที่ RB8 คือ ข้อมูลของบิตหยุด สำหรับในการทำงานโหมด 0 บิตนี้จะไม่ใช้งาน บิต RB8 นี้จะเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

TI (Transmit Interrupt flag) : ใช้ในการแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์ เมื่อมีการส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อทำการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ไปแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อมีการเริ่มต้นส่งบิตหยุดออกไป การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟต์แวร์เท่านั้น

RI (Receive Interrupt flag) : ใช้แสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์ เมื่อมีการรับข้อมูลเข้าสู่พอร์ตอนุกรม สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อทำการรับข้อมูลบิตที่ 8 แล้ว ในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซต เมื่อสามารถรับบิตหยุดของข้อมูลอนุกรมไปได้ครึ่งทางแล้ว ยกเว้นในกรณีที่บิต SM2 มีการเซต บิตนี้จะเซตได้ก็ต่อเมื่อการรับบิตหยุดหรือบิตที่ 9 เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว การเคลียร์บิตนี้จะต้องใช้กระบวนการทางซอฟต์แวร์เท่านั้น

โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51

พอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเลือกการทำงานได้ถึง 4 โหมด คือ

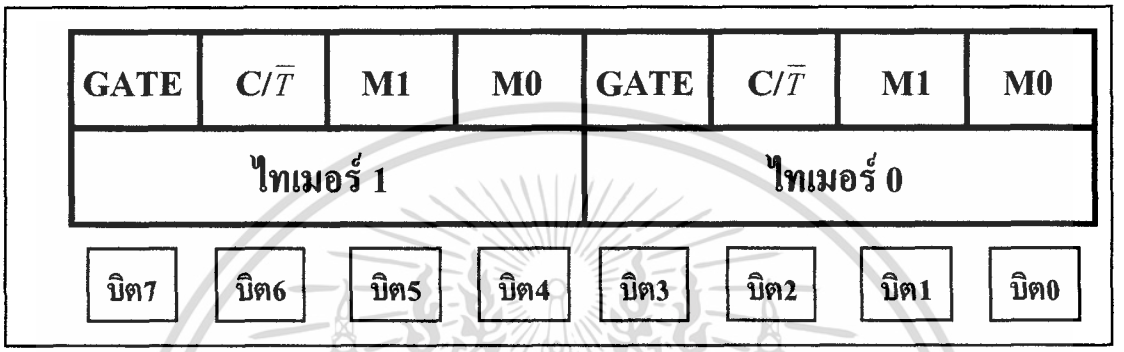
1. โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในลักษณะชิฟต์รีจิสเตอร์
2. โหมด 1 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตราบอดได้
3. โหมด 2 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 9 บิต โดยมีอัตรบอดคงที่
4. โหมด 3 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 9 บิต สามารถเลือกอัตราบอดได้

การเลือกโหมดทำได้ด้วยการกำหนดข้อมูลให้แก่บิต SM0 และ SM1 ในรีจิสเตอร์ SCON

72712
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รีจิสเตอร์เลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ หรือ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 89H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ 4 บิตล่างใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์ 0 และ 4 บิตบนใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์ 1 ดังรูปที่ 2.7 ดังนั้นในการอธิบายการทำงานจะขออธิบายเพียงส่วนเดียวดังนี้



รูปที่ 2.7 รูปแบบของรีจิสเตอร์เลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์

GATE : ใช้เลือกลักษณะการควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์

"0" ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ จะทำงานเมื่อบิต TRx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น "1" เรียกการควบคุมแบบนี้ว่า การควบคุมทางซอฟต์แวร์

"1" ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ จะทำงานเมื่อบิต TRx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น "1" และสถานะลอจิกที่ขาอินพุต อินเตอร์รัปต์ INT0 และ INT1 เป็น "1" เรียกการควบคุมแบบนี้ว่า การควบคุมทางฮาร์ดแวร์

C/T (Timer or Counter selector) : ใช้เลือกลักษณะการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์

"0" เลือกให้ทำงานเป็นไทเมอร์ โดยใช้สัญญาณอินพุต จากสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

"1" เลือกให้ทำงานเป็นเคาน์เตอร์ โดยรับสัญญาณอินพุตทางขา T0 หรือ T1

M1, M0 (Mode selector bit) : ใช้เลือกการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์

"00" เลือกให้ทำงานในโหมดไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 13 บิต

"01" เลือกให้ทำงานในโหมดไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต

"10" เลือกให้ทำงานในโหมดไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตแบบตั้งค่าอัตโนมัติ

"11" สำหรับไทเมอร์ 0 เลือกให้ทำงานในโหมดไทเมอร์/เคาน์เตอร์แยกส่วน โดยแยกออกเป็นไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 8 บิต 2 ตัว รีจิสเตอร์ TL0 จะได้รับการควบคุมการเปิดปิดจากบิต TR0 ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ TCON และรีจิสเตอร์ TH0 ซึ่งเป็นไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 8 บิต อีกตัวหนึ่ง จะได้รับการควบคุมจากบิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON ในกรณีของไทเมอร์ 1 เป็นการสั่งให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 หยุดทำงาน (ดิสเอเบิล)

โหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1

ไทเมอร์ 0 และไทเมอร์ 1 สามารถเลือกโหมดการทำงานได้ 4 โหมด คือ โหมด 0 : ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 13 บิต (13 bit timer/counter), โหมด 1 : ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต (16 bit timer/counter), โหมด 2 : ตั้งค่าอัตโนมัติขนาด 8 บิต (8 bit auto-reload timer2counter) และโหมด 3 : ไทเมอร์/เคาน์เตอร์แยกส่วน (split timer/counter) หรืออาจเรียกว่าโหมดไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 8 บิต ก็ได้ ในขณะที่ไทเมอร์ 2 มีโหมดการทำงาน 3 โหมดคือ โหมดแคปเจอร์หรือตรวจจับสัญญาณ (capture), โหมดตั้งค่าอัตโนมัติ (auto-reload) และโหมดกำเนิดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมหรืออัตราบอด (baud rate generator)

การเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 ทำได้ที่รีจิสเตอร์ TCON และ TMOD ร่วมกัน โดย TCON ใช้ในการเอ็นเอเบิลหรือดิสเอเบิลไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ส่วน TMOD ใช้ในการเลือกโหมดและลักษณะการทำงาน ในขณะที่การทำงานของไทเมอร์ 2 จะอธิบายแยกต่างหาก

การทำงานในโหมด 0 : ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 13 บิต

ในที่นี้จะใช้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ในการอธิบาย โหมดนี้จะเป็นการกำหนดให้การใช้งานรีจิสเตอร์ TL1 เพียง 5 บิต และ TH1 ครบ 8 บิต โดย TL1 จะทำหน้าที่คล้ายกับเป็นปรีสเกลเลอร์หาร 32 ส่วนสัญญาณอินพุตนั้นสำหรับการนับจะเลือกจากสัญญาณนาฬิกาภายในหรือภายนอกผ่านทางขา T1 ขึ้นอยู่กับการควบคุมของบิต C/T และ GATE ในรีจิสเตอร์ TMOD, บิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON และสถานะของลอจิกที่ขาอินพุต INT1 เมื่อ TL1 นับครบ 32 คือจาก 0-31 ก็จะส่งสัญญาณไปยัง TH1 เพื่อเพิ่มค่า ดังนั้นโหมดนี้ค่าของการนับจะมีขนาด 13 บิต เมื่อทำการนับครบรอบ จะทำการเซตบิต TF1 ในรีจิสเตอร์ TCON

ส่วนการทำงานในโหมดนี้ของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 มีลักษณะเหมือนกัน เพียงแต่เปลี่ยนรีจิสเตอร์และขาสัญญาณที่เกี่ยวข้องให้เป็นของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0

การทำงานในโหมด 1 : ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต

ในที่นี้จะใช้ไทเมอร์ 1 ในการอธิบาย การทำงานในโหมดนี้จะคล้ายกับโหมด 0 แต่จะใช้งานรีจิสเตอร์ TL1 และ TH1 ครบ 8 บิต โหมดนี้ค่าของการนับจะมีขนาด 16 บิต คือ 0000H-FFFFH เมื่อทำการนับครบรอบ ค่าของการนับเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H ก็จะเซตบิต TF1 ในรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCON ส่วนการทำงานในโหมดนี้ของไทเมอร์ 0 มีลักษณะเหมือนกัน แต่เปลี่ยนรีจิสเตอร์และขาสัญญาณที่เกี่ยวข้องให้เป็นของไทเมอร์ 0

การทำงานในโหมด 2 : ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 8 บิตแบบตั้งค่าอัตโนมัติ

ในที่นี้จะใช้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ในการอธิบายการทำงาน ในโหมดนี้จะแยกรีจิสเตอร์ไทเมอร์ออกเป็น 2 ตัว ตัวละ 8 บิต โดย TL1 ทำหน้าที่เป็นตัวนับค่า ส่วน TH1 ใช้เก็บค่าเริ่มต้นของการนับเมื่อเริ่มต้นการทำงาน ค่าของรีจิสเตอร์ TH1 จะส่งไปยังรีจิสเตอร์ TL1 ทำให้ในการเริ่มต้นการทำงานค่าของรีจิสเตอร์ TL1 และ TH1 จะเหมือนกัน เมื่อ TL1 นับถึง FFH และจะเริ่มต้นการนับรอบใหม่ จะทำการเซตบิต TF1 พร้อมๆกับทำการรับค่าการนับเริ่มต้นจาก TH1 ใหม่โดยอัตโนมัติ หรือเรียกกระบวนการนี้ว่ารีโหลด (reload) แม้ว่าจะมีการส่งค่าเริ่มต้นไปยัง TL1 แล้ว ค่าของข้อมูลในรีจิสเตอร์ TH1 ก็ยังคงเป็นค่าเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง จนกว่าจะมีการกำหนดค่าใหม่

ส่วนการทำงานในโหมดนี้ของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 มีลักษณะเหมือนกัน แต่เปลี่ยนรีจิสเตอร์และขาสัญญาณที่เกี่ยวข้องให้เป็นของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0

การทำงานในโหมด 3 : ไทเมอร์/เคาน์เตอร์แยกส่วนหรือไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 8 บิต

ในโหมดนี้เป็นโหมดเดียวที่การทำงานของไทเมอร์ 0 และไทเมอร์ 1 ไม่เหมือนกัน จะอธิบายในส่วนของไทเมอร์ 1 ก่อน เมื่อเข้าสู่โหมดนี้ เป็นการสั่งให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์หยุดนับ ค่าของการนับก่อนหน้านี้จะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ไทเมอร์ 1 มีลักษณะการทำงานเหมือนกับการดิสเอเบิลไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ด้วยการเคลียร์บิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON

ส่วนการทำงานไทเมอร์ 0 การทำงานในโหมดนี้จะแยกรีจิสเตอร์ไทเมอร์ 0 ออกเป็น 2 ตัว ตัวละ 8 บิต คือรีจิสเตอร์ TL0 และ TH0 โดยแยกการทำงานออกจากกัน รีจิสเตอร์ TL0 สามารถเลือกการทำงานได้เหมือนกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ปกติ ส่วนรีจิสเตอร์ TH0 สามารถทำงานในโหมดไทเมอร์เพียงอย่างเดียว คือ สามารถรับสัญญาณอินพุตจากสัญญาณนาฬิกาภายในเพียงทางเดียว แต่การแจ้งการนับเกินยังคงเหมือนเดิม หากแต่ TL0 แจ้งผ่านบิต TF0 ในขณะที่ TH0 จะแจ้งผ่านทางบิต TF1

ข้อมูลที่ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1

เนื่องจากมีตัวแปรอยู่หลายตัว ที่ใช้ในการควบคุมและเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 ในการใช้งาน เพื่อความสะดวก จึงได้ทำการสรุปข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 ไว้ในตารางที่ 2.1 ถึง 2.4

อย่างไรก็ตามข้อมูลที่นำมานี้ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ไม่จำเป็นต้องยึดค่าเหล่านี้ไว้เสมอไป แต่สำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานควรใช้ค่าตัวอย่างที่ให้ไว้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมก่อน จนกว่าจะมีความชำนาญจึงค่อยปรับเปลี่ยนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์ TMOD เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 ทำงานเป็นไทเมอร์

โหมด	ฟังก์ชันของไทเมอร์ 0	TMOD	
		การควบคุมจากภายใน	การควบคุมจากภายนอก
0	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 13 บิต	00H	08H
1	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต	01H	09H
2	8 บิตตั้งค่าอัตโนมัติ	02H	0AH
3	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์แยกส่วน	03H	0BH

หมายเหตุ

การควบคุมจากภายใน : ควบคุมให้ไทเมอร์เปิดปิดด้วยการเซตและเคลียร์บิต TR0 โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

การควบคุมจากภายนอก : ควบคุมให้ไทเมอร์เปิดปิดด้วยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" ที่ขา $\overline{INT0}$ (P3.2) เมื่อ TR0 = "1"

ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์TMOD เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 ทำงานเป็นเคาน์เตอร์

โหมด	ฟังก์ชันของไทเมอร์ 0	TMOD	
		การควบคุมจากภายใน	การควบคุมจากภายนอก
0	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 13 บิต	04H	0CH
1	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต	05H	0DH
2	8 บิตตั้งค่าอัตโนมัติ	06H	0EH
3	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์แยกส่วน	07H	0FH

หมายเหตุ

การควบคุมจากภายใน : ควบคุมให้ไทเมอร์เปิดปิดด้วยการเซตและเคลียร์บิต TR0 โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

การควบคุมจากภายนอก : ควบคุมให้ไทเมอร์เปิดปิดด้วยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" ที่ขา $\overline{INT0}$ (P3.2) เมื่อ TR0 = "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์TMOD เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ทำงานเป็นไทเมอร์

โหมด	ฟังก์ชันของไทเมอร์ 0	TMOD	
		การควบคุมจากภายใน	การควบคุมจากภายนอก
0	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 13 บิต	00H	80H
1	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต	10H	90H
2	8 บิตตั้งค่าอัตโนมัติ	20H	A0H
3	**หยุดทำงาน**	30H	B0H

หมายเหตุ

การควบคุมจากภายใน : ควบคุมให้ไทเมอร์เปิดปิดด้วยการเซตและเคลียร์บิต TR1 โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

การควบคุมจากภายนอก : ควบคุมให้ไทเมอร์เปิดปิดด้วยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" ที่ขา $\overline{INT1}$ (P3.3) เมื่อ TR1 = "1"

ตารางที่ 2.4 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์TMOD เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ทำงานเป็นเคาน์เตอร์

โหมด	ฟังก์ชันของไทเมอร์ 0	TMOD	
		การควบคุมจากภายใน	การควบคุมจากภายนอก
0	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 13 บิต	40H	C0H
1	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต	50H	D0H
2	8 บิตตั้งค่าอัตโนมัติ	60H	E0H
3	-	-	-

หมายเหตุ

การควบคุมจากภายใน : ควบคุมให้ไทเมอร์เปิดปิดด้วยการเซตและเคลียร์บิต TR1 โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

การควบคุมจากภายนอก : ควบคุมให้ไทเมอร์เปิดปิดด้วยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" ที่ขา $\overline{INT1}$ (P3.3) เมื่อ TR1 = "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ในไมโครคอนโทรลเลอร์

ในไมโครคอนโทรลเลอร์มีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต ให้ใช้งานเพิ่มเติมอีก 1 ตัว คือ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษที่เกี่ยวข้องกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 มีเพิ่มเติมอีก 5 ตัว คือ รีจิสเตอร์ไทเมอร์ 2 ซึ่งประกอบด้วย TL2 และ TH2, รีจิสเตอร์ T2MOD มีแอดเดรสอยู่ที่ C9H สุดท้าย คือ รีจิสเตอร์แคปเจอร์ ซึ่งประกอบด้วย RCAP2L และ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ CAH และ CBH

ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 สามารถทำงานเป็นไทเมอร์หรือตัวตั้งเวลาและเคาน์เตอร์หรือตัวนับได้ เช่นเดียวกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 โดยการกำหนดที่บิต C/T ในรีจิสเตอร์ T2CON เมื่อเทียบกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 คือรีจิสเตอร์ TCON สำหรับโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 มีด้วยกัน 3 โหมด คือ โหมดแคปเจอร์หรือตรวจจับสัญญาณ (capture), โหมดตั้งค่าอัตโนมัติและโหมดกำเนิดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมหรืออัตราบอด (baudrate generator)

2.2.3.3 การเขียนโปรแกรมภาษาซีติดต่อกับพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการเขียนโปรแกรมภาษาซีที่ควบคุมพอร์ตอนุกรม จะใช้ความรู้หลักๆ 2 เรื่อง ดังนี้

1. เขียนโปรแกรมแบบตรวจสอบบิตแฟลก

เป็นวิธีที่ให้โปรแกรมวนตรวจสอบบิตแฟลกที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งข้อมูล ซึ่งได้แก่

(ก) บิต RI เป็นบิตที่ใช้ตรวจสอบการรับข้อมูลเข้ามาทางพอร์ตอนุกรม ถ้า RI = "1" หมายความว่ามีข้อมูลเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมแล้วและข้อมูลถูกเก็บอยู่ที่รีจิสเตอร์ SBUF ถ้าจะนำข้อมูลไปใช้งาน จะต้องเคลียร์บิตแฟลก RI โดยเขียนคำสั่ง RI = 0; แล้วอ่านข้อมูลจาก SBUF มาเก็บไว้ที่ตัวแปรที่ต้องการ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
unsigned char dat ;      // ใช้ตัวแปร dat เป็นตัวรับข้อมูลที่เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม
While (-RI) ;            // รอรับข้อมูล โดยตรวจสอบว่า RI = 1 หรือไม่ ซึ่งทำให้เงื่อนไข while
                            เป็นเท็จ
RI = 0 ;                 // หลังจากมีการรับข้อมูลเรียบร้อยแล้วเคลียร์บิตแฟลก RI
dat = SBUF ;             // นำข้อมูลไปเก็บไว้ที่ dat
```

(ข) บิต TI เป็นบิตที่ใช้ตรวจสอบการส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรม ถ้าบิต TI = "1" หมายความว่า ส่งข้อมูล 1 ไบต์ออกทางพอร์ตอนุกรมเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจะทำการเคลียร์บิตแฟลก TI ด้วยคำสั่ง TI = 0; เพื่อเตรียมความพร้อมในการส่งข้อมูลไบต์ต่อไป โดยในการทำการส่งข้อมูลออกนั้นจะต้องทำการเขียนข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ SBUF ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unsigned char dat ;      // ใช้ตัวแปร dat เก็บข้อมูลที่จะส่งออกทางพอร์ตอนุกรม
SBUF = dat ;             // นำข้อมูลที่อยู่ใน dat ส่งออกไปทางพอร์ตอนุกรม
While (~TI) ;            // รอส่งข้อมูลเสร็จสิ้นด้วยการตรวจสอบบิต TI = 1 ทำให้เงื่อนไข while
                            เป็นเท็จ
TI = 0 ;                 // เคลียร์บิตแฟลก TI เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการส่งข้อมูล ไบต์ต่อไป
```

การเขียนโปรแกรมวิธีนี้มีข้อดีที่ซับซ้อนน้อยและเหมาะกับขนาดของข้อมูลจำนวนไม่มาก

2. เขียนโปรแกรมโดยใช้ฟังก์ชันพิเศษที่มีอยู่ในไลบรารี stdio.h

ความสะดวกอีกอย่างหนึ่งที่ซีคอมไพเลอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เกือบทุกตัว มีให้ คือฟังก์ชันสำหรับการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมที่ใช้งานได้สะดวก ซึ่งจะอยู่ในไลบรารีที่ชื่อ stdio.h เมื่อต้องการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมจะต้องมีการประกาศเพิ่มเติมด้วยไดเร็กทีฟ include ดังนี้

```
#include<stdio.h>
```

เมื่อเรียกใช้ จะมีการตั้งค่าการสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมและเปิดใช้งาน เพียงเซตบิต TI ด้วยคำสั่ง TI = 1; เพื่อให้ทำงานร่วมกับฟังก์ชันรับส่งข้อมูลตลอดเวลา นอกจากนั้นยังมีฟังก์ชันอื่นที่สามารถเรียกใช้งานร่วมด้วยได้อีกหลายตัว ซึ่งจะขอแนะนำตัวที่ใช้ ได้แก่

(ก) ฟังก์ชัน _getkey

เป็นฟังก์ชันที่ทำการรอรับค่าอินพุตจากการกดคีย์บอร์ด โดยข้อมูลนั้นเป็นรหัสแอสกี้ของค่าคีย์ที่กดเข้ามาทางพอร์ตอนุกรม โดยฟังก์ชันนี้คืนค่าผลลัพธ์เป็นรหัสแอสกี้ตรงกับค่าคีย์ที่กด

เช่น

```
unsigned char key ;      // ใช้ตัวแปร key เป็นตัวรับข้อมูลที่เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม
.....
.....
dat = _getkey ( ) ;      // รอจนกว่ามีการกดคีย์ใดๆ แล้วนำค่ารหัสแอสกี้ของคีย์นั้นไปเก็บในตัว
แปร
dat
```

(ข) ฟังก์ชัน getchar

เป็นฟังก์ชันรอรับค่าอินพุตจากการกดคีย์บอร์ด โดยข้อมูลนั้นเป็นรหัสแอสกี้ของค่าคีย์ที่กดเข้ามาทางพอร์ตอนุกรม และมีการส่งค่ารหัสแอสกี้นี้กลับคืนมาอีกครั้งหนึ่ง ฟังก์ชันนี้คืนค่าผลลัพธ์เป็นรหัสแอสกี้ ซึ่งตรงกับค่าคีย์ที่กด ซึ่งจะหมายความว่า หากมีการเรียกใช้คำสั่งนี้ในโปรแกรมแล้ว

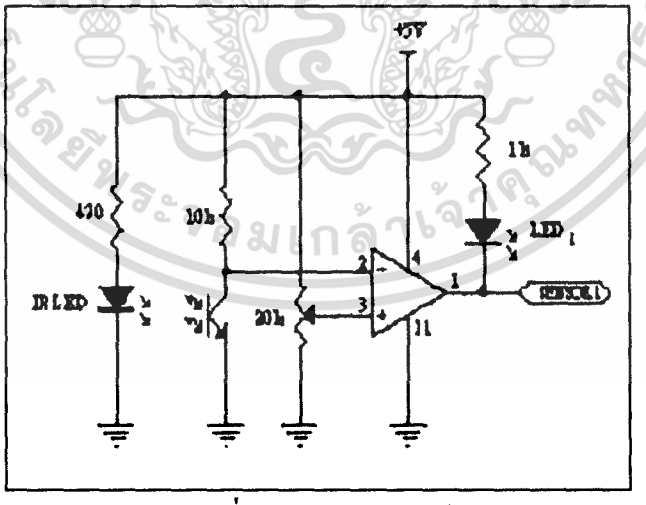
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่โปรแกรมทำงานร่วมกับโปรแกรมเทอร์มินอล ทุกครั้งที่มีการกดคีย์ หมายเลขคีย์ที่กดนั้นจะนำมาแสดงที่หน้าต่างของโปรแกรมเทอร์มินอลด้วย ซึ่งต่างจากคำสั่ง _getkey จะไม่มีการแสดงผล การเรียกใช้เป็นดังนี้

```
unsigned char key ;        // ใช้ตัวแปร key เป็นตัวรับข้อมูลที่เข้ามาทางพอร์ตอนุกรม
.....
.....
dat = getchar ( ) ;        // รอจนกว่ามีการกดคีย์ใดๆ แล้วนำค่ารหัสแอสกี้คีย์นั้นไปเก็บ
                           // ในตัวแปร dat พร้อมกับส่งค่าแอสกี้ของคีย์กลับออกมาทางพอร์ต
                           // อนุกรมอีกครั้งหนึ่ง
```

2.3 วงจรเซ็นเซอร์

จากรูปที่ 2.8 เป็นวงจรที่ใช้หลักการทำงานในการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างขาบวกและขาลบของออปแอมป์ โดยที่ขาบวกนั้นจะเป็นขาที่ใช้ต่อแรงดันอ้างอิงของวงจร ส่วนขาลบใช้วัดแรงดันจากแอลดีอาร์ วงจรนี้มีหลักการทำงาน โดยถ้าแรงดันที่ขาลบมีค่าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงที่ขาบวก ออปแอมป์จะให้เอาท์พุตเป็นแรงดันเท่ากับไฟที่เลี้ยงออปแอมป์ แต่ถ้าไฟที่ขาลบมีแรงดันมากกว่าแรงดันอ้างอิงที่ขาบวกออปแอมป์ก็จะให้เอาท์พุตที่มีแงดันเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งการทำงานของวงจรได้เป็น 2 กรณี ดังนี้



รูปที่ 2.8 วงจรเซนเซอร์

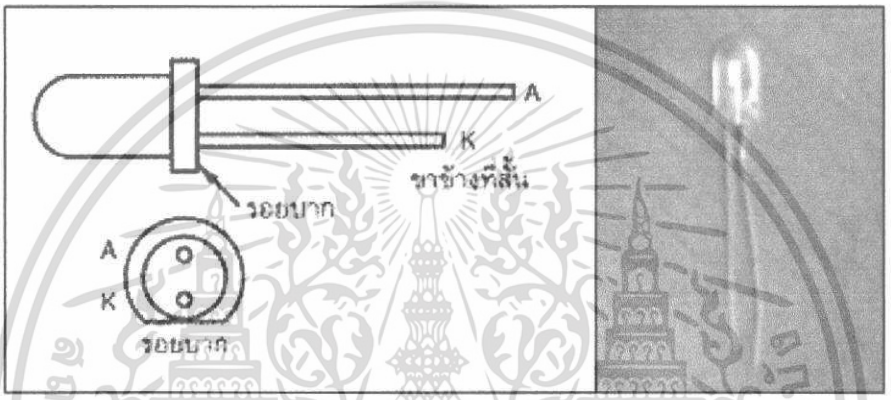
1. เซนเซอร์แอลอีดีเปล่งแสงไปยังแอลดีอาร์ ทำให้แอลดีอาร์มีค่าความต้านทานภายในตัวน้อย ทำให้ที่ขาลบมีแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง จึงทำให้แรงดันเอาท์พุตที่ออปแอมป์เป็นสภาวะสูง (ลอจิก1) แอลอีดีที่แสดงสภาวะการทำงานจะดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แอลอีดีถูกบังแนวทางเดินของแสง ทำให้แอลดีอาร์ไม่ได้รับแสง ทำให้ตัว แอลดีอาร์ มีความต้านทานภายในตัวมันสูง ทำให้แรงดันที่ขาลบมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิง จึงทำให้แรงดันเอาท์พุตที่ได้จากออปแอมป์จึงเป็นสภาวะลอจิกต่ำ (ลอจิก0) แอลอีดีที่แสดงสภาวะการทำงานจะติด

2.3.1 แอลอีดี

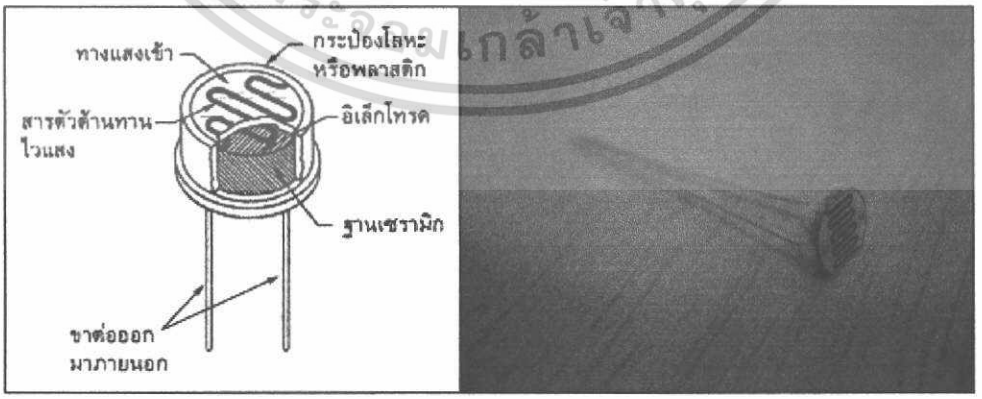
แอลอีดี (LED: Light Emitting Diode) เป็นไดโอดที่สามารถเปล่งแสงได้ ในขณะที่มันนำกระแส เนื่องจากเป็นไดโอดแบบหนึ่ง เมื่อต้องการให้มันนำกระแสได้ ต้องไบแอสโดยต่อไฟบวก (+) เข้าที่แอโนด (Anode : A) ไฟลบ (-) เข้าที่แคโทด (Cathode : K) แต่ต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมกับแอลอีดีด้วย เพื่อจำกัดกระแสไม่ให้ไหลผ่านแอลอีดี มากเกินไป ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แอลอีดี

2.3.2 แอลดีอาร์

แอลดีอาร์ (LDR: Light Dependent Resistor) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าความต้านของตัวมันเองไปตามความเข้มแสงที่ตกกระทบ ปกติแล้วแอลดีอาร์เมื่ออยู่ในที่มืด จะมีค่าความต้านทานสูง ถ้ามีแสงมาตกกระทบ ความต้านทานจะลดลงต่ำ ดังรูปที่ 2.10

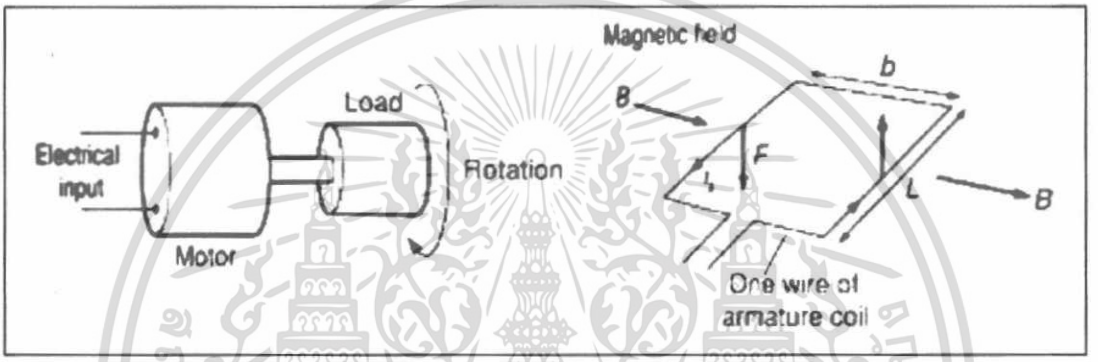


รูปที่ 2.10 แอลดีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current, DCMotor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือจะกล่าวว่าเป็นระบบที่มีสัญญาณไฟฟ้าเป็นอินพุท และมีเอาท์พุทเป็นพลังงานกลก็ได้ โดยทั่วไปมอเตอร์จะประกอบด้วยขดลวดที่ส่วนหมุน (armature coil) ซึ่งสามารถที่จะหมุนไปได้อย่างอิสระ ขดลวดนี้จะวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเป็นแม่เหล็กถาวร หรือส่วนมากจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่สร้างจากกระแสไฟฟ้าผ่านฟิวส์คอลย์ (field coils) เมื่อมีกระแสไฟฟ้า i_a ไหลผ่านขดลวดส่วนที่หมุน ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงผลักทำให้ขดลวดนี้เกิดการหมุน ตามที่แสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 มอเตอร์กระแสตรง

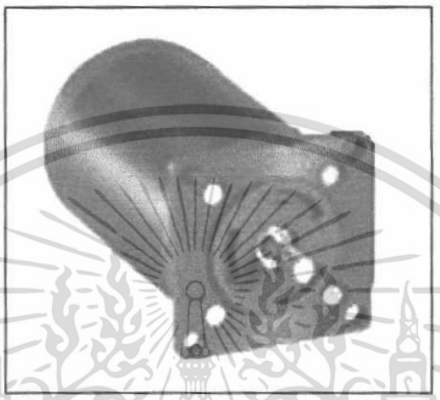
ในโครงงานนี้เลือกใช้มอเตอร์ที่มีทอร์คมากพอที่จะรับแรงจากการดึงของสายพานและมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เพื่อที่จะติดตั้งในตำแหน่งด้านใต้ของแต่ละตำแหน่งที่จอดได้ ดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 มอเตอร์กระแสตรงที่เลือกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

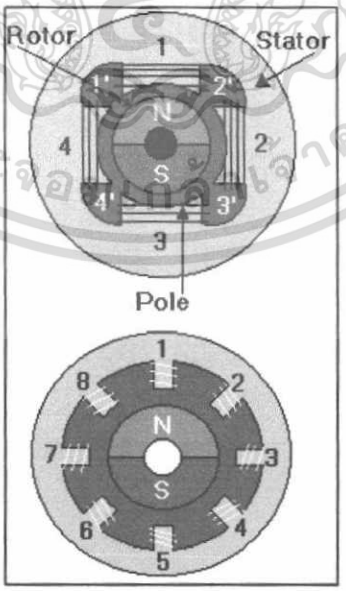
2.5 สเต็ปปิงมอเตอร์

สเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping Moter) เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะเมื่อเราป้อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ทำให้หมุนเพียงเล็กน้อย ตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งต่างจากมอเตอร์ทั่วไป ที่จะหมุนทันทีและตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าข้อดีของสเต็ปปิงมอเตอร์ คือสามารถกำหนด ตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลข (องศาหรือระยะทาง) ได้อย่างละเอียดโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น เครื่องกำหนดและจัดเก็บตัวเลข ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 สเต็ปปิงมอเตอร์

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาประกอบกันเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละซี่นั้นจะมีคอยล์ (ขดลวด) พันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่ เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) ดูดังรูปที่ 2.14 จะแสดงถึงองค์ประกอบที่กล่าวมา



รูปที่ 2.14 โครงสร้างภายในสเต็ปปิงมอเตอร์

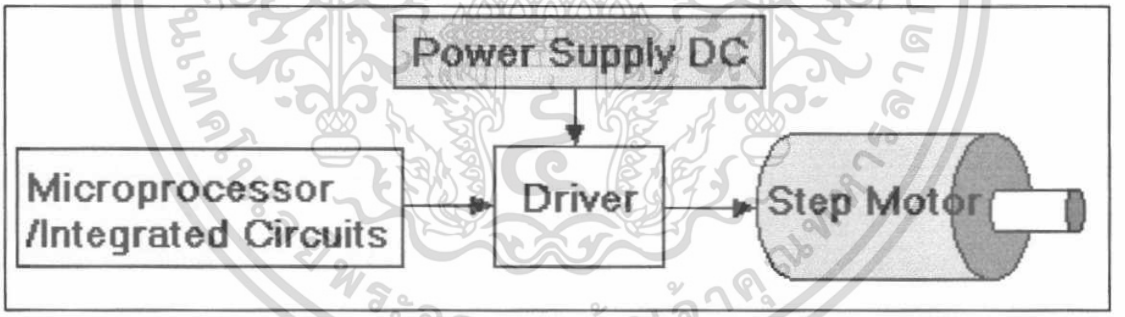
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้ซึ่งถ้าเราเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้นจะเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อวงจรรอบมากขึ้นตามด้วย

ลักษณะการนำไปใช้งาน สเต็ปปิงมอเตอร์ ใช้งานลักษณะระบบเปิด (Open Loop System) คือ สเต็ปปิงมอเตอร์ สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการป้อนค่าพารามิเตอร์กลับมา (Feed back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนนั้น จะต้องการป้อนกลับไปยังระบบและตัวบอกตำแหน่งว่าถูกต้องหรือผิดผลาดให้รับทราบ

ดังเช่นวิธีที่ใช้กับสเต็ปปิงมอเตอร์ คือนำลิมิทสวิตช์ติดตามตำแหน่งที่จะตรวจจับ เมื่อสเต็ปปิงมอเตอร์ เริ่มหมุนแล้วหมุนไปจนถึงตำแหน่งของสวิตช์ตรวจจับสัญญาณ สวิตช์ทำงานก็จะป้อนกลับไปสู่ระบบ ซึ่งก็จะทำให้รู้การทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์ตลอด ตัววงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เองจะมีจุดอ้างอิง ไว้ให้เริ่มต้นการทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้ถูกต้อง

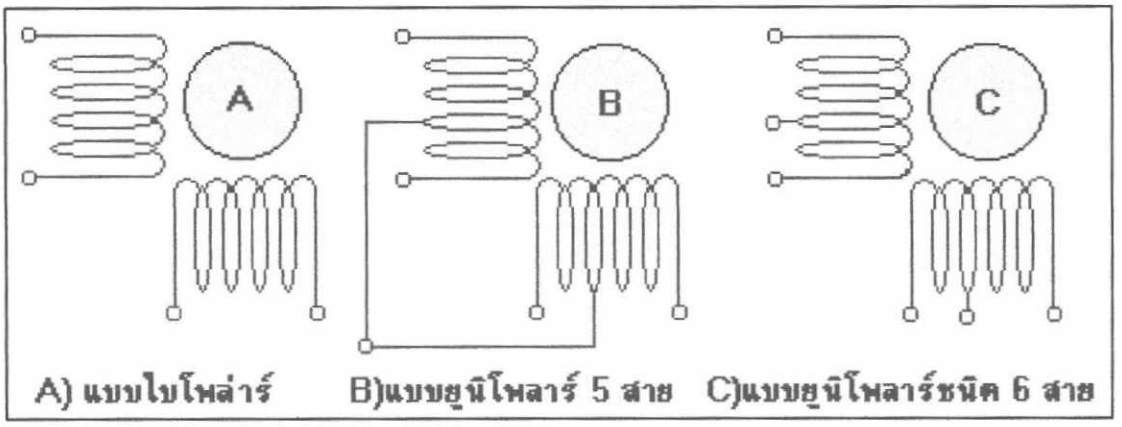
โดยแนวทางสเต็ปปิงมอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า โดยมีกรุ๊ปของไบนารี่โวลท์เตทเป็นอินพุตและการเคลื่อนที่ แบบเชิงมุมเป็นเอาท์พุต หรือว่าหมุนทีละสเต็ปซึ่งอยู่ระหว่าง 0.1 - 30 องศา อยู่ที่โครงสร้างของสเต็ปปิงมอเตอร์ โดยตามสัญญาณพัลซ์ที่จ่ายให้กับขดสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงผลักแก่โรเตอร์หมุนไป สเต็ปปิงมอเตอร์มีขดลวดหลายชุดในที่นี้เราเรียกว่าเฟส (Phase) ดังนั้นสัญญาณที่ต่อเนื่องเป็น ซีเควน (Sequence) ลักษณะของไบนารี่ (Binary) ซึ่งจะต้องไปผ่านวงจรไดรเวอร์ (Driver) ก็จะทำให้โรเตอร์หมุนไปอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การควบคุมระบบสเต็ปปิงมอเตอร์

การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์ จะเห็นว่าการพันมีด้วยกัน 2 วิธี คือแบบไบโพล่าร์ (Bipolar) กับ แบบยูนิโพล่าร์ (Unipolar) ดังรูปที่ 2.16 และ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



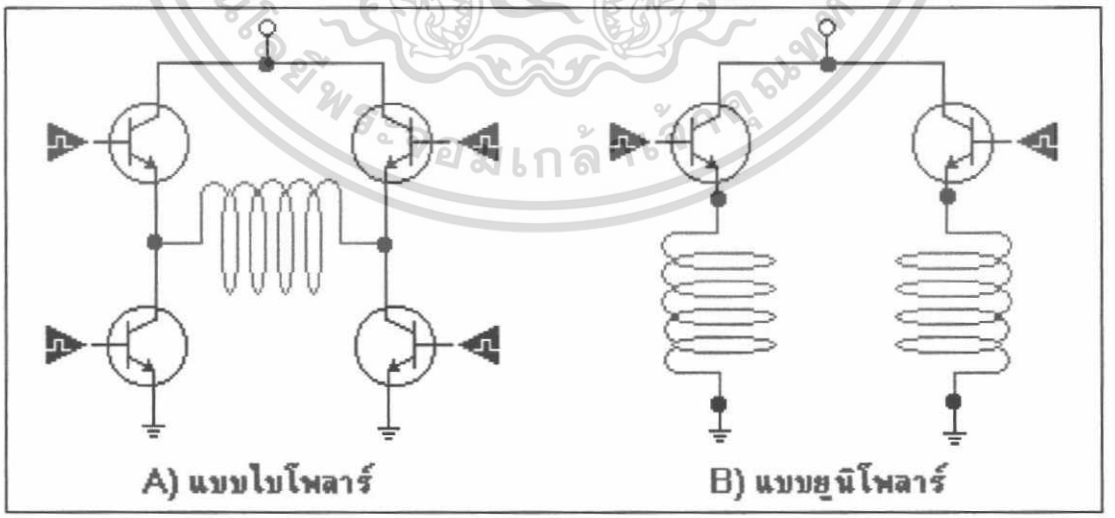
รูปที่ 2.16 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเตปปิงมอเตอร์

1. แบบไบโพลาร์

แบบไบโพลาร์ (bipolar) จะมีการพันขดลวดหนึ่งขด ในแต่ขั้วแม่เหล็กของสเตอร์ โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้เพียง การกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิทชิ่งให้กลับขั้วไฟฟ้า

2. แบบยูนิโพลาร์

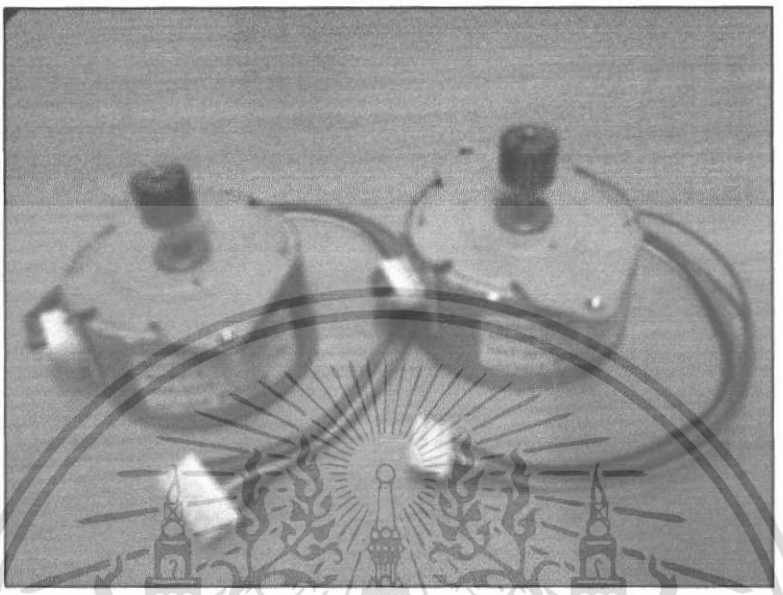
แบบยูนิโพลาร์ (unipolar) แบบนี้มี 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม เช่นกันการกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิทชิ่งให้สลับหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งแทนกัน



รูปที่ 2.17 วงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปปิงมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐานการสวิทชิ่งดังรูปที่ 2.17 ความแตกต่าง คือ แบบยูนิโพล่าร์จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพล่าร์ การเลือกใช้ให้สังเกตจากสายไฟที่ต่อมาจากตัวสเต็ปมอเตอร์ซึ่งแบบไบโพลาร์จะมี 4 สาย ส่วนเป็นแบบยูนิโพล่าร์จะมี 5 สายหรือ 6 สาย



รูปที่ 2.18 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่เลือกใช้

การสั่งงานควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่เลือกใช้เป็นดังรูปที่ 2.18 การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานไปทีละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวด ในแต่ละครั้งบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่า ซีเควนเชียลในลูปที่ถูกต้อง ซึ่งจะแบ่ง ได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบเวฟ(wave) แบบ 2 เฟส (2 phase) และแบบครึ่งสเต็ป (half step) ทั้ง 3 แบบนี้ก็จะมีข้อดีและข้อเสียต่างกันออกไป

1. แบบเวฟ

จะเป็นการกระตุ้นแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งๆเรียงกันไป ตัวอย่างเช่น ขดที่ 1 , 2 , 3 , 4 ,1, 2 , 3 , 4 เป็นลำดับอย่างนี้ หรือ ขด 1 , 4 , 3 , 2 , 1 , 4 , 3 , 2 เป็นลำดับกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องให้มอเตอร์หมุนไป วงจรที่นำมากระตุ้นนั้นจะมีราคาค่อนข้างจะถูกกว่าและง่ายกว่า ดังในรูปของวงจรการจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานเป็นตารางออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.5 ขั้นตอนการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์แบบเวฟ

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON			
2		ON		
3			ON	
4				ON
5	ON			
6		ON		

2. **แบบ 2 เฟส**

แบบนี้ก็จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟ แต่จะต่างกันตรงที่ แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นทีละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันใน เวลาเดียวกัน และจะเรียงลำดับกันไป ดังเช่นแบบเดียวกับแบบเวฟ ตัวอย่างการกระตุ้นขดลวดในลักษณะซีเควน เช่น 12,23,34,41,12,23,34,41 เรียงลำดับกันไปเรื่อยๆ หรือจะเป็น 14,43,32,21,14,43,32,21 เรียงกันไปเรื่อยๆเช่นกัน ข้อดีข้อเสียของแบบ 2 เฟส มีดังนี้

ข้อดี การที่จะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้แรงบิดได้มากกว่า แบบเวฟ ซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรง ดึงแบบเต็มๆแรง จากทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน

ข้อเสีย แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ

สามารถเขียนลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส ได้ดังในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 ขั้นตอนการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์แบบ 2 เฟส

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON	ON		
2		ON	ON	
3			ON	ON
4	ON			ON
5	ON	ON		
6		ON	ON	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบครึ่งสเต็ป

แบบนี้แบบรูปแบบผสมผสานของการกระตุ้นระหว่าง แบบเวฟ กับ แบบ 2 เฟส เพื่อให้จำนวนรอบของสเต็ปให้มากขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเรื่อยๆเป็นลำดับ ดังจะยกตัวอย่างต่อไปนี้ 1,12,2,23,3,34,4,41,1,12,2,23,3,34,4,41,1 เป็นลำดับอยู่อย่างนี้เรื่อยไป ถ้าเราจะกลับทิศทางการหมุนก็จะได้เป็นดังนี้ 1,41,4,43,3,32,2,21,1,41,4,43,3,32,2,21,1 เป็นลำดับกันไป ข้อดีและข้อเสียของการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ปมีดังนี้

ข้อดี การกระตุ้นแบบนี้จะให้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงสเต็ปที่มีระยะสั้นลงออีกประการหนึ่งแต่ละ สเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันเป็นผลให้ค่าตำแหน่งความถูกต้องมากขึ้นไปด้วย

ข้อเสีย ก็คงจะเช่นเดียวกับแบบ 2 เฟส ที่ต้องจ่ายกำลังไฟเป็น 2 เท่าของแบบเวฟหรือจะใช้เท่ากับแบบ 2เฟส

สามารถเขียนลำดับการทำงานของแบบครึ่งเฟส ในรูปของตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.7 ขั้นตอนการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์แบบครึ่งเฟส

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON			
2	ON	ON		
3		ON		
4		ON	ON	
5			ON	
6			ON	ON
7				ON
8	ON			ON
9	ON			
10	ON	ON		

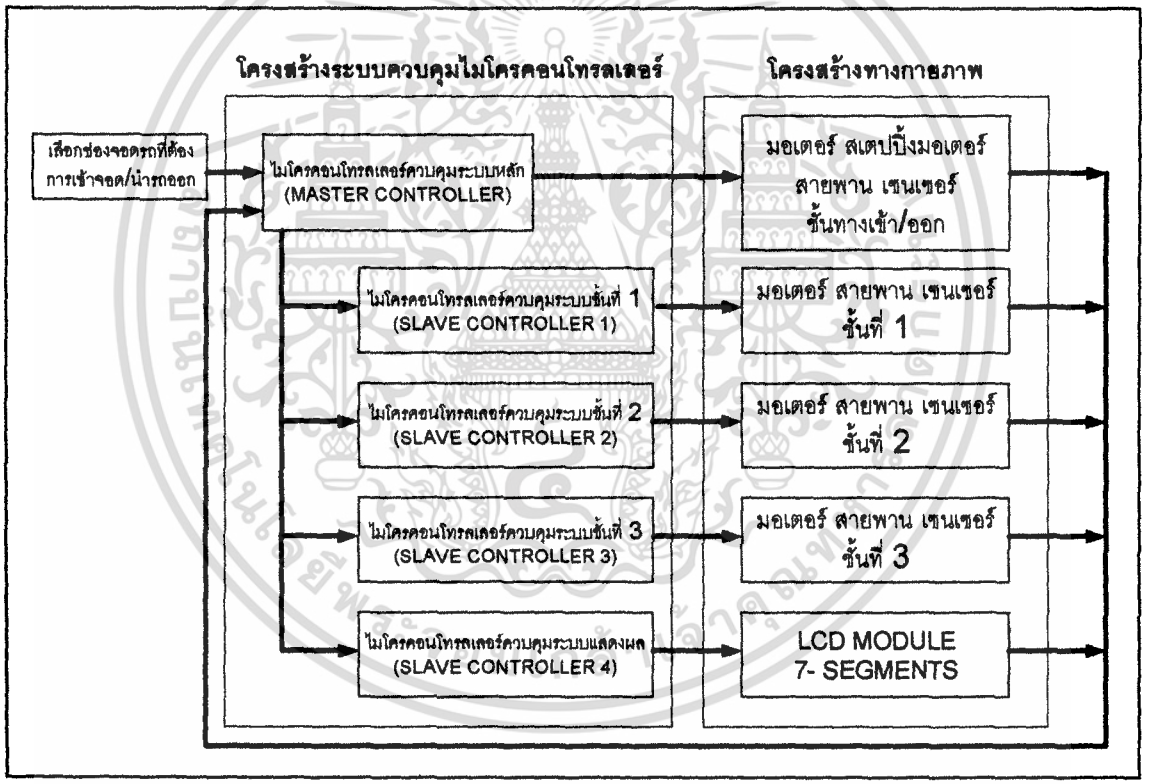
จากเนื้อหาที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้น แสดงให้เห็นว่าเนื้อหาในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีต่างๆในการสร้างชิ้นงาน ซึ่งได้แนวคิดของรูปแบบโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก รวมถึงการกล่าวถึงข้อมูลต่างๆ เช่น รูปแบบของรีจิสเตอร์ โหมดในการทำงานต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์และสถาปัตยกรรมที่มีความจำเป็นที่ต้องนำมาใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ อีกทั้งยังมีเนื้อหาที่เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาซีที่จะต้องใช้ในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการออกแบบ

การออกแบบอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ในเบื้องต้นต้องเข้าใจหลักการในการทำงานที่เป็นภาพรวมของระบบควบคุมก่อนว่า มีหลักการทำงานอย่างไร แล้วจึงค่อยพิจารณาในส่วนประกอบย่อยต่างๆอันประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็นโครงสร้างของตัวอาคารและระบบควบคุม ส่วนที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนที่เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมระบบอาคาร

โดยหลักการทำงานที่เป็นภาพรวมของอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแสดงได้เป็นแผนภาพดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพรวมแสดงการทำงานของอาคารจำลองที่จอดรถ

จากรูปที่ 3.1 ได้แสดงให้เห็นว่า อาคารจำลองที่จอดรถมีส่วนประกอบหลักๆดังนี้

- โครงสร้างของระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์
- โครงสร้างทางกายภาพของตัวอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมอาคารจำลองที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ได้ทำการเลือกใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมหลัก และจากที่ได้แสดงให้เห็นจากภาพรวมของอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะเห็นได้ว่าอาคารนี้ได้มีการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมอาคาร โดยแบ่งแยกการควบคุมออกเป็นชั้นๆ และจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบหลักทั้งหมดอีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำการอธิบายแยกย่อยออกเป็นดังนี้

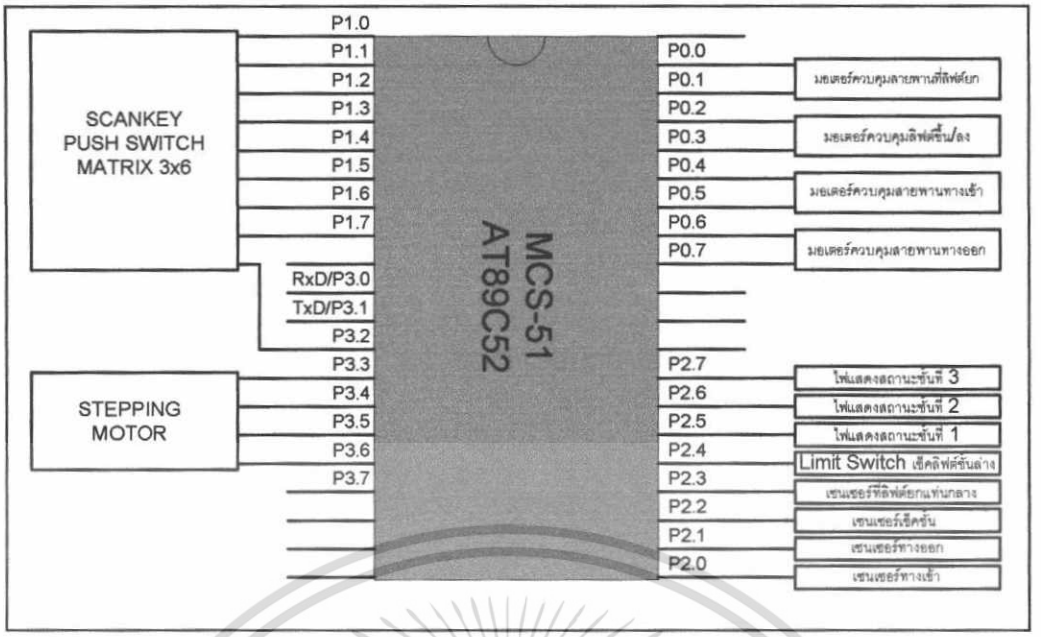
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบหลัก
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบในแต่ละชั้นของอาคารจำลองที่จอดรถ
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมหน่วยแสดงผล
- หน่วยควบคุมการขับคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและสเตปปิงมอเตอร์

3.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบหลัก

เนื่องจากตัวอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ เป็นอาคารที่จอดรถที่มีช่องจอดเป็นจำนวน 18 ช่องจอด ดังนั้นในการควบคุมระบบทั้งหมดของอาคารจึงต้องมีการเขียนโปรแกรมที่รองรับการทำงานของตัวอาคารที่มีความสลับซับซ้อน รวมถึงต้องมีโปรแกรมที่ต้องทำการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวลูกอีก 4 ตัว ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (AT89C52) ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีหน่วยความจำโปรแกรม มากกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (AT89C51) เพื่อรองรับโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบหลักนี้ จะทำหน้าที่ในการควบคุมหน่วยต่างๆดังนี้

- ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบในแต่ละชั้น
- ควบคุมหน่วยมอเตอร์ที่นำรถ เข้า/ออก จากตัวอาคารจำลอง รวมถึงลิฟต์ยกรถ ขึ้น/ลง
- ควบคุมหน่วยสเตปปิงมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนแท่นลิฟต์
- ควบคุมหน่วยเซนเซอร์ที่ใช้ในการเช็ครถที่ เข้า/ออกในตัวอาคาร
- ควบคุมปุ่มกดที่ใช้ในการเลือกช่องจอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

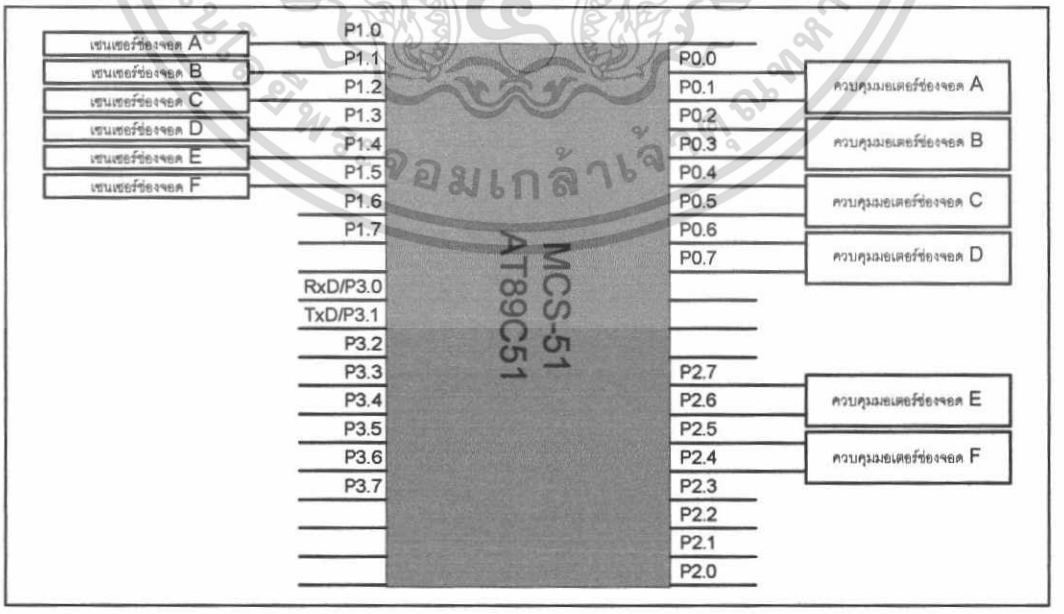


รูปที่ 3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบหลัก

3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบในแต่ละชั้นของอาคารที่จอดรถ

จากที่อาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ เป็นอาคารที่ได้ออกแบบมีทั้งหมด 3 ชั้น โดยในแต่ละชั้นมี 6 ช่องจอด ดังนั้น จึงต้องมีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (AT89C51) ดังรูปที่ 3.3 ที่เป็นตัวควบคุมในแต่ละชั้นทั้งหมด 3 ตัว โดยแต่ละตัวต้องทำหน้าที่ในการควบคุมหน่วยต่างๆดังนี้

- ควบคุมหน่วยมอเตอร์ที่ใช้ลำเลียงรถ เข้า/ออก ในแต่ละช่องจอด
- ควบคุมเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจเช็ครถ เข้า/ออก ในแต่ละช่องจอด



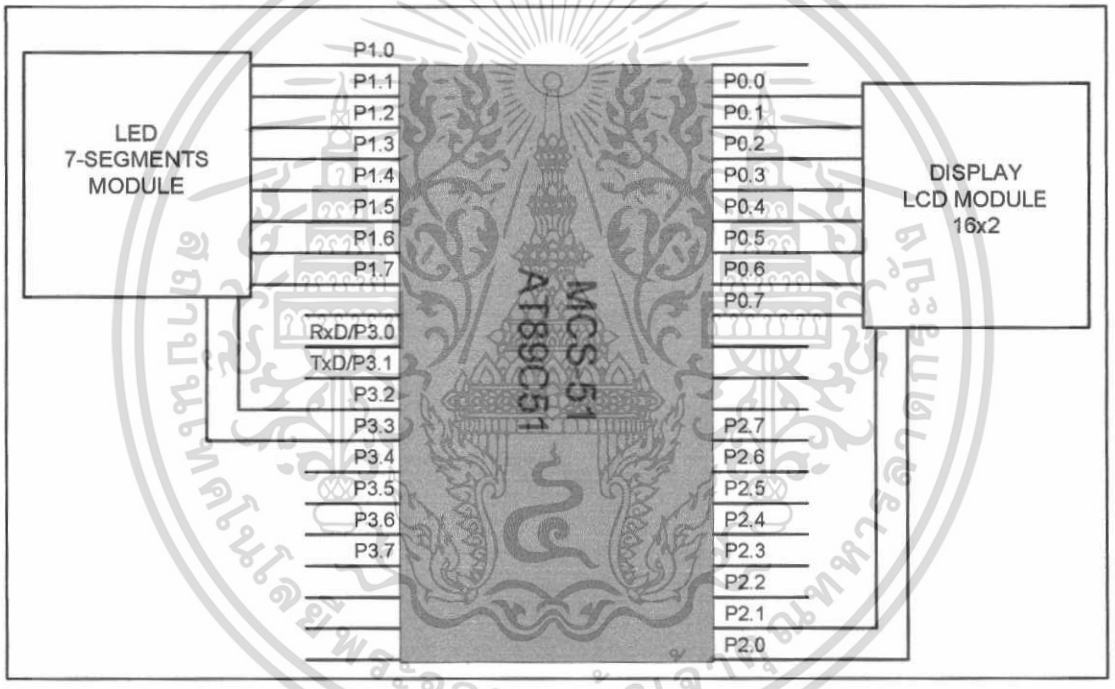
รูปที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมเฉพาะในแต่ละชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมหน่วยแสดงผล

เนื่องจากจุดประสงค์ที่ได้จัดทำอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ สามารถนำอาคารนี้ไปใช้เป็นแนวคิดที่สามารถนำไปสร้างไปใช้จริงได้ ดังนั้นอาคารที่เป็นของจริงก็ควรจะมีหน่วยที่ใช้ในการแสดงผลที่ต้องบอกถึง ว่าอาคารที่จอดรถนี้มีช่องจอดว่างเป็นจำนวนเท่าไรเพื่อที่จะแสดงให้กับผู้ใช้บริการทราบ รวมถึงมีไฟแสดงสถานะที่จะบ่งบอกถึงผู้ใช้บริการว่าช่องจอดใดว่างหรือช่องจอดใดมีรถใช้บริการอยู่ และยังมีหน้าจอแอลซีดี ที่คอยจะบอกข้อมูลที่ผู้ใช้บริการควรทราบด้วย ดังรูปที่ 3.4 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมหน่วยแสดงผลนี้ต้องทำหน้าที่ในการควบคุมหน่วยต่างๆดังนี้

- ควบคุมหน่วยแสดงผลจำนวนช่องจอดด้วยเซเวน-เซกเมนท์
- ควบคุมหน่วยแสดงผลแอลซีดี

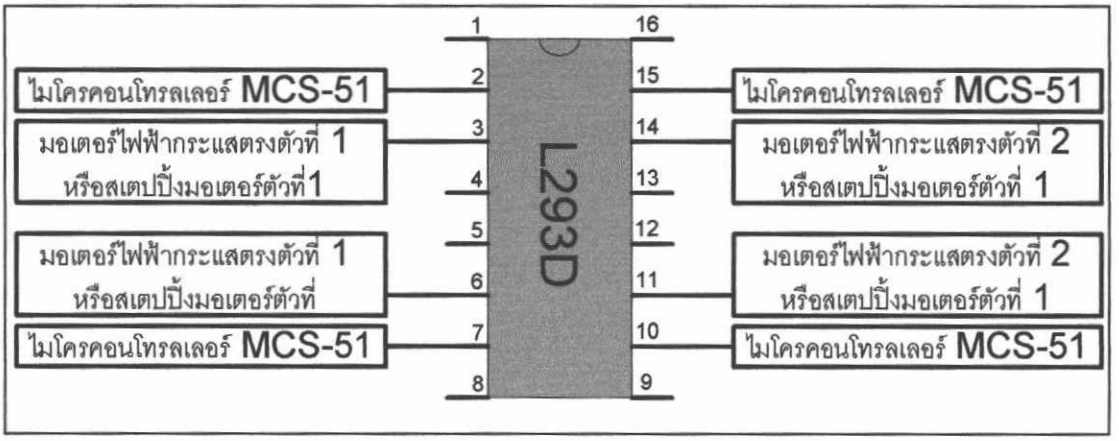


รูปที่ 3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมหน่วยแสดงผล

3.1.4 หน่วยควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและสเตปปิงมอเตอร์

จากที่ทางคณะผู้จัดทำ ได้ทำการออกแบบตัวอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้มีลักษณะของช่องจอด ที่มีทางเข้าออกที่เป็นช่องเดียวกัน ดังนั้นในการติดตั้งสายพานลำเลียง จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีตัวควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ทั้ง 2 ทิศทาง รวมถึงการที่อาคารได้นำสเตปปิงมอเตอร์มาติดตั้ง จึงได้นำตัวควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย L293D ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 L293D ตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์

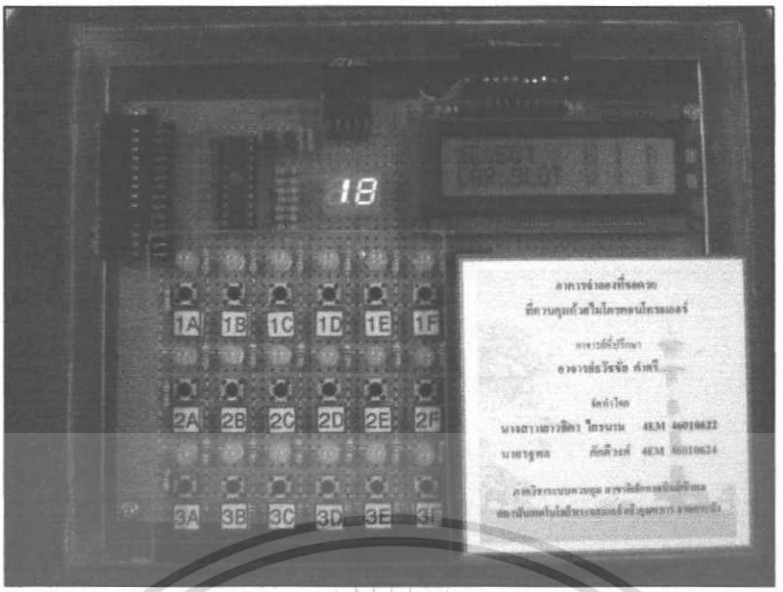
3.2 โครงสร้างทางกายภาพ ของอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างทางกายภาพของอาคารจำลองที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยส่วนต่างๆหลายส่วน โดยหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการออกแบบในแต่ละส่วน ดังนี้

3.2.1 แผงควบคุมอาคารสำหรับผู้ใช้งาน

แผงควบคุมนี้เป็นแผงสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องการจะมาใช้บริการอาคารจอดรถ โดยที่แผงควบคุมนี้จะประกอบไปด้วย ปุ่มกดจำนวน 18 ปุ่ม โดยเหนือขึ้นไปในแต่ละปุ่มจะมีไฟที่จะทำหน้าที่แสดงสถานะของแต่ละช่องจอดว่าช่องจอดใดมีรถใช้บริการอยู่หรือว่าง โดยการแสดงสถานะนั้นถ้าไฟติดจะแสดงว่าช่องจอดนั้นมีรถใช้บริการอยู่ แต่ถ้าไฟดับก็จะแสดงว่าช่องจอดนั้นว่าง ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้บริการรู้ได้ว่าตนเองจะเลือกให้รถของตนนั้นเข้าจอดที่ช่องไหน นอกจากนี้บนแผงควบคุมยังมีเซเวน-เซกเมนท์ ที่จะคอยบอกให้กับผู้ที่จะใช้บริการว่าอาคารที่จอดรถนี้มีช่องจอดที่ว่างจำนวนกี่ช่องจอด รวมถึงมีจอแอลซีดีที่บอกให้เลือกช่องจอดและยังแสดงคำขอบคุณหลังจากที่ผู้ใช้บริการนำรถออกจากอาคารอีกด้วย ดังรูปที่ 3.6

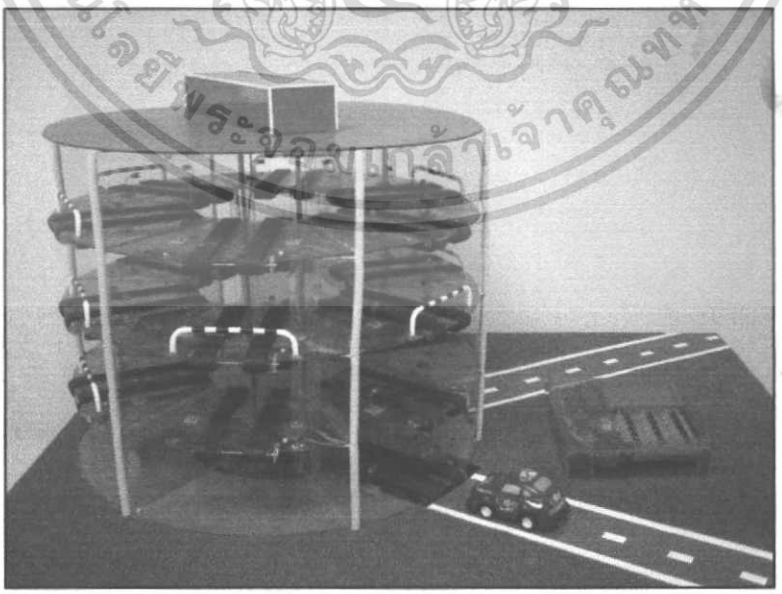
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผงควบคุมอาคารสำหรับผู้ใช้งาน

3.2.2 การออกแบบโครงสร้างอาคาร

การออกแบบโครงสร้างอาคารที่จอดรถนี้เนื่องจากทางคณะผู้จัดทำต้องการให้เป็นอาคารที่จอดรถที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งภายในตัวอาคารจึงจำเป็นที่จะต้องมีตัวลำเลียงที่จะต้องนำรถเข้าจอดในแต่ละช่องจอด ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบอาคารจำลองที่จอดรถ ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นให้มีลักษณะที่เป็นช่องๆ จัดเรียงกันเป็นวงกลมจำนวน 6 ช่องซ้อนกันเป็น 3 ชั้น โดยเว้นช่องตรงกลางเป็นที่สำหรับให้ลิฟต์เคลื่อนที่ ขึ้น/ลง ได้ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โครงสร้างอาคารจำลองที่จอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การติดตั้ง มอเตอร์ สายพาน และ เซนเซอร์

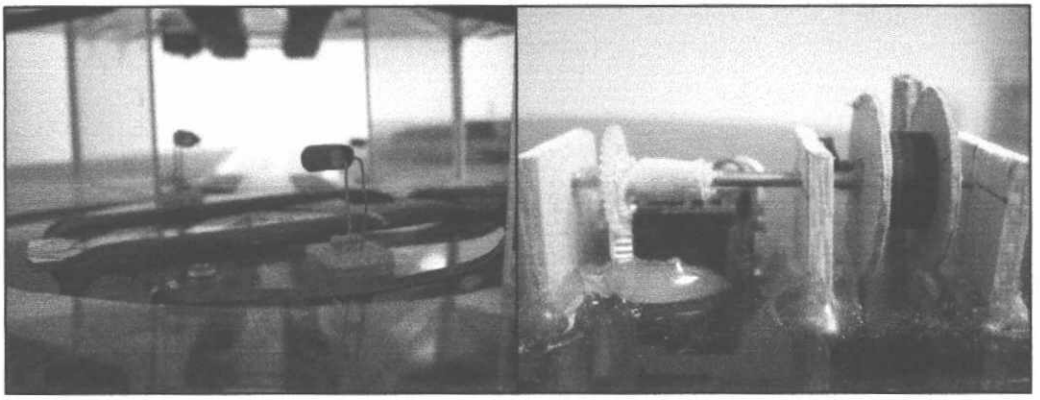
จากที่ได้กล่าวมาแล้ว ว่าทางคณะผู้จัดทำมีความต้องการที่จะให้อาคารที่จอดรถนี้ เป็นอาคารที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ และต้องมีตัวลำเลียงรถที่จะไปจอดในช่องจอดต่างๆได้ซึ่งตัวที่จะคอยเป็นตัวขับเคลื่อนหน่วยลำเลียง นั่นก็คือ มอเตอร์ซึ่งได้ใช้เป็นมอเตอร์ไฟกระแสตรงที่มีขนาดเล็กเพื่อให้มีความสวยงาม ในการติดตั้งและมีการทดรอบ เพื่อให้มีแรงเพียงพอที่จะขับสายพานได้ และในส่วนที่คอยเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างมอเตอร์กับรถ คือสายพานที่จะคอยมีหน้าที่ในการทำให้รถสามารถเคลื่อนที่ไปในส่วนต่างๆของอาคารได้ โดยในการติดตั้งต้องทำการติดตั้งในมีระยะห่างเท่ากับระยะห่างระหว่างล้อรถด้วย และติดตั้งไว้กับเพลาที่ติดกับเฟืองที่จะไปขบกับฟันเฟืองของมอเตอร์อีกทีหนึ่ง และในส่วนสุดท้ายคือตัวเซนเซอร์ที่ใช้เป็นตัวเช็ครถ เข้า/ออก ในช่องจอดโดยเซนเซอร์ที่ใช้เป็นเซนเซอร์แสงที่จะมี 2 ส่วนคือตัวรับและตัวส่งได้ทำการติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งตรงกลางของช่องจอด และติดตัวรับและตัวส่งแยกคนละฝั่งกันของสายพาน ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 การติดตั้งมอเตอร์ เฟือง สายพาน เซนเซอร์

3.2.4 ลิฟต์ยกรถไปในชั้นต่างๆ

เนื่องจากอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ได้เป็นอาคารที่มีช่องจอดแบ่งเป็นอาคาร 3 ชั้น ดังนั้นอาคารนี้จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีลิฟต์ที่ใช้ในการลำเลียงรถ ขึ้น/ลง โดยในการติดตั้งลิฟต์ให้สามารถเคลื่อนที่ ขึ้น/ลง ได้นั้นได้ใช้มอเตอร์ไฟกระแสตรงติดตั้งไว้ที่ด้านบนสุดของอาคาร เป็นตัวขับเคลื่อนหมุนรอกที่มีเชือกติดอยู่กับแท่นลิฟต์ และภายในตัวอาคารก็ยังได้มีการติดตั้งเสาเหล็กให้เป็นแนวเคลื่อนที่ของแท่นลิฟต์เพื่อที่จะได้ทำให้เวลาที่ลิฟต์เคลื่อนที่ ขึ้น/ลง จะได้เคลื่อนที่เป็นแนวดิ่งตรงไม่แกว่งไปแกว่งมา ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ลิฟต์ยกและระบบขับเคลื่อนลิฟต์ยก

3.2.5 การติดตั้งสเตปปิงมอเตอร์

จากที่อาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ ได้ออกแบบให้มีลักษณะการเรียงตัวของช่องจอดเป็นแบบวงกลมในแต่ละชั้นจะมี 6 ช่องจอดดังนั้นในการที่จะนำรถเข้าจอดที่ช่องใดช่องหนึ่งแท่นลิฟต์ยกต้องมีความสามารถในการหมุนให้พอดีกับแต่ละช่องจอด ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้เลือกใช้สเตปปิงมอเตอร์ (Stepping Motor) แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar) โดยใช้การสั่งงานการเคลื่อนที่ของสเตปปิ้งมอเตอร์เป็นแบบเวฟ (wave) ที่สามารถหมุนได้โดยการควบคุมองศาในการหมุนได้ นำมาติดตั้งไว้ใต้แท่นลิฟต์ยก ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 การติดตั้งสเตปปิงมอเตอร์ที่ลิฟต์ยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเนื้อหาที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้น แสดงให้เห็นว่าเนื้อหาในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการนำความรู้ที่ได้กล่าวถึงมาแล้วในบทที่ 1 และ 2 นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งวงจรที่ได้ออกแบบนั้นจะเห็นได้ว่ามีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมระบบทั้งหมด เป็นจำนวน 5 ตัว เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรมภาษาซี และง่ายต่อการควบคุม นอกจากนั้นยังได้แสดงถึงการเลือกใช้ไอซีต่างๆที่ใช้ในการควบคุมโครงสร้างทางกายภาพของตัวอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และยังบอกถึงการติดตั้งและการสั่งงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ในตัวอาคารอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

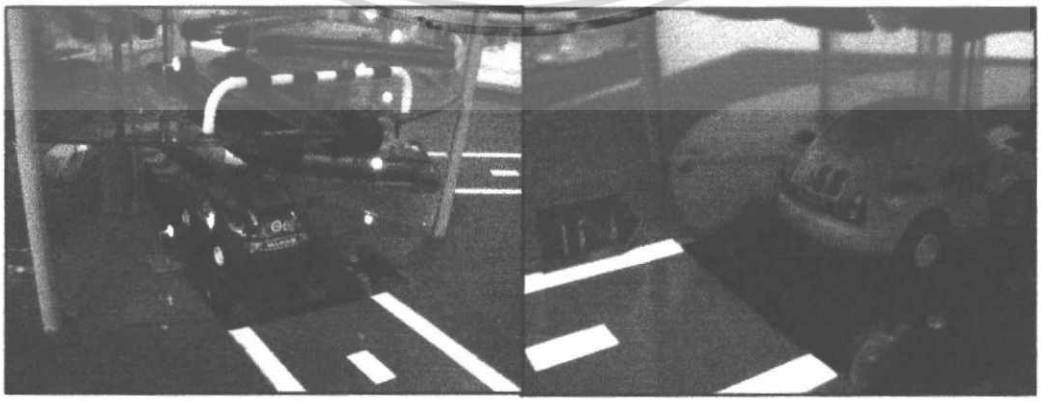
บทที่ 4
ขั้นตอนการทำงาน การใช้งานและการแสดงผล

ในบทนี้จะอธิบายถึงการใช้งานจริงของโครงงานนี้สำหรับผู้ใช้บริการ พร้อมอธิบายถึงการทำงานและการแสดงผลในส่วนต่างๆ โดยจะแบ่งการแสดงขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการนำรถเข้ายังอาคารจอดรถ และส่วนนำรถออกจากอาคารจอดรถ

4.1 การนำรถเข้าอาคารจอดรถ

1. เมื่อผู้ใช้บริการต้องการนำรถเข้าจอดในอาคารจอดรถ ให้ผู้ใช้บริการสังเกตที่จอแสดงผลที่เซเวน-เซกเมนท์ ว่ามีช่องจอดว่างหรือไม่ โดยเซเวน-เซกเมนท์จะแสดงจำนวนของช่องจอดที่ว่าง โดยมีจำนวนช่องจอดที่ว่างสูงสุดที่ 18 ช่องจอด (อาคารมีทั้งหมด 3 ชั้น ชั้นละ 6 ช่องจอด) ดังรูปที่ 4.1 แสดงว่าขณะนี้มีจำนวนช่องจอดที่ว่าง 18 ช่องจอด ถ้ามีช่องจอดว่างให้ผู้ใช้บริการเคลื่อนรถเข้ามายังตำแหน่งทางเข้าของที่จอดรถ ดังรูปที่ 4.2

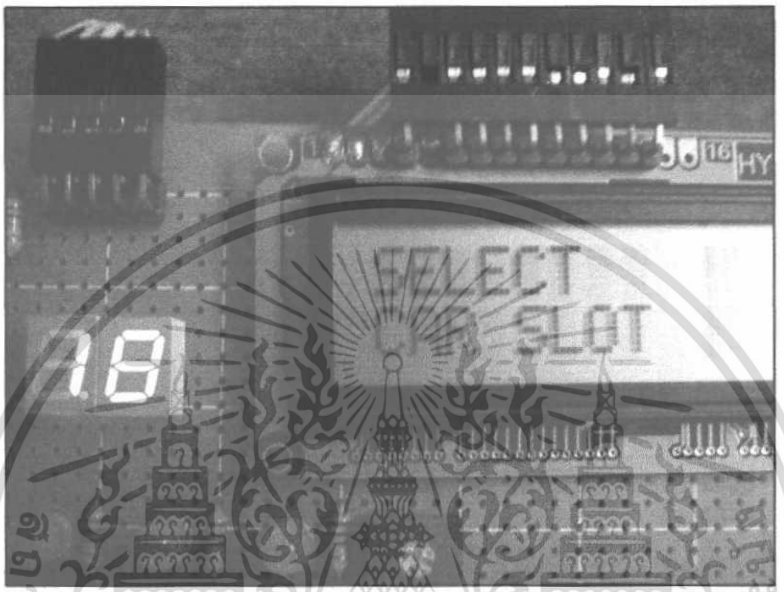
รูปที่ 4.1 เซเวน-เซกเมนท์แสดงจำนวนช่องจอดว่าง 18 ช่องจอด



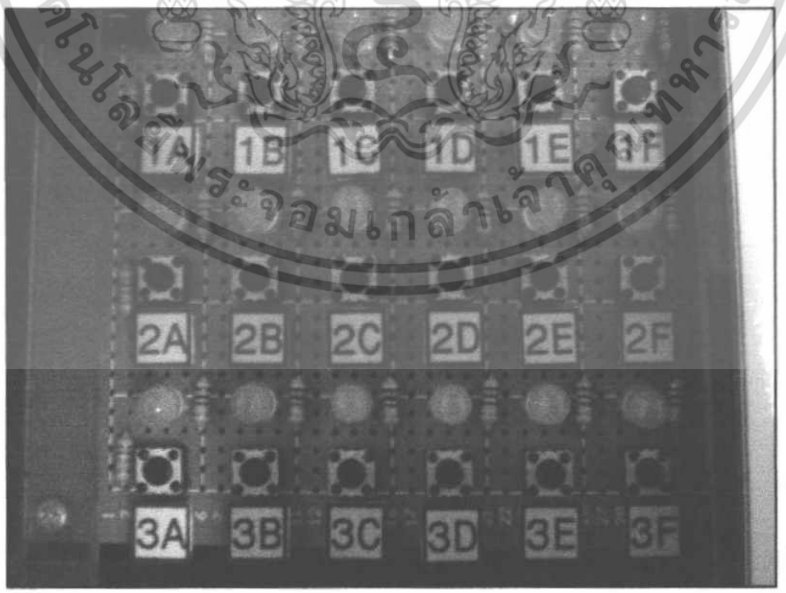
รูปที่ 4.2 ตำแหน่งทางเข้าของที่จอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อรถอยู่ในตำแหน่งทางเข้าเรียบร้อยแล้ว หน้าจอแอลซีดี จะแสดงข้อความ “SELECT CAR SLOT” ดังรูปที่ 4.3 ให้ผู้ใช้บริการกดปุ่มที่แผงควบคุมเพื่อเลือกตำแหน่งที่ต้องการจอดรถ โดยสามารถสังเกตว่าช่องจอดใดว่างหรือไม่จากหลอดแอลอีดีที่แผงควบคุม ถ้าหลอดแอลอีดีติด แสดงว่าช่องนั้นมีรถจอด ให้เลือกช่องจอดที่หลอดแอลอีดีดับที่ช่องจอดที่ต้องการ ดังรูปที่ 4.4 (จากรูปเลือกตำแหน่งช่องจอดที่ตำแหน่ง 2B ซึ่งอยู่ชั้นที่ 2 ของอาคาร)



รูปที่ 4.3 จอแอลซีดีแสดงข้อความขาเข้า

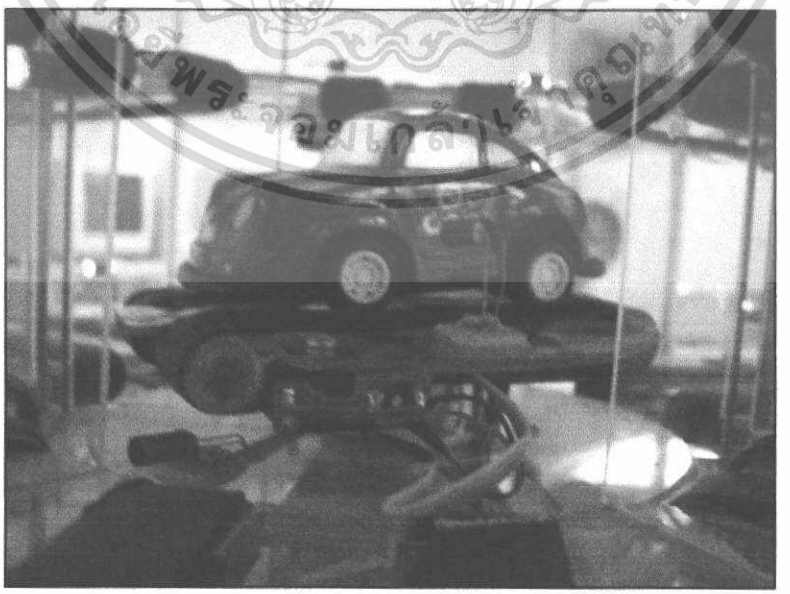


รูปที่ 4.4 หลอดแอลอีดีแสดงสถานะของช่องจอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

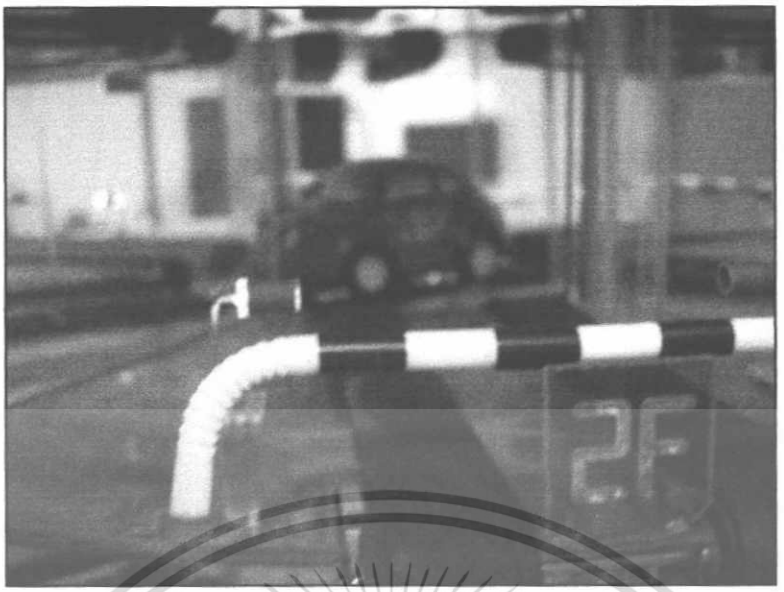
3. เมื่อกดปุ่มเลือกตำแหน่งช่องจอดเรียบร้อยแล้ว ระบบของอาคารจะทำการเคลื่อนย้ายรถจากตำแหน่งทางเข้าไปยังแท่นยกรถตรงกลาง ดังรูปที่ 4.5 จากนั้นรถจะเคลื่อนขึ้นไปยังชั้นที่ได้เลือกตำแหน่งช่องจอดรถไว้ (จากรูปเลือกตำแหน่งที่ชั้น 2) ดังรูปที่ 4.6 ถ้าตำแหน่งช่องจอดที่ได้เลือกไว้ไม่ตรงกับตำแหน่งช่องทางเข้า สเต็ปปิงมอเตอร์ที่แท่นยกรถตรงกลางจะหมุนเพื่อให้รถตรงกับตำแหน่งของช่องจอดที่ได้เลือกไว้ ดังรูปที่ 4.7 จากนั้นรถจะเคลื่อนที่จากแท่นยกรถตรงกลางไปยังตำแหน่งช่องจอดที่ได้กดปุ่มเลือกไว้ในตอนต้น ดังรูปที่ 4.8 หลอดแอลอีดีที่แสดงสถานะของช่องจอดที่ได้เลือกไว้จะติด เพื่อให้ทราบสถานะของช่องจอดนั้นว่าขณะนี้มีรถจอดอยู่และผู้ใช้บริการก็จะได้ทราบว่ารถได้เคลื่อนเข้ายังตำแหน่งที่จอดเรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.5 รถเคลื่อนที่จากตำแหน่งทางเข้าไปยังแท่นยกรถตรงกลาง



รูปที่ 4.6 รถเคลื่อนที่ขึ้นไปยังชั้นที่ได้เลือกตำแหน่งช่องจอดไว้

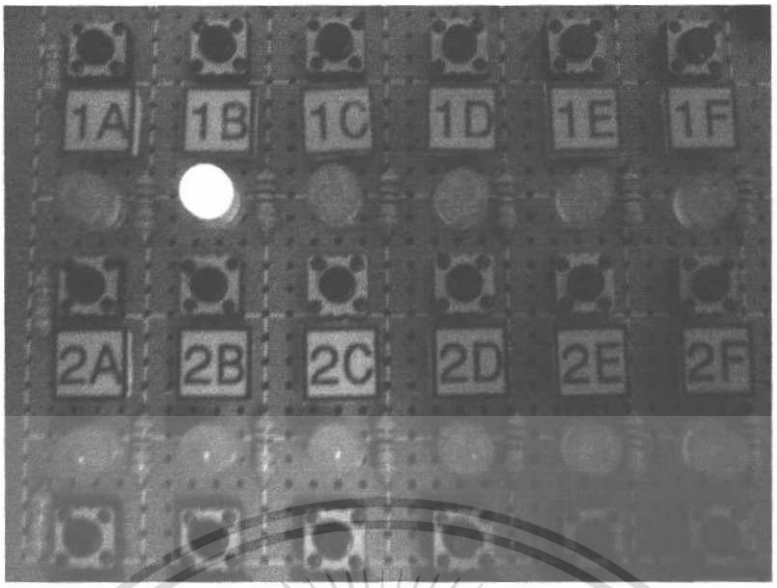
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนเพื่อให้รถตรงกับตำแหน่งช่องจอดที่ต้องการ

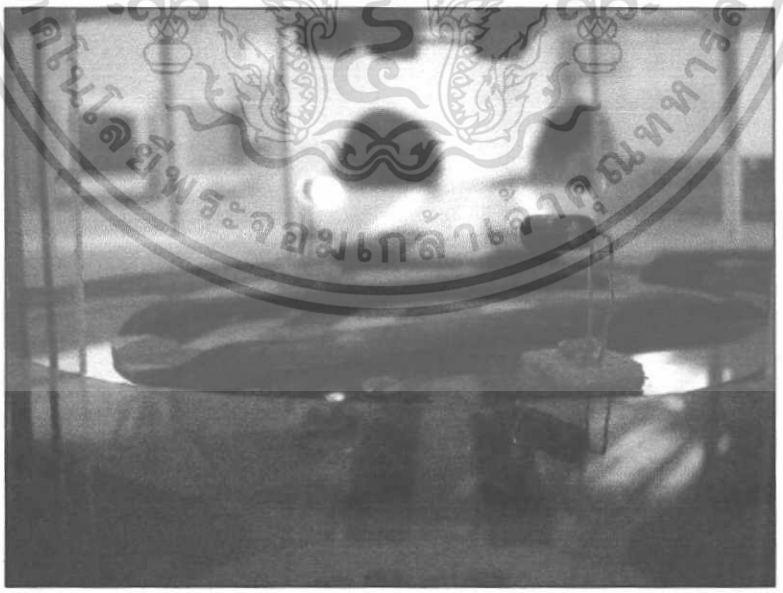
รูปที่ 4.8 รถเคลื่อนที่จากตำแหน่งแท่นยกรถตรงกลางไปยังตำแหน่งช่องจอดที่ได้เลือกไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



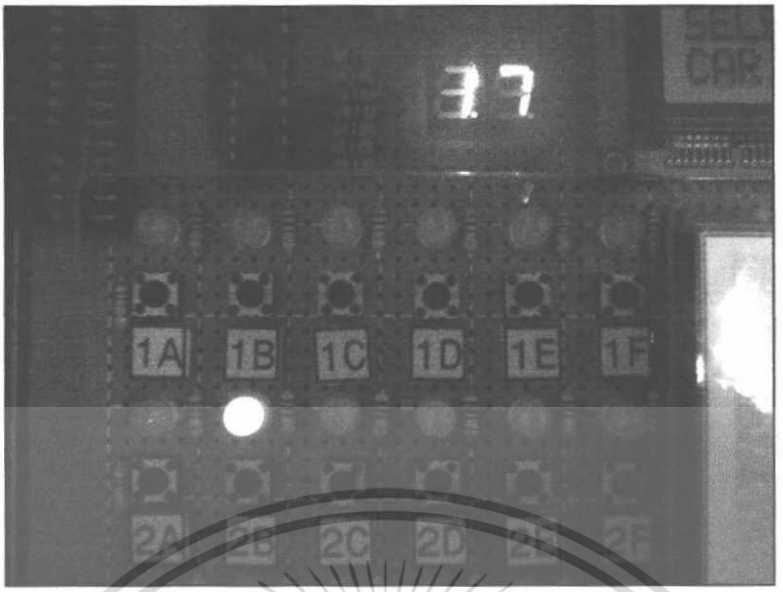
รูปที่ 4.9 หลอดแอลอีดีแสดงสถานะของช่องจอดติด

4. เมื่อรถเคลื่อนที่เข้ายังช่องจอดเรียบร้อยแล้วแท่นยกรถตรงกลางจะเคลื่อนที่ลงมายังตำแหน่งทางเข้า เพื่อรอรับรถที่จะเข้าจอดยังอาคารต่อไป ดังรูปที่ 4.10 และเซเวน-เซกเมนท์จะเปลี่ยนเลขเพื่อแสดงจำนวนช่องจอดที่มีอยู่ในขณะปัจจุบัน ดังรูปที่ 4.11 (จากรูป จำนวนตำแหน่งช่องจอดที่ว่างจาก 18 ช่องจอดเปลี่ยนเป็น 17 ช่องจอด)



รูปที่ 4.10 แท่นยกรถเคลื่อนที่ลงมายังตำแหน่งทางเข้าเพื่อรอรับรถคันต่อไป

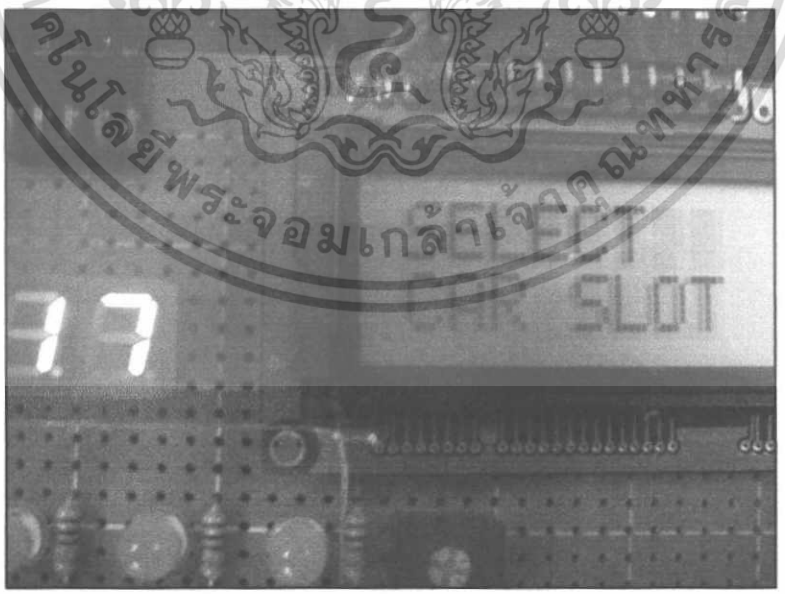
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 เซเวน-เซกเมนท์เปลี่ยนเลข แสดงจำนวนช่องจอด

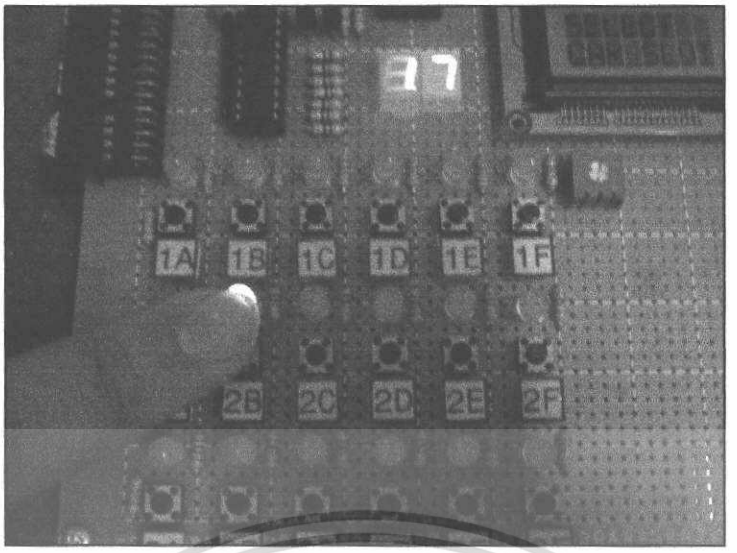
4.2 การนำรถออกจากอาคารจอดรถ

1. เมื่อผู้ใช้บริการต้องการนำรถออกจากอาคารจอดรถ ผู้ใช้บริการจะสังเกตเห็นหน้าจอแอลซีดีจะแสดงข้อความ "SELECT CAR SLOT" ดังรูปที่ 4.12 ให้ผู้ใช้บริการกดปุ่มที่แผงควบคุม เพื่อเลือกตำแหน่งที่ได้ทำการจอดรถเอาไว้ ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 จอแอลซีดีแสดงข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

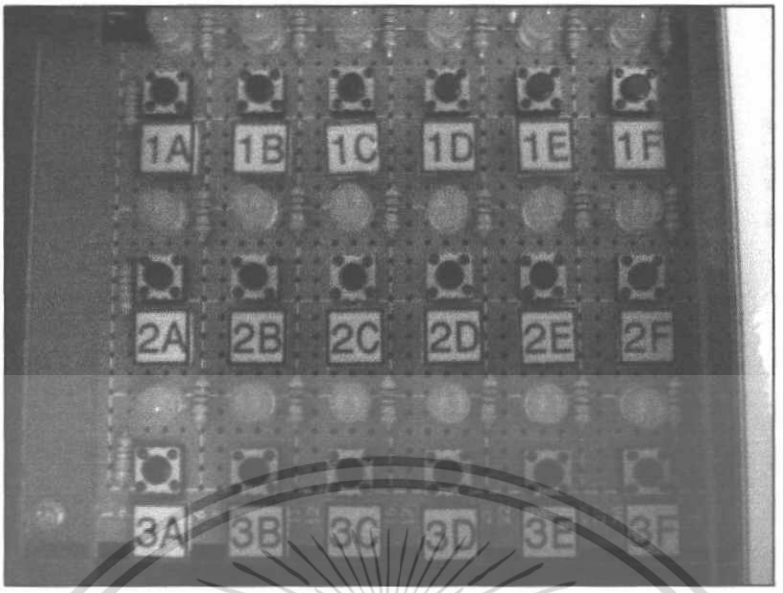


รูปที่ 4.13 ผู้ใช้บริการกดปุ่มเลือกตำแหน่งที่ได้จอดรถ

2. เมื่อกดปุ่มเลือกตำแหน่งช่องจอดเรียบร้อยแล้ว ระบบของอาคารจะทำการเคลื่อนย้ายรถออกจากตำแหน่งที่จอดไปยังแท่นยกรถตรงกลางดังรูปที่ 4.14 หลอดแอลอีดีที่แสดงสถานะของช่องจอดที่ทำการจอดไว้จะดับ เพื่อให้ทราบสถานะของช่องจอดนั้นว่าขณะนี้ว่างอยู่และผู้ใช้บริการก็จะได้ทราบว่ารถได้เคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งที่จอดแล้ว ดังรูปที่ 4.15 จากนั้นรถจะเคลื่อนที่ลงไปยังชั้นล่าง ดังรูปที่ 4.16 ถ้าตำแหน่งช่องจอดที่ได้ทำการจอดไว้ไม่ตรงกับตำแหน่งช่องทางออก สเต็ปปิงมอเตอร์ ที่แท่นยกรถตรงกลางจะหมุนเพื่อให้รถตรงกับตำแหน่งของช่องทางออก ดังรูปที่ 4.17 จากนั้นรถจะเคลื่อนที่จากแท่นยกรถตรงกลางไปยังตำแหน่งช่องทางออก ผู้ใช้บริการสามารถนำรถออกจากอาคารผ่านช่องทางออกนี้ได้ทันที ดังรูปที่ 4.18 และแท่นยกรถตรงกลางจะหมุนกลับไปยังตำแหน่งช่องทางเข้า เพื่อรับบริการของผู้ใช้บริการต่อไป

รูปที่ 4.14 รถเคลื่อนที่จากตำแหน่งช่องจอดที่ไปยังแท่นยกรถตรงกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 หลอดแอลอีดีแสดงสถานะของช่องจอดรับ

รูปที่ 4.16 รถเคลื่อนลงไปยังตำแหน่งช่องทางออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.17 สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนเพื่อให้รถตรงกับตำแหน่งช่องทางออก

รูปที่ 4.18 รถเคลื่อนที่จากตำแหน่งแท่นยกรถตรงกลางไปยังตำแหน่งช่องทางออก

3. เมื่อรถมายังตำแหน่งทางออกอาคารจอดรถ จะสังเกตเห็นได้ว่า จอแอลซีดี จะแสดงข้อความว่า "THANK YOU" และเซเวน-เซกเมนท์จะเปลี่ยนค่า เพิ่มจำนวนช่องจอดที่ว่างมากขึ้น

จากการทดสอบระบบอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่าสามารถทำงานได้ตามที่ได้วางแผนไว้ คือ สามารถเคลื่อนย้ายรถขึ้นไปเก็บและนำรถออกจากอาคารได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยผู้ใช้งานสามารถสั่งการผ่านแผงควบคุมการทำงานโดยกดพุทสวิตช์ เพื่อเลือกชั้นและตำแหน่งที่ใช้งาน ซึ่งจะแสดงขั้นตอนการทำงานผ่านทางหน้าจอแอลซีดี แสดงจำนวนตำแหน่งที่จอดที่ว่างผ่านทางเซเวน-เซกเมนท์และแสดงสถานะของช่องตำแหน่งที่จอดว่าว่างหรือไม่ผ่านหลอดแอลอีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปโครงงาน

จากที่ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะปัญหาที่เกิดในเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร พบว่าปัญหาในเรื่องของที่จอดรถ ที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้งยังไม่อำนวยความสะดวกได้ดีเพียงพอ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ขึ้น โดยโครงงานนี้ได้ทำการสร้างในรูปแบบของอาคารจำลองที่จอดรถ โดยออกแบบอาคารให้มีลักษณะที่เป็นรูปทรงกระบอก แบ่งเป็นชั้นทั้งหมด 3 ชั้นโดยแต่ละชั้นนั้นจะมีช่องจอด 6 ช่องจอดโดยภายในตัวอาคารตรงกลางนั้นจะมีลิฟต์ที่สามารถหมุนได้ โดยใช้สเตปปิงมอเตอร์ควบคุมองศาในการหมุน และในส่วนเซนเซอร์ก็ใช้เป็นเซนเซอร์แสงติดตั้งไว้ระหว่างสายพานที่ใช้ในการลำเลียง ส่วนหน่วยควบคุมนั้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมระบบทั้งหมด โดยในการที่ได้จัดทำปริญญานิพนธ์นี้เพื่อที่ต้องการจะนำเสนอแนวคิดและกระบวนการในการทำงาน และระบบที่ใช้ในการควบคุม รวมถึงความสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นและอำนวยความสะดวกในเรื่องของที่จอดรถ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

จากการศึกษาและทำโครงงานนี้ จะพบปัญหาที่เกิดขึ้นในหลายส่วน ทั้งในด้านฮาร์แวร์และซอฟต์แวร์ แต่ก็สามารถแก้ไขปัญหา เพื่อให้ชิ้นงานสามารถทำงานได้ตามแผนที่วางไว้ได้อย่างสมบูรณ์ โดยปัญหาต่างๆและแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นมีดังนี้

- สเต็ปปิงมอเตอร์ที่ควบคุมการหมุนของรถที่แท่นยกรถตรงกลาง ไม่สามารถหมุนได้ครบรอบ 360 องศา เนื่องมาจากสายไฟที่ต่อเชื่อมต่อจากสเต็ปมอเตอร์ไปยังวงจรเกิดการพันกันเมื่อหมุนองศามากขึ้นและแกนหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์มีความยาวที่สั้น ทำให้เมื่อหมุนองศามากขึ้นจะติดกับสายพานของแท่นยกรถ โดยได้ทำการแแก้ปัญหานี้ โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์ให้หมุนแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ทางซ้าย 180 องศาและหมุนกลับมาทางขวา 180 องศา ซึ่งทำให้สามารถหมุนรถเพื่อเข้าจอดได้ครบทุกตำแหน่งตามต้องการ แต่ไม่สามารถหมุนรถ ให้ถูกด้านเพื่อความสะดวกของผู้ใช้บริการได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้ใช้บริการนำรถเข้าจอดโดยหันรถเข้าหาอาคาร เมื่อผู้ใช้บริการนำรถออก รถก็จะหันออกเช่นเดิมคือหันหน้าเข้าหาอาคาร ซึ่งรถควรหันหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกอาคารเพื่อความสะดวกของผู้ใช้บริการ เนื่องจากสเต็ปปิงมอเตอร์ไม่สามารถหมุนได้รอบ 360 องศา จึงไม่สามารถแก้ไขปัญหา เพื่อความสะดวกในจุดนี้ได้

- เซนเซอร์ที่ติดตั้งเพื่อให้วงจรได้ทราบว่ามีรถหรือไม่นั้น ติดตั้งใกล้เกินไป โดยเมื่อรถเคลื่อนที่เข้าเพียงเล็กน้อย รถก็จะไปบังแสงจากแอลอีดี ที่ส่งไปให้แอลดีอาร์ ซึ่งไปควบคุมให้สายพานหยุดการเคลื่อนที่โดยทันที ทำให้รถยังเคลื่อนที่เข้าไปยังตำแหน่งต่างๆ ไม่ครบทั้งคัน รถจึงหล่นออกจากตำแหน่งที่จอดได้ โดยแนวทางการแก้ไขมีอยู่ 2 แนวทาง คือแก้ไขทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยถ้าทำการแก้ไขทางฮาร์ดแวร์คือทำการเลื่อนตำแหน่งของแอลอีดีและแอลดีอาร์ ให้ไกลออกไปมากขึ้นก็จำทำให้รถเคลื่อนที่เข้าไปยังตำแหน่งที่จอดได้มากขึ้น แต่การแก้ไขทางฮาร์ดแวร์นั้น มีความยุ่งยาก เพราะได้ประกอบตัวอาคารครบเรียบร้อยแล้ว จึงพบปัญหาซึ่งยากแก่การแก้ไข จึงทำการแก้ไขทางซอฟต์แวร์ โดยการเพิ่มฟังก์ชันดีเลย์ ให้การทำงานของมอเตอร์หยุดช้าลงหลังจากที่เซนเซอร์ ตรวจจับพบว่ามีรถในตำแหน่งแล้ว ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้เช่นเดียวกับวิธีแรก คือ รถสามารถเคลื่อนที่เข้ายังตำแหน่งได้มากขึ้นครบทั้งคัน ตามต้องการ
- เนื่องจากโครงงานชิ้นนี้ ต้องมีการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์การทำงานหลายส่วน เพราะมีการแบ่งช่องจอดเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้ต้องควบคุมมอเตอร์ เซนเซอร์ต่างๆเป็นจำนวนมาก และต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหลายตัว ทำให้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน จึงมีเป็นจำนวนมากจนไอซีที่เลือกใช้คือ AT89C51 ไม่สามารถรองรับโปรแกรมที่มีเป็นจำนวนมากเพียงพอ จึงได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยศึกษาไอซีตัวอื่นๆ เพื่อนำมาใช้งานแทน โดยได้เลือกใช้ไอซี AT89C52 แทน ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมการทำงานได้มากขึ้นและสามารถทำงานได้เช่นเดียวกัน

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

โครงงานนี้ สามารถนำไปใช้งานเพื่อแก้ปัญหาต่างๆดังที่กล่าวมาแล้ว โดยอาจมีการพัฒนาในหลายๆส่วน เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง อาทิเช่น การติดเซนเซอร์ตัวอื่นๆที่มีความแม่นยำมากขึ้น การใช้ระบบยกรถขึ้นลงแบบอื่นๆ เพื่อการติดตั้งจริงได้ง่ายยิ่งขึ้น หรือ การเลือกใช้ไอซีเพื่อควบคุมการทำงานตัวอื่นๆที่มีฟังก์ชันการใช้งานที่สามารถใช้งานได้ง่าย หลากหลายและสะดวกยิ่งขึ้น

โดยโครงงานชิ้นนี้ เพื่อความสมบูรณ์ในการใช้งานจริง ควรนำไปเพิ่มตัวควบคุมการทำงานด้านความปลอดภัย เช่น ระบบบาร์โค้ด (barcode) โดยผู้ใช้บริการจะได้รับบัตรบาร์โค้ด เพื่อแสดงรายละเอียดต่างๆ เช่น ตำแหน่งที่จอด เวลาการใช้งาน เพื่อคำนวณค่าจอดรถ หรือ อาจใช้ระบบสแกน (scan) ลายนิ้วมือ หรือระบบพร็อกการ์ด (proxcard) แล้วแต่ความสะดวกของผู้ใช้งานได้

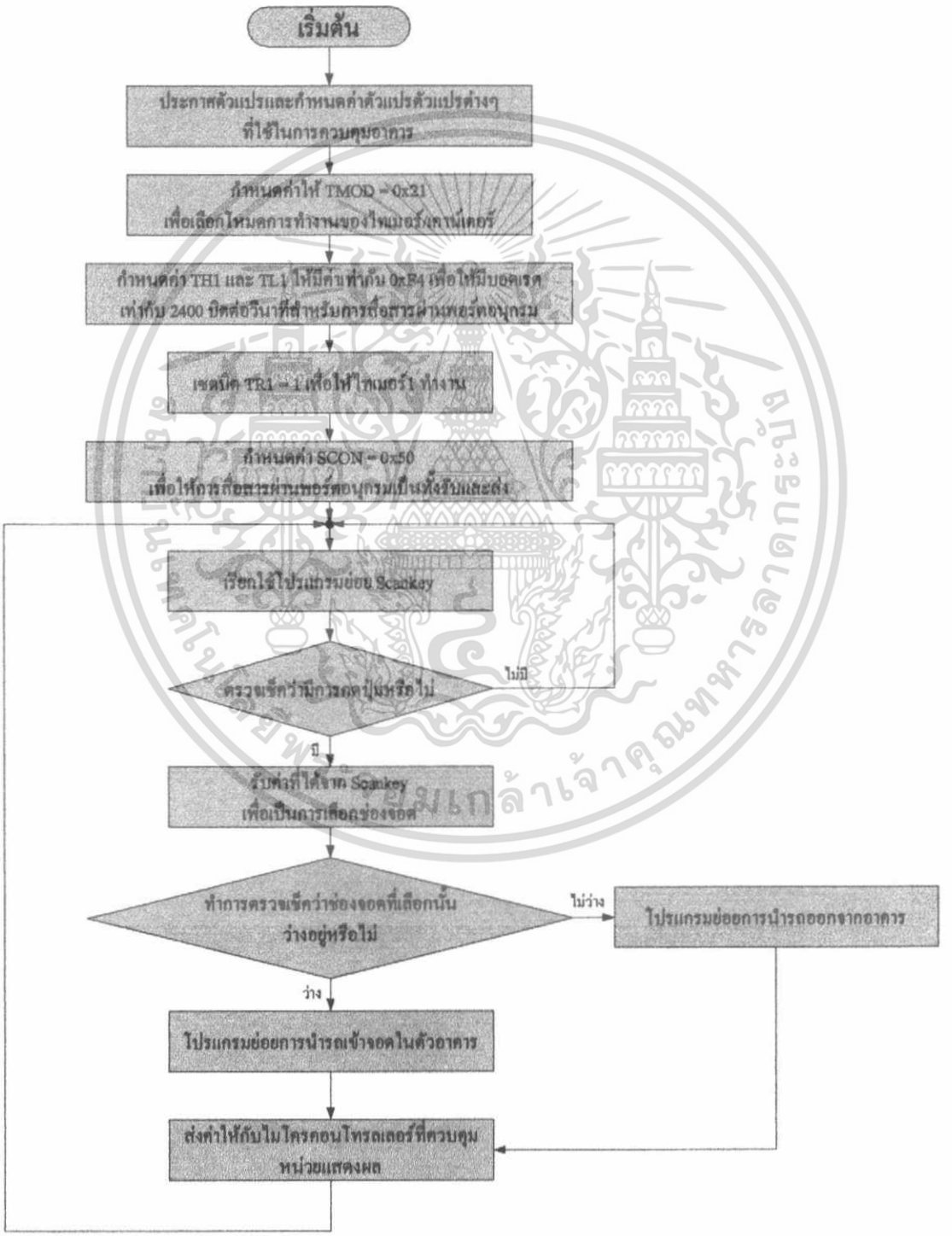
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

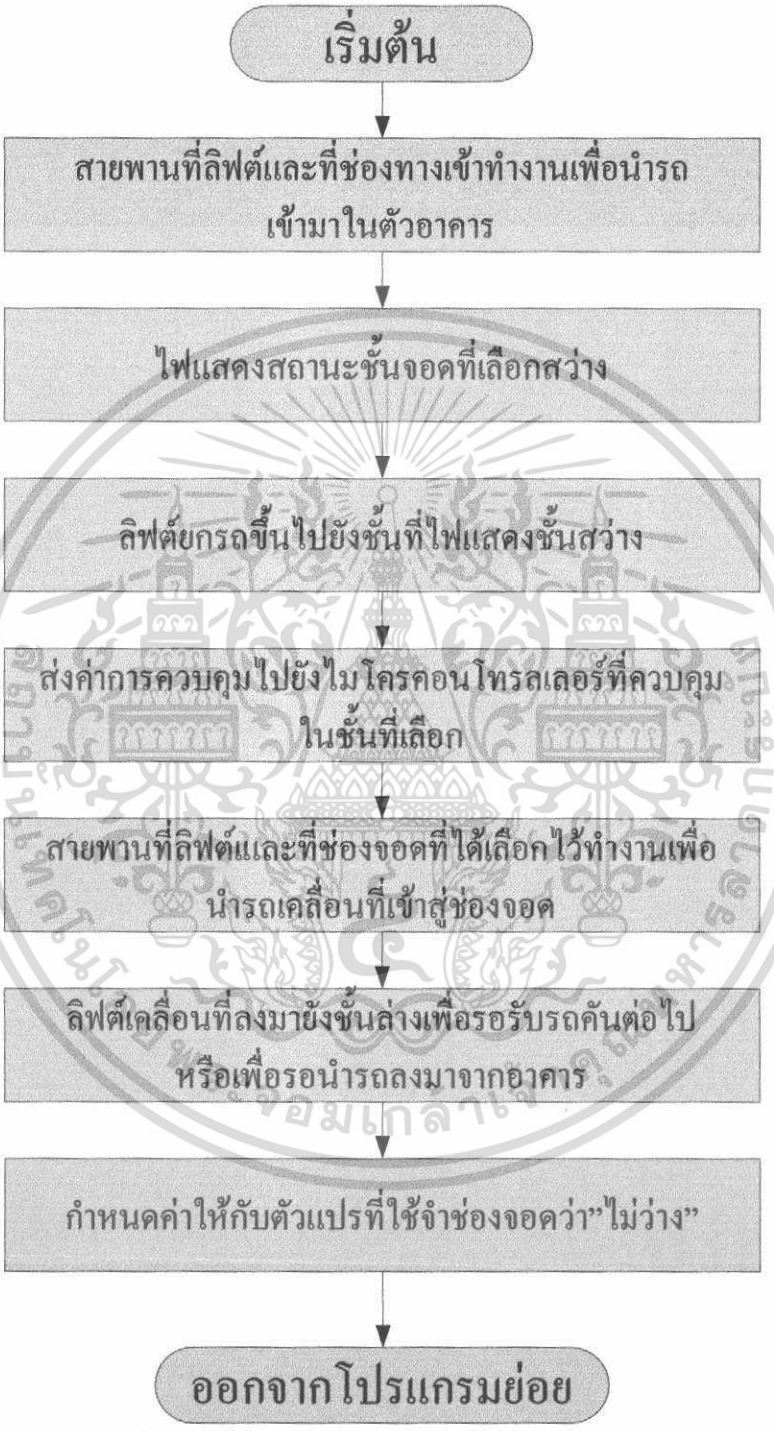
ภาคผนวก ก
โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ก.1 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมระบบหลัก



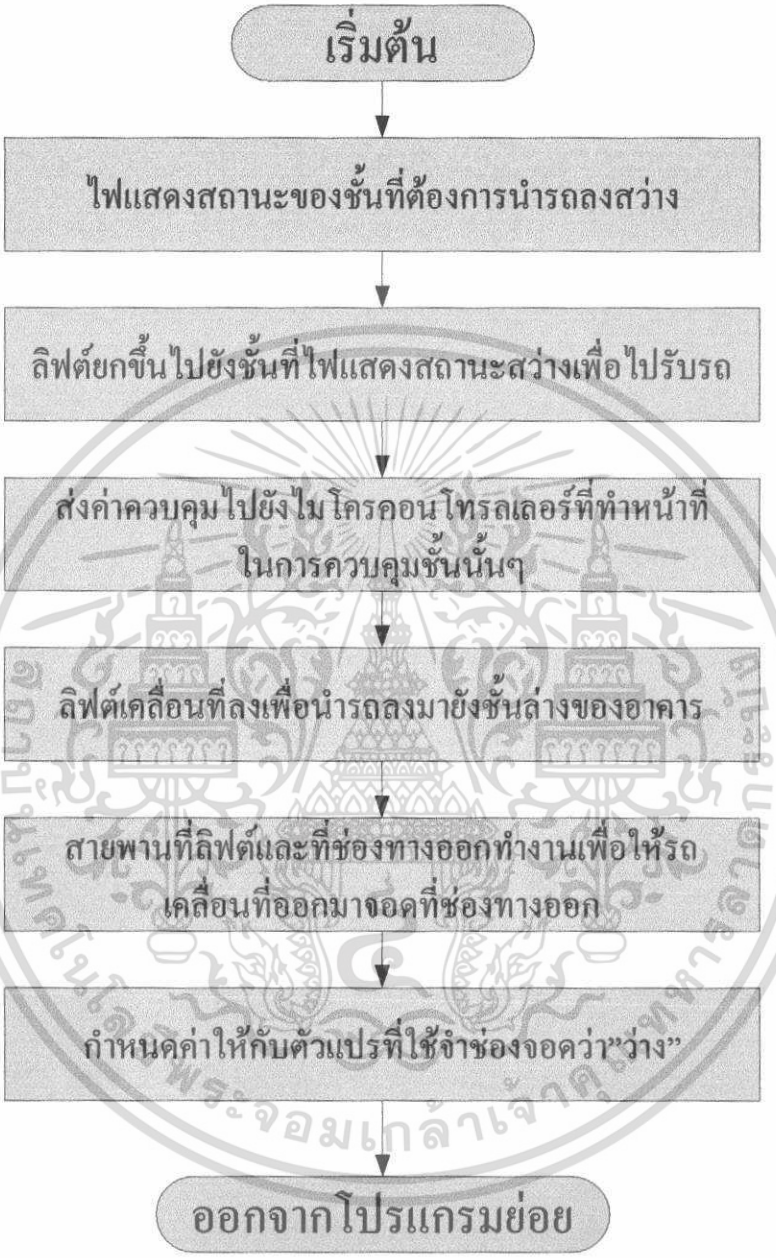
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.1 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อยที่ควบคุมการนำรถเข้าจอดในตัวอาคาร



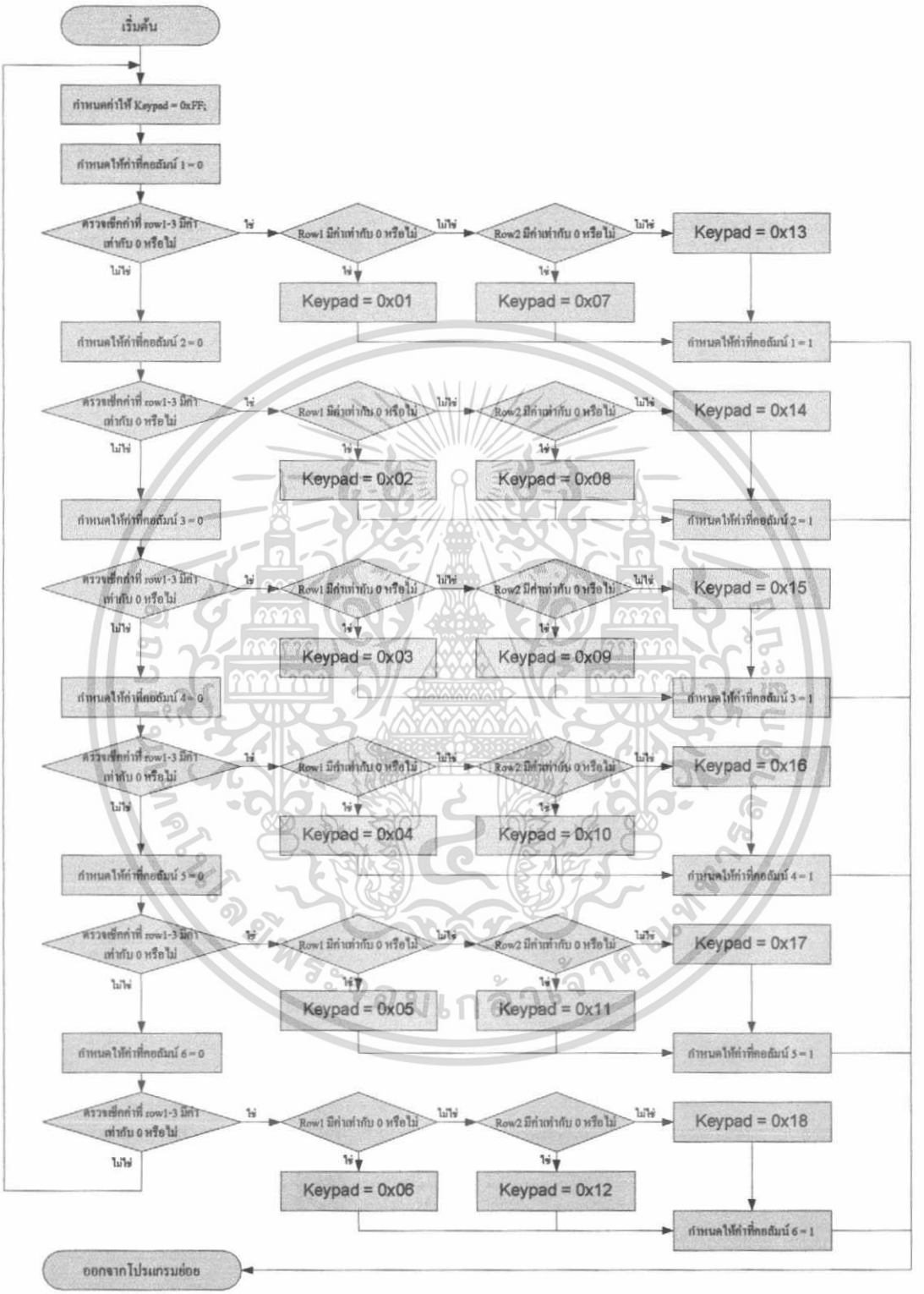
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.2 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อยที่ควบคุมการนำรถออกจากตัวอาคาร



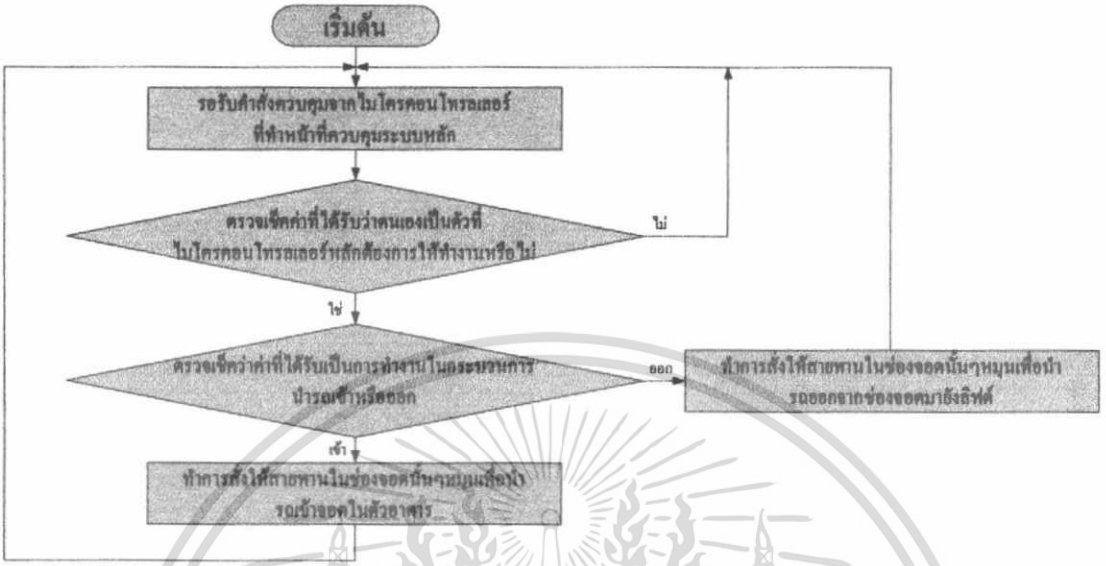
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.3 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมย่อยสแกนคีย์ (scankey)

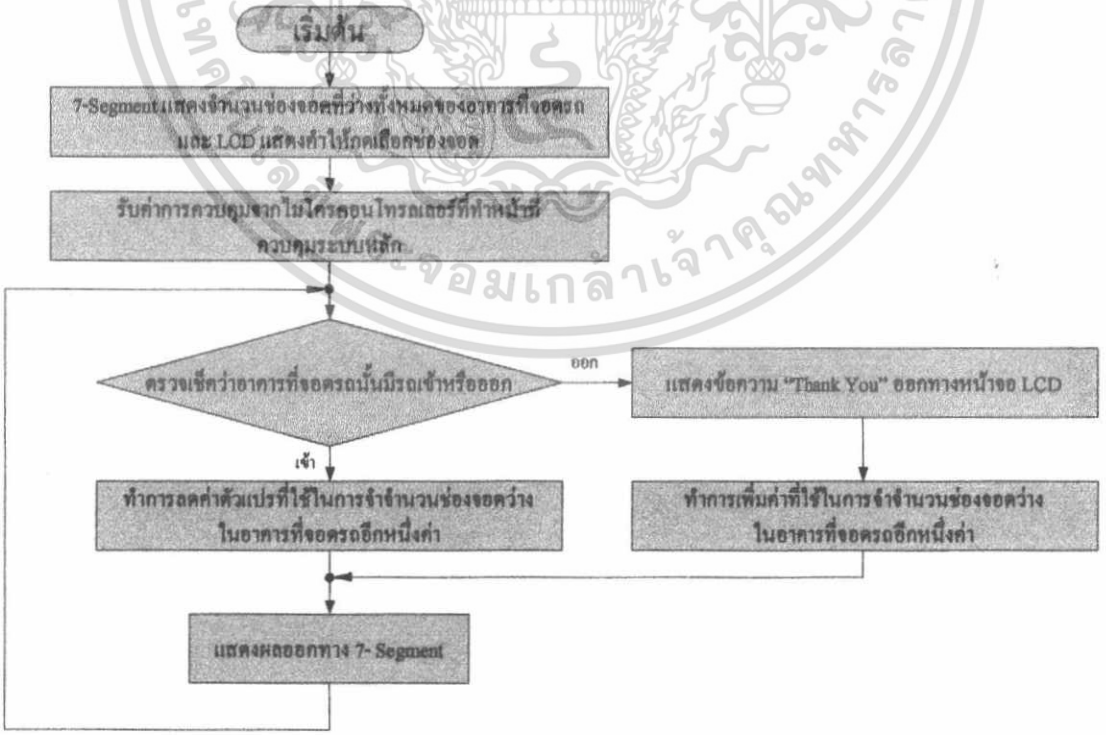


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเอร์ที่ควบคุมระบบในแต่ละชั้น



ก.3 โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเอร์ที่ควบคุมหน่วยแสดงผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

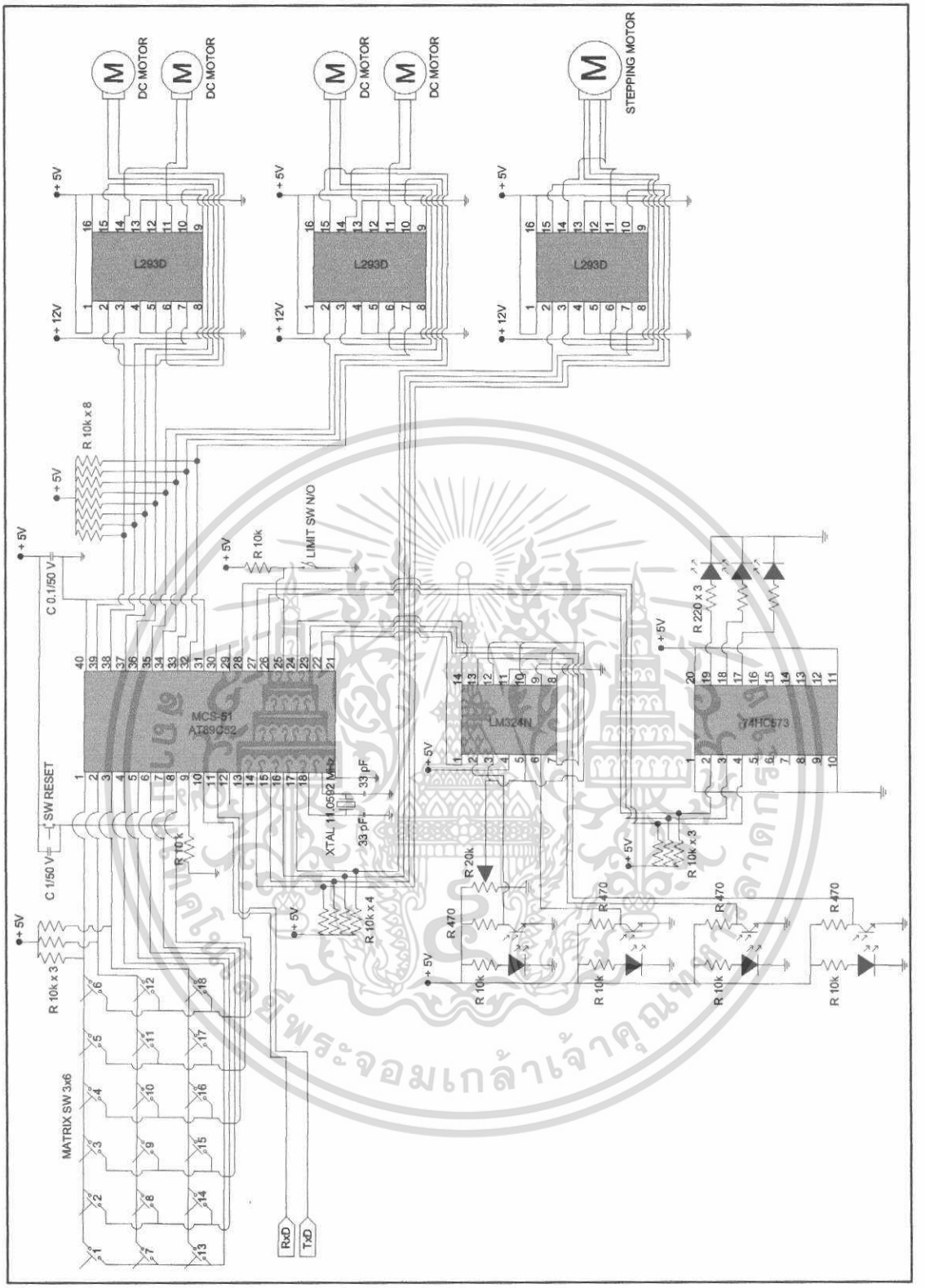
ภาคผนวก ข

แผนภาพวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์

แผนภาพวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมอาคารจำลองที่จอดรถที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วยวงจรหลักๆ 3 วงจรดังนี้

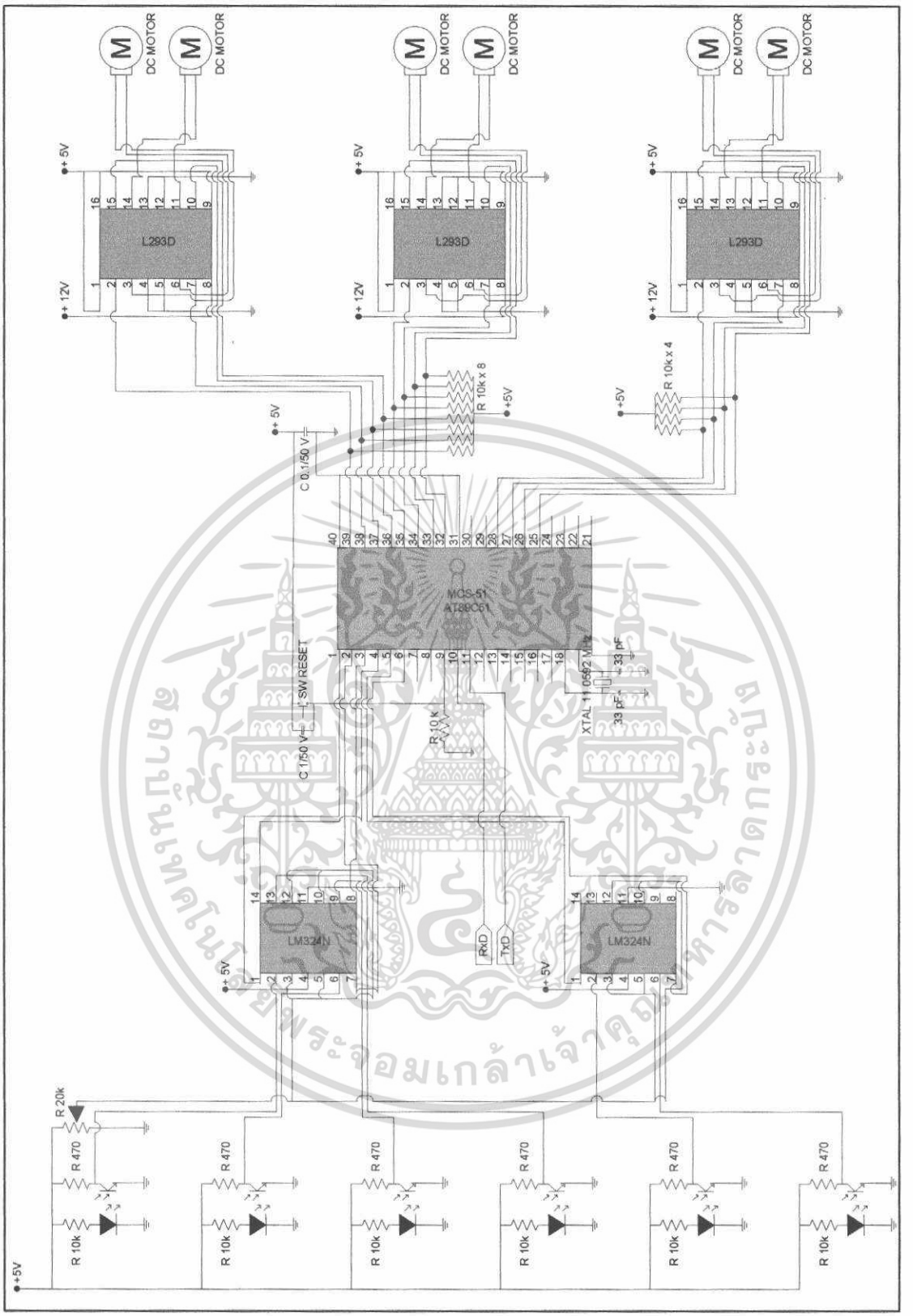
- แผนภาพวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมระบบหลัก
- แผนภาพวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมระบบชั้นที่ 1-3
- แผนภาพวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมระบบแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



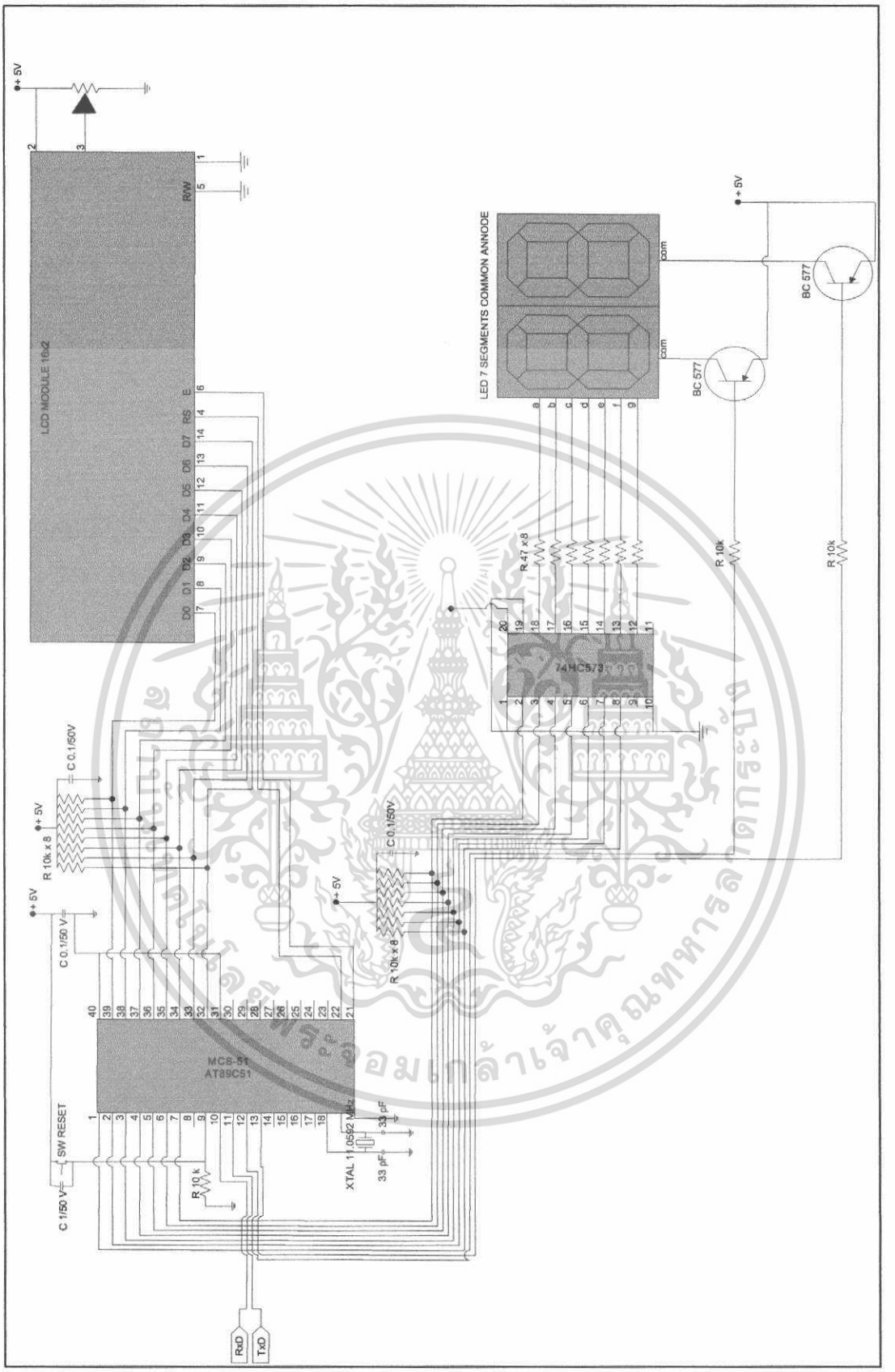
รูปที่ ข.1 แผนภาพวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมระบบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 แผนภาพวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมระบบชั้นที่ 1-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 แผนภาพวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมระบบแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

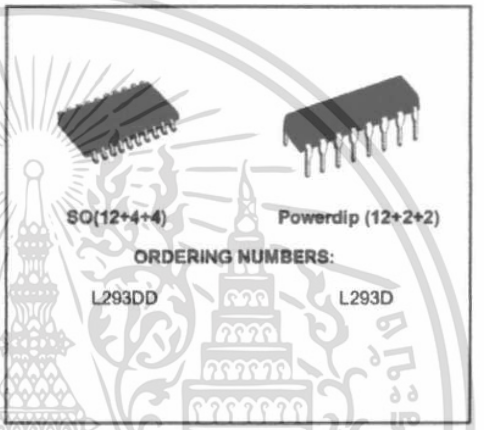
เอกสารคู่มืออิเล็กทรอนิกส์

ค.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน L293D

L293D
L293DD

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

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



DESCRIPTION

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

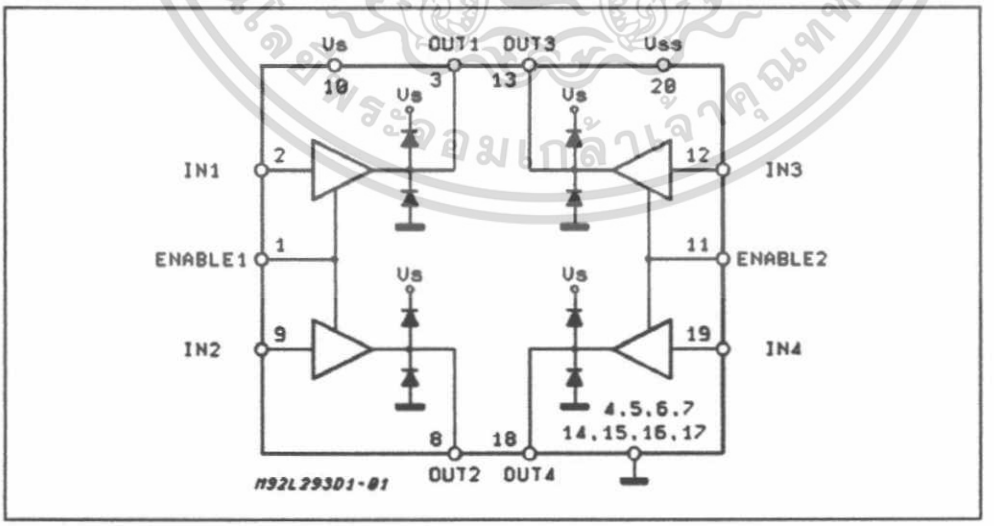
To simplify use as two bridges each pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a lower voltage and internal clamp diodes are included.

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

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

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

BLOCK DIAGRAM

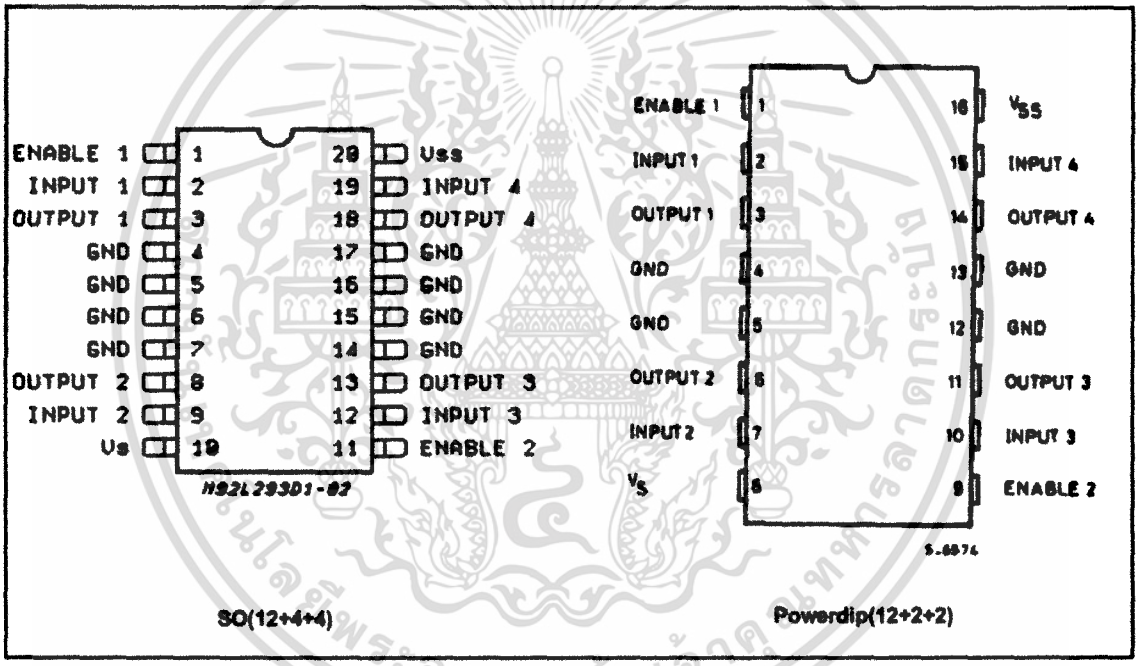


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

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

PIN CONNECTIONS (Top view)



THERMAL DATA

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

(*) See fig. 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRUTH TABLE (one channel)

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

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

Figure 1: Switching Times

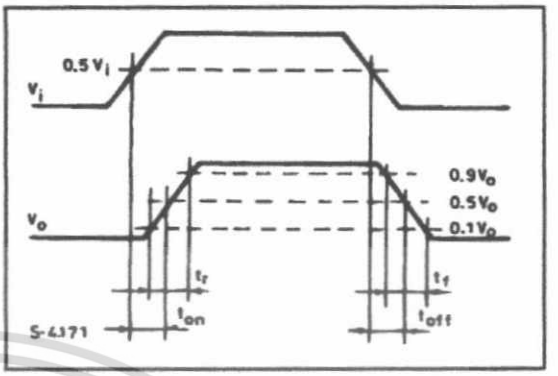
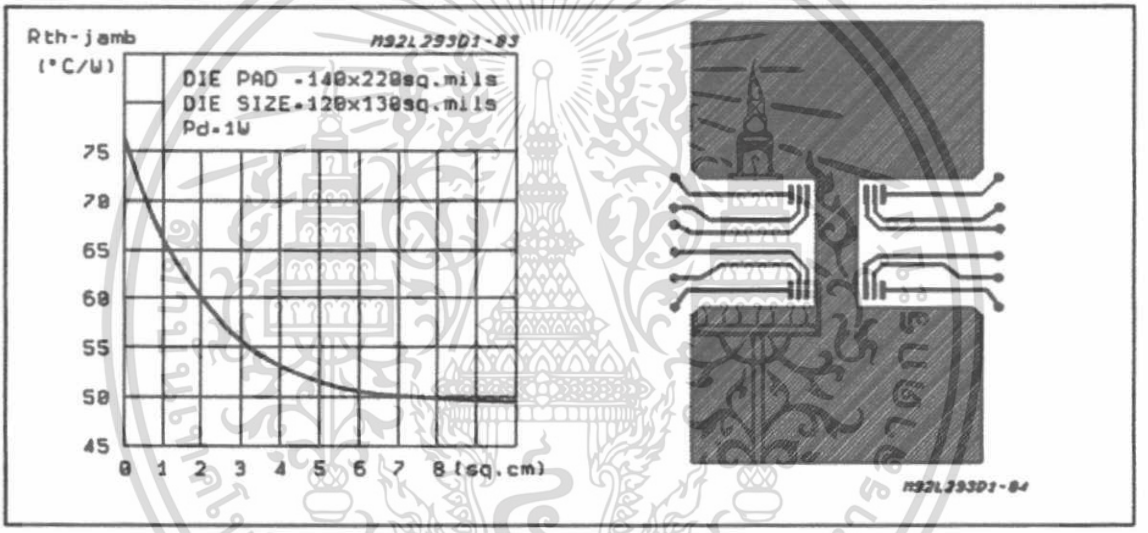


Figure 2: Junction to ambient thermal resistance vs. area on board heatsink (SO12+4+4 package)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

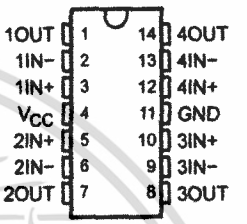
ค.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน LM324N

LM124, LM124A, LM224, LM224A, LM324, LM324A, LM2902, LM2902V, LM224K, LM224KA, LM324K, LM324KA, LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV
QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS

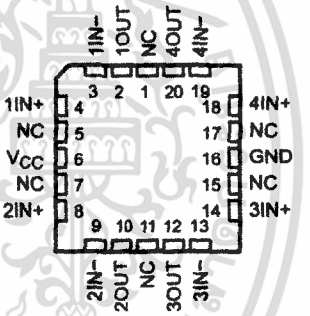
SLOS066R – SEPTEMBER 1975 – REVISED JANUARY 2005

- 2-kV ESD Protection for:
  - LM224K, LM224KA
  - LM324K, LM324KA
  - LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV
- Wide Supply Ranges
  - Single Supply . . . 3 V to 32 V (26 V for LM2902)
  - Dual Supplies . . . ±1.5 V to ±16 V (±13 V for LM2902)
- Low Supply-Current Drain Independent of Supply Voltage . . . 0.8 mA Typ
- Common-Mode Input Voltage Range Includes Ground, Allowing Direct Sensing Near Ground
- Low Input Bias and Offset Parameters
  - Input Offset Voltage . . . 3 mV Typ
    A Versions . . . 2 mV Typ
  - Input Offset Current . . . 2 nA Typ
  - Input Bias Current . . . 20 nA Typ
    A Versions . . . 15 nA Typ
- Differential Input Voltage Range Equal to Maximum-Rated Supply Voltage . . . 32 V (26 V for LM2902)
- Open-Loop Differential Voltage Amplification . . . 100 V/mV Typ
- Internal Frequency Compensation

LM124 . . . D, J, OR W PACKAGE
LM124A . . . J PACKAGE
LM224, LM224A, LM224K, LM224KA . . . D OR N PACKAGE
LM324, LM324K . . . D, N, NS, OR PW PACKAGE
LM324A . . . D, DB, N, NS, OR PW PACKAGE
LM324KA . . . D, N, NS, OR PW PACKAGE
LM2902 . . . D, N, NS, OR PW PACKAGE
LM2902K . . . D, DB, N, NS, OR PW PACKAGE
LM2902KV, LM2902KAV . . . D OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



LM124, LM124A . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

description/ordering information

These devices consist of four independent high-gain frequency-compensated operational amplifiers that are designed specifically to operate from a single supply over a wide range of voltages. Operation from split supplies also is possible if the difference between the two supplies is 3 V to 32 V (3 V to 26 V for the LM2902), and V_{CC} is at least 1.5 V more positive than the input common-mode voltage. The low supply-current drain is independent of the magnitude of the supply voltage.

Applications include transducer amplifiers, dc amplification blocks, and all the conventional operational-amplifier circuits that now can be more easily implemented in single-supply-voltage systems. For example, the LM124 can be operated directly from the standard 5-V supply that is used in digital systems and provides the required interface electronics, without requiring additional ±15-V supplies.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

description/ordering information (continued)

ORDERING INFORMATION

T_A	V_{IO}max AT 25°C	MAX TESTED V_{CC}	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	7 mV	30 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM324N	LM324N
					LM324KN	LM324KN
			SOIC (D)	Tube of 50	LM324D	LM324
				Reel of 2500	LM324DR	
				Tube of 50	LM324KD	LM324K
				Reel of 2500	LM324KDR	
			SOP (NS)	Reel of 2000	LM324NSR	LM324
				Tube of 50	LM324KNS	LM324K
				Reel of 2000	LM324KNSR	
			TSSOP (PW)	Tube of 90	LM324PW	L324
				Reel of 2000	LM324PWR	
				Tube of 90	LM324KPW	L324K
				Reel of 2000	LM324KPWR	
	3 mV	30 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM324AN	LM324AN
				Tube of 25	LM324KAN	LM324KAN
			SOIC (D)	Tube of 50	LM324AD	LM324A
				Reel of 2500	LM324ADR	
				Tube of 50	LM324KAD	LM324KA
				Reel of 2500	LM324KADR	
			SOP (NS)	Reel of 2000	LM324ANSR	LM324A
				Tube of 50	LM324KANS	LM324KA
				Reel of 2000	LM324KANSR	
			SSOP (DB)	Reel of 2000	LM324ADBR	LM324A
			TSSOP (PW)	Tube of 90	LM324APW	L324A
				Reel of 2000	LM324APWR	
				Tube of 90	LM324KAPW	L324KA
				Reel of 2000	LM324KAPWR	
−25°C to 85°C	5 mV	30 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM224N	LM224N
					LM224KN	LM224KN
			SOIC (D)	Tube of 50	LM224D	LM224
				Reel of 2500	LM224DR	
				Tube of 50	LM224KD	LM224K
				Reel of 2500	LM224KDR	
	3 mV	30 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM224AN	LM224AN
				Tube of 25	LM224KAN	LM224KAN
			SOIC (D)	Tube of 50	LM224AD	LM224A
				Reel of 2500	LM224ADR	
				Tube of 50	LM224KAD	LM224KA
				Reel of 2500	LM224KADR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

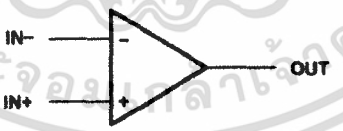
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION (CONTINUED)

T_A	V_{IO}max AT 25°C	MAX TESTED V_{CC}	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
−40°C to 125°C	7 mV	26 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM2902N	LM2902N
				Tube of 25	LM2902KN	LM2902KN
			SOIC (D)	Tube of 50	LM2902D	LM2902
				Reel of 2500	LM2902DR	
				Tube of 50	LM2902KD	LM2902K
				Reel of 2500	LM2902KDR	
			SOP (NS)	Reel of 2000	LM2902NSR	LM2902
				Tube of 50	LM2902KNS	LM2902K
				Reel of 2000	LM2902KNSR	
			SSOP (DB)	Tube of 80	LM2902KDB	L2902K
				Reel of 2000	LM2902KDBR	
			TSSOP (PW)	Tube of 90	LM2902PW	L2902
				Reel of 2000	LM2902PWR	
				Tube of 90	LM2902KPW	L2902K
				Reel of 2000	LM2902KPWR	
		32 V	SOIC (D)	Reel of 2500	LM2902KVQDR	L2902KV
			TSSOP (PW)	Reel of 2000	LM2902KVQPWR	L2902KV
	2 mV	32 V	SOIC (D)	Reel of 2500	LM2902KAVQDR	L2902KA
			TSSOP (PW)	Reel of 2000	LM2902KAVQPWR	L2902KA
−55°C to 125°C	5 mV	30 V	CDIP (J)	Tube of 25	LM124J	LM124J
			CFP (W)	Tube of 25	LM124W	LM124W
			LCCC (FK)	Tube of 55	LM124FK	LM124FK
			SOIC (D)	Tube of 50	LM124D	LM124
				Reel of 2500	LM124DR	
	2 mV	30 V	CDIP (J)	Tube of 25	LM124AJ	LM124AJ
			LCCC (FK)	Tube of 55	LM124AFK	LM124AFK

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

symbol (each amplifier)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

		LM2902	ALL OTHER DEVICES	UNIT
Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)		±13 or 26	±16 or 32	V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 2)		±26	±32	V
Input voltage, V_I (either input)		−0 3 to 26	−0.3 to 32	V
Duration of output short circuit (one amplifier) to ground at (or below) T_A = 25°C, V_{CC} ≤ 15 V (see Note 3)		Unlimited	Unlimited	
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 4 and 5)	D package	86	86	°C/W
	DB package	96	96	
	N package	80	80	
	NS package	76	76	
	PW package	113	113	
Package thermal impedance, θ_{JC} (see Notes 6 and 7)	FK package		5.61	°C/W
	J package		15.05	
	W package		14.65	
Operating virtual junction temperature, T_J		150	150	°C
Case temperature for 60 seconds	FK package		260	°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds	J or W package	300	300	°C
Storage temperature range, T_{stg}		−65 to 150	−65 to 150	°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability

NOTES. 1. All voltage values (except differential voltages and V_{CC} specified for the measurement of I_{OS}) are with respect to the network GND.
2. Differential voltages are at IN+, with respect to IN−.
3. Short circuits from outputs to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction.
4. Maximum power dissipation is a function of $T_J(max)$, θ_{JA}, and T_A. The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
5. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.
6. Maximum power dissipation is a function of $T_J(max)$, θ_{JC}, and T_C. The maximum allowable power dissipation at any allowable case temperature is $P_D = (T_J(max) - T_C)/\theta_{JC}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
7 The package thermal impedance is calculated in accordance with MIL-STD-883.

ESD protection

TEST CONDITIONS		TYP	UNIT
Human-Body Model	LM224K, LM224KA, LM324K, LM324KA, LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV	±2	kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

electrical characteristics at specified free-air temperature, V_{CC} = 5 V (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS†		T_A‡	LM124, LM224			LM324, LM324K			UNIT
					MIN	TYP§	MAX	MIN	TYP§	MAX	
V_{IO}	Input offset voltage	V_{CC} = 5 V to MAX, $V_{IC} = V_{ICR}$min, V_O = 1.4 V		25°C		3	5		3	7	mV
				Full range			7			9	
I_{IO}	Input offset current	V_O = 1.4 V		25°C		2	30		2	50	nA
				Full range			100			150	
I_{IB}	Input bias current	V_O = 1.4 V		25°C		−20	−150		−20	−250	nA
				Full range			−300			−500	
V_{ICR}	Common-mode input voltage range	V_{CC} = 5 V to MAX		25°C	0 to V_{CC} − 1.5			0 to V_{CC} − 1.5			V
				Full range	0 to V_{CC} − 2			0 to V_{CC} − 2			
V_{OH}	High-level output voltage	R_L = 2 kΩ		25°C	V_{CC} − 1.5			V_{CC} − 1.5			V
		R_L = 10 kΩ		25°C							
		V_{CC} = MAX	R_L = 2 kΩ	Full range	26			26			
			R_L ≥ 10 kΩ	Full range	27	28		27	28		
V_{OL}	Low-level output voltage	R_L < 10 kΩ		Full range		5	20		5	20	mV
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification	V_{CC} = 15 V, V_O = 1 V to 11 V, R_L ≥ 2 kΩ		25°C	50	100		25	100		V/mV
				Full range	25			15			
CMRR	Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICR}$min		25°C	70	80		65	80		dB
k_{SVR}	Supply-voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$)			25°C	65	100		65	100		dB
V_{O1}/V_{O2}	Crosstalk attenuation	f = 1 kHz to 20 kHz		25°C		120			120		dB
I_O	Output current	V_{CC} = 15 V, V_{ID} = 1 V, V_O = 0	Source	25°C	−20	−30	−60	−20	−30	−60	mA
				Full range	−10			−10			
		V_{CC} = 15 V, V_{ID} = −1 V, V_O = 15 V	Sink	25°C	10	20		10	20		
				Full range	5			5			
		V_{ID} = −1 V,	V_O = 200 mV	25°C	12	30		12	30		µA
I_{OS}	Short-circuit output current	V_{CC} at 5 V, GND at −5 V	V_O = 0,	25°C		±40	±60		±40	±60	mA
I_{CC}	Supply current (four amplifiers)	V_O = 2.5 V,	No load	Full range		0.7	1.2		0.7	1.2	mA
		V_{CC} = MAX, V_O = 0.5 V_{CC},	No load	Full range		1.4	3		1.4	3	

† All characteristics are measured under open-loop conditions, with zero common-mode input voltage, unless otherwise specified. MAX V_{CC} for testing purposes is 26 V for LM2902 and 30 V for the others.
‡ Full range is −55°C to 125°C for LM124, −25°C to 85°C for LM224, and 0°C to 70°C for LM324.
§ All typical values are at T_A = 25°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน 74HC573

INTEGRATED CIRCUITS

DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines

74HC/HCT573
Octal D-type transparent latch; 3-state

Product specification
File under Integrated Circuits, IC06

December 1990

Philips Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Octal D-type transparent latch; 3-state 74HC/HCT573

FEATURES

- Inputs and outputs on opposite sides of package allowing easy interface with microprocessors
- Useful as input or output port for microprocessors/microcomputers
- 3-state non-inverting outputs for bus oriented applications
- Common 3-state output enable input
- Functionally identical to the "563" and "373"
- Output capability: bus driver
- I_{CC} category: MSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT573 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT573 are octal D-type transparent latches featuring separate D-type inputs for each latch and 3-state outputs for bus oriented applications.
A latch enable (LE) input and an output enable ($\overline{OE}$) input are common to all latches.

The "573" consists of eight D-type transparent latches with 3-state true outputs. When LE is HIGH, data at the D_n inputs enter the latches. In this condition the latches are transparent, i.e. a latch output will change state each time its corresponding D-input changes.

When LE is LOW the latches store the information that was present at the D-inputs a set-up time preceding the HIGH-to-LOW transition of LE.
When $\overline{OE}$ is LOW, the contents of the 8 latches are available at the outputs.
When $\overline{OE}$ is HIGH, the outputs go to the high impedance OFF-state.
Operation of the $\overline{OE}$ input does not affect the state of the latches.

The "573" is functionally identical to the "563" and "373", but the "563" has inverted outputs and the "373" has a different pin arrangement.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T_{amb} = 25 °C; $t_r = t_f$ = 6 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t_{PHL} t_{PLH}	propagation delay	C_L = 15 pF; V_{CC} = 5 V			
	D_n to Q_n		14	17	ns
	LE to Q_n		15	15	ns
C_I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C_{PD}	power dissipation capacitance per latch	notes 1 and 2	26	26	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in µW):
   $P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ where:
   f_i = input frequency in MHz; f_o = output frequency in MHz
   $\Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs
   C_L = output load capacitance in pF; V_{CC} = supply voltage in V
2. For HC the condition is V_I = GND to V_{CC}; for HCT the condition is V_I = GND to V_{CC} – 1.5 V

ORDERING INFORMATION

See *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information"*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	D_0 to D_7	data inputs
11	LE	latch enable input (active HIGH)
1	$\overline{OE}$	3-state output enable input (active LOW)
10	GND	ground (0 V)
19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12	Q_0 to Q_7	3-state latch outputs
20	V_{CC}	positive supply voltage

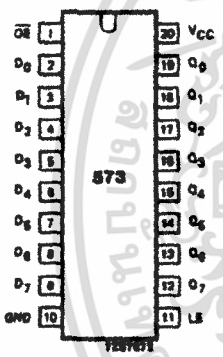


Fig.1 Pin configuration.

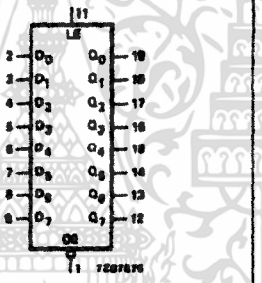


Fig.2 Logic symbol.

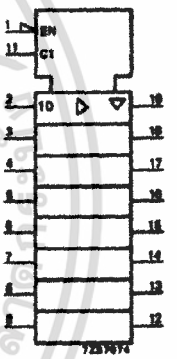


Fig.3 IEC logic symbol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

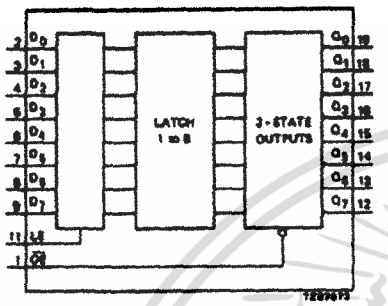


Fig.4 Functional diagram.

FUNCTION TABLE

OPERATING MODES	INPUTS			INTERNAL LATCHES	OUTPUTS
	$\overline{OE}$	LE	D_N		Q_0 to Q_7
enable and read register (*transparent mode*)	L	H	L	L	L
	L	H	H	H	H
latch and read register	L	L	l	L	L
	L	L	h	H	H
latch register and disable outputs	H	L	l	L	Z
	H	L	h	H	Z

Notes

1. H = HIGH voltage level
   h = HIGH voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition
   L = LOW voltage level
   l = LOW voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition
   Z = high impedance OFF-state

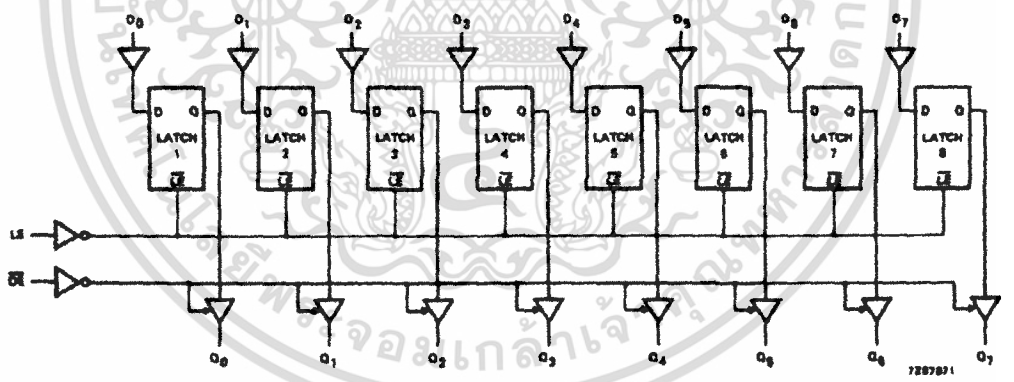


Fig.5 Logic diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.4 เอกสารคู่มือการใช้งาน BC557

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

BC556/557/558/559/560

Switching and Amplifier

- High Voltage: BC556, V_{CEO}= -65V
- Low Noise: BC559, BC560
- Complement to BC546 ... BC 550

TO-92

1. Collector 2. Base 3. Emitter

PNP Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings T_a=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage		
	: BC556	-80	V
	: BC557/560	-50	V
	: BC558/559	-30	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage		
	: BC556	-65	V
	: BC557/560	-45	V
	: BC558/559	-30	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	-5	V
I_C	Collector Current (DC)	-100	mA
P_C	Collector Power Dissipation	500	mW
T_J	Junction Temperature	150	°C
T_{STG}	Storage Temperature	-65 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_a=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	V_{CB}= -30V, I_E=0			-15	nA
h_{FE}	DC Current Gain	V_{CE}= -5V, I_C=2mA	110		800	
V_{CE} (sat)	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C= -10mA, I_B= -0.5mA		-90	-300	mV
		I_C= -100mA, I_B= -5mA		-250	-650	mV
V_{BE} (sat)	Collector-Base Saturation Voltage	I_C= -10mA, I_B= -0.5mA		-700		mV
		I_C= -100mA, I_B= -5mA		-900		mV
V_{BE} (on)	Base-Emitter On Voltage	V_{CE}= -5V, I_C= -2mA	-600	-660	-750	mV
		V_{CE}= -5V, I_C= -10mA			-800	mV
f_T	Current Gain Bandwidth Product	V_{CE}= -5V, I_C= -10mA, f=10MHz		150		MHz
C_{ob}	Output Capacitance	V_{CB}= -10V, I_E=0, f=1MHz			6	pF
NF	Noise Figure : BC556/557/558	V_{CE}= -5V, I_C= -200μA		2	10	dB
	: BC559/560	f=1KHz, R_G=2KΩ		1	4	dB
	: BC559	V_{CE}= -5V, I_C= -200μA		1.2	4	dB
	: BC560	R_G=2KΩ, f=30~15000MHz		1.2	2	dB

h_{FE} Classification

Classification	A	B	C
h_{FE}	110 ~ 220	200 ~ 450	420 ~ 800

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

Rev. A2, August 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

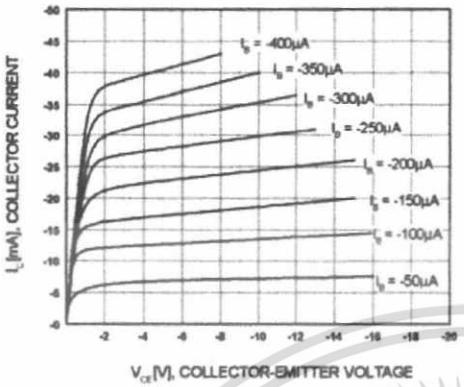


Figure 1. Static Characteristic

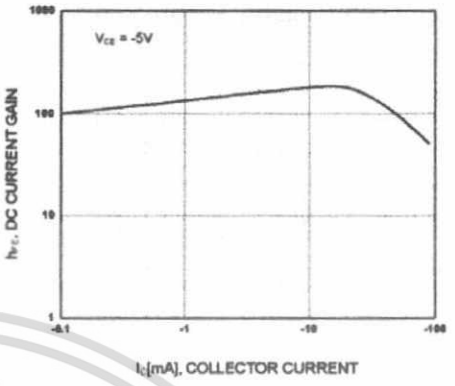


Figure 2. DC current Gain

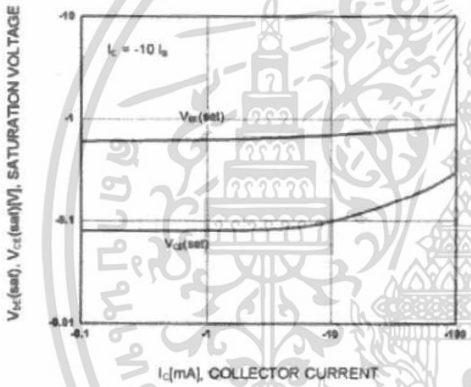


Figure 3. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

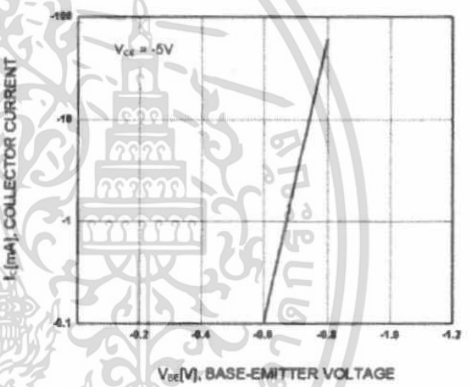


Figure 4. Base-Emitter On Voltage

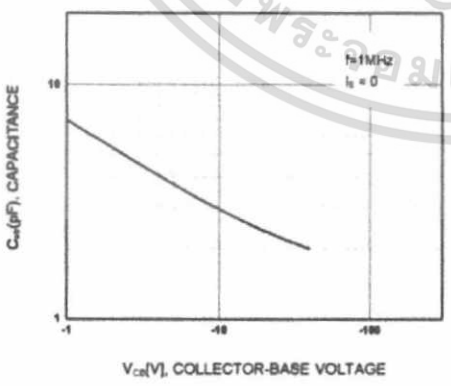


Figure 5. Collector Output Capacitance

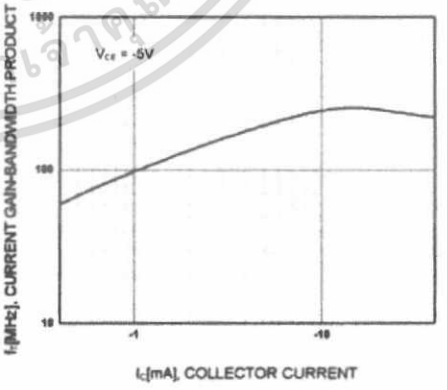


Figure 6. Current Gain Bandwidth Product

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51,** กรุงเทพมหานคร : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.

[2] ธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง, นคร ภักดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, **ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C,** กรุงเทพมหานคร : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.

[3] Thaiio, **"ความรู้เบื้องต้นและ หลักการทำงาน Step Moter"**, [Online]. Available : http://www.thaiio.com/Hardware-cgi/hardware.cgi?0008. 2006.

[4] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, **"DC motor"**, [Online]. Available : http://www.sut.ac.th/e-texts/Eng/automatic/chapter214.htm. 2006.

[5] Texas Instruments., Atmel., ST, **"Datasheet"**, [Online]. Available : http://www.alldatasheet.com. 2006.

[6] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, **"ไดโอดเปล่งแสง"**, [Online]. Available : http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7/diode_9.htm. 2006.

[7] VOLK SWAGEN, **"VOLKSWAGEN's NEW CAR EXPERIENCE"**, [Online]. Available : http://www.thecoolhunter.net/design/GERMAN-PARKING-GARAGE/. 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้