สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า

Car park assisted management system for Department store

นาย ธีรธัช เลิศศักดิ์วิมาน

นาย นวกิจ ลีลาอุดมลิป

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....61987
วัน,เดือน,ปี.....25 ก.ค. 2549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า

Car park assisted management system for Department store

โดย

นาย ธีรธัช เลิศศักดิ์วิมาน

นาย นวกิจ ลีลาอุดมลิปี

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ วัจนพงศ์ เกษมศิริ

อาจารย์ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า

Car park assisted management system for Department store

คณะผู้จัดทำ

1. นาย ธีรธัช เลิศศักดิ์วิมาน
2. นาย นวกิจ ลีลาอุดมลิปี

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ วัจนพงศ์ เกษมศิริ)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า

นาย ธีรธัช เลิศศักดิ์วิมาน 44010219
นาย นวกิจ ลีลาอุดมลิปี 44010245
อาจารย์ วัจนพงศ์ เกษมศิริ อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

ระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า โครงการนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบเพื่อช่วยในการบริหารจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า โดยให้สามารถที่จะจัดเก็บข้อมูลการใช้บริการ ทำการคิดคำนวณค่าใช้บริการ และแสดงจำนวนรถที่ว่างอยู่ในแต่ละชั้น เพื่อที่ผู้ใช้บริการจะได้ใช้เป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยในการตัดสินใจหาที่จอดรถ

การทำงานของระบบจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านี้จะประกอบไปด้วยส่วนของเซ็นเซอร์ที่ถูกติดอยู่ที่จุดเข้าออกต่างๆ ซึ่งถูกควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจะทำการตรวจจับการเข้าออกของรถยนต์ ณ ช่วงเวลาต่างๆ จากนั้นจะรายงานผลไปให้ยังเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหลักทำการประมวลผล และแสดงผลให้ผู้ใช้ระบบได้ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Car park assisted management system for Department store

Teerathut Lerstsakwimand

Nawakit Leelaudomlipi

Mr. Wajanapong Kasemsiri Advisor

Mr. Charoen Vongchumyen Advisor

Abstract

This project, Car Park Assisted Management System for Department Store, is to build the management system that can store service information, calculate a fee, and show an available space in each floor for customers' decision.

Furthermore, Management system can store status information and working time of employee and retrieve these data to process, then report to a manager as valued information.

This system starts when the sensor board, which attached at the entrance and the exit of car park, detect a passing car. Then sensor board informs the PC server to update an available space of each floor. Afterward when the car passes the exit, this system will calculate the fee and keep the data in database.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านโดยเฉพาะท่านอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วัจนพงศ์ เกษมศิริ และ อาจารย์เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น ที่เป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำข้อมูล และชี้แนะแนวทางในการดำเนินงาน รวมทั้งขอขอบคุณอาจารย์ทุกๆท่านที่ไม่กล่าวถึงในที่นี้ด้วย และเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจให้

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ และเป็นแนวทางในการดำเนินสำหรับผู้สนใจต่อไป

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการพัฒนา	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.6 เส้นเวลาแสดงแผนการทำงาน (Timeline)	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 จัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	6
2.2 โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51	7
2.3 TIMER	10
2.3.1 Timer Mode Register (TMOD)	12
2.3.2 Timer Control Register (TCON)	14
2.3.3 Timer Mode and Overflow Flag	16
2.3.4 Clocking Source	16
2.3.5 การเริ่ม , หยุด , และการควบคุม Timer	18
2.3.6 Initializing and Accessing Timer Register	19
2.3.7 Short Intervals and Long Intervals	20
2.4 การอินเตอร์รัพท์ (Interrupt)	21
2.4.1 ขบวนการเกิดอินเตอร์รัพท์	21
2.4.2 สัญญาณอินเตอร์รัพท์	22
2.4.3 การทำงานของระบบหลังถูกอินเตอร์รัพท์	24
2.4.4 การออกแบบโปรแกรมอินเตอร์รัพท์	25
2.5 ลักษณะของการสื่อสารตามมาตรฐาน	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232-C 27
2.5.2 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-422 28
2.5.3 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-485 29
2.5.3.1 คุณสมบัติในการสื่อสารแบบสองทิศทางคนละเวลา (Half-duplex) 30
2.5.3.2 คุณสมบัติทางการเชื่อมต่อเป็นเครือข่าย 30
2.5.3.3 คุณสมบัติทางด้านอัตราเร็วและระยะทางในการส่งข้อมูล 30
2.5.3.4 คุณสมบัติทางด้านสัญญาณรบกวน 31
2.6 โปรโตคอลการเชื่อมโยงข้อมูล (Data link Protocol) 31
2.6.1 การควบคุมเฟรม 33
2.6.1.1 โปรโตคอลแบบอิงบิต 33
2.6.1.2 โปรโตคอลแบบอิงอักษร 33
2.6.2 การควบคุมการผิด 34
2.6.3 การควบคุมการไหล 35
2.6.3.1 วิธีหยุดและรอ 35
2.6.3.2 วิธีการเลื่อนหน้าต่าง (Sliding window) 35
2.6.4 วิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบหยั่งสัญญาณ (Polling) 35
2.7 การศึกษาเพื่อเลือกชนิดของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ 36
2.7.1 อุปกรณ์หัวยิงเลเซอร์และรับโดยตัวต้านทานไวแสง (LASER diode and LDR) 36
2.7.1.1 เลเซอร์ (LASER) 36
2.7.1.2 เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode) 37
2.7.2 อุปกรณ์ตรวจจับน้ำหนัก (Weight Sensor) 39
2.7.3 อุปกรณ์รับส่งอินฟราเรด (Infrared Transmitter and Receiver) 40
บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินงาน 43
3.1 บทนำ 43
3.2 การแบ่งส่วนการทำงานของโครงงาน 44
3.2.1 สร้างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51และวงจรตรวจจับสัญญาณ 44
3.2.2 สร้างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และ ส่วนแสดงผล 7 –Segments 45
3.2.3 สร้างโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่จะถูกใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนประมวลผลหลัก (Server) 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 สร้างแบบจำลองของลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า 46
3.2.5 นำส่วนต่างๆของระบบมารวมกัน และทำการทดสอบ 46
3.3 การออกแบบระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า 46
3.3.1 Sequence diagram ของระบบช่วยจัดการลานจอดรถของ ห้างสรรพสินค้า 46
3.3.2 การออกแบบเฟรมข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร 48
3.3.2.1. เฟรมข้อมูลส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51ที่ ต่ออยู่กับส่วนแสดงผล 7 –Segments 48
3.3.2.2. เฟรมข้อมูลส่งไปที่ Clients 49
3.3.3 การออกแบบการติดต่อสื่อสารด้วยมาตรฐาน RS-422 49
3.3.3.1 การออกแบบการติดต่อสื่อสารของโมดูล client ด้วย มาตรฐาน RS-422 49
3.3.3.2 การออกแบบการติดต่อสื่อสารของส่วนแสดงผลแต่ละชั้นด้วยมาตร ฐาน RS-422 50
3.3.4 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และ วงจรตรวจจับสัญญาณ 50
3.3.4.1 Block Diagram ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลัก และ วง จรตรวจจับสัญญาณ 50
3.3.4.2 Flow chart การเขียนโปรแกรมของ MCS-51 และ วงจรตรวจจับสัญญาณ 54
3.3.5 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และ วงจรแสดงผล 7-Segments 55
3.3.5.1 Block Diagram ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และแสดงผล 7-Segments 55
3.3.5.2 Flow chart การเขียนโปรแกรมของ MCS-51 และ ส่วนแสดงผล 7-Segments 57
3.3.6 การออกแบบโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า ที่ใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนประมวลผลหลัก (Server) 58
3.3.6.1 Flow Chart โปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของ ห้างสรรพสินค้า 58
3.3.6.2 การออกแบบ GUI (Graphic User Interface) ของโปรแกรม 60
3.3.6.3 การออกแบบระบบฐานข้อมูลของโปรแกรม 62
3.4 การออกแบบรูปแบบในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อการนำไปใช้งานจริง 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 วิธีติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 1 ตัว 64
3.4.2 วิธีการติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว 64
3.4.2.1 ติดเซ็นเซอร์สองตัวให้อยู่ในแนวเดียวกัน 64
3.4.2.2 ติดเซ็นเซอร์ที่จุดด้านข้างและด้านบนของตำแหน่งที่กลางตัวรถจะผ่าน 65
3.4.2.3 ติดเซ็นเซอร์ในแนวทแยงมุมกัน 65
3.4.3 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์โดยใช้เซ็นเซอร์ตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป 66
3.4.4 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ 66
บทที่ 4 ผลการทดลองและการทดสอบ 68
4.1 บทนำ 68
4.2 เงื่อนไขการทดสอบและทดลองในส่วนของโมดูลอุปกรณ์ Client 68
4.2.1 ทดสอบการทำงานของตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ (Sensor) 68
4.2.2 ทดสอบการทำงานของวงจรขับมอเตอร์ 68
4.2.3 ทดสอบการส่งค่าติดต่อกับเครื่อง Server 68
4.3 การทดสอบการรวมแต่ละโมดูลเข้าด้วยกัน 70
4.4 การทดสอบส่วนของการแสดงผล 72
4.5 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมบนเครื่อง Server 73
4.5.1 ส่วนของการลงชื่อเข้าใช้งาน 73
4.5.2 ส่วนของฟังก์ชันคิดค่าบริการ 73
4.5.3 ส่วนของฟังก์ชันควบคุมการทำงานของระบบ 74
4.5.4 ส่วนของฟังก์ชันการค้นหาข้อมูล 74
4.5.5 ส่วนของฟังก์ชันการปรับแต่งค่าโปรแกรม 75
4.5.6 ส่วนของฟังก์ชันการออกรายงาน 76
4.5.7 ส่วนของฟังก์ชันระบบเพื่อผู้บริหาร (MIS) 76
4.6 การทดสอบการทำงานของระบบรวมทั้งหมด 76
4.7 การทดสอบการทำงานของวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ 77
4.8 การทดสอบการทำงานของระบบในเชิงปัญหา Delay time 80
บทที่ 5 บทวิจารณ์ และ สรุปผล 81
5.1 สรุปผลที่ได้จากการดำเนินงาน 81
5.1.1 ในส่วนของ Hardware 81
5.1.2 ในส่วนของ Software 81
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน 82
5.2.1 ปัญหาการรบกวนจากแสงภายนอก 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ปัญหาพลังงานไฟสำหรับมอเตอร์ไม่พอ 82
5.2.3 ปัญหาสัญญาณรบกวนภายในสายส่งสัญญาณ 82
5.2.4 ปัญหาความผิดพลาดในการตรวจสอบรถยนต์ของเซ็นเซอร์ 82
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ 83
5.3.1 การสื่อสารข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์ 83
5.3.1.1 การสื่อสารด้วยอุปกรณ์คลื่นวิทยุ (RF Module) 83
5.3.1.2 การสื่อสารผ่านทางสายสัญญาณไฟฟ้า
(Power Line Carrier Communication) 84
5.3.2 การใช้ "Image Processing" เพื่อรับค่าหมายเลขทะเบียนรถ 84
5.3.3 การเลือกใช้ Sensor ชนิดอื่น 85
เอกสารอ้างอิง 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

รูปที่ 1-1 แผนภาพแสดงการดำเนินงานของโครงงาน 3

รูปที่ 1-2 Timeline ในการทำงาน 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

รูปที่ 2-1 การจัดขาของ MCS-51 7

รูปที่ 2-2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51 8

รูปที่ 2-3 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 9

รูปที่ 2-4 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นTimer 11

รูปที่ 2-5 การทำงานของ Timer ในโหมด 15

รูปที่ 2-6 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา 17

รูปที่ 2-7 การใช้บิตควบคุม TR 18

รูปที่ 2-8 ระบบทั้งหมดของ Timer1 19

รูปที่ 2-9 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์ 21

รูปที่ 2-10 การจัดตำแหน่งโปรแกรมในหน่วยความจำ 25

รูปที่ 2-11 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้กับมาตรฐาน RS-232-C 28

รูปที่ 2-12 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้กับมาตรฐาน RS-422 29

รูปที่ 2-13 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้กับมาตรฐาน RS-485 30

รูปที่ 2-14 แสดงการควบคุมเฟรมโดยใช้อักษรควบคุม 34

รูปที่ 2-15 อุปกรณ์หัวยิงเลเซอร์ (LASER Diode) 36

รูปที่ 2-16 ตัวต้านทานไวแสง LDR 38

รูปที่ 2-17 Load Cell 39

รูปที่ 2-18 อุปกรณ์ตัวรับ และอุปกรณ์ตัวส่ง Infrared 41

รูปที่2.19 อุปกรณ์ชุดรับ-ส่งอินฟราเรดสำเร็จรูป 41

บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินงาน

รูปที่ 3-1 สถาปัตยกรรมของระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า 43

รูปที่ 3-2 แสดงขั้นตอนการทำงานของโครงงาน 44

รูปที่ 3-3 Sequence diagram ของระบบ 47

รูปที่ 3-4 เฟรมข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อแสดงผลผ่านทาง 7-Segments 48

รูปที่ 3-5 เฟรมข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS-51 ที่เป็น Clients 49
รูปที่ 3-6 แสดงการติดต่อโมดูล Client ด้วยมาตรฐาน RS-422 50
รูปที่ 3-7 แสดงการติดต่อของส่วนแสดงผลในแต่ละชั้นด้วยมาตรฐาน RS-422 50
รูปที่ 3-8 Block Diagram ของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51หลัก 51
รูปที่ 3-9 Block การทำงานของการขับมอเตอร์ 51
รูปที่ 3-10 Block Diagram วงจรตรวจจับสัญญาณภาคตัวส่งและตัวรับ 51
รูปที่ 3-11 Block การทำงานของวงจรตรวจจับสัญญาณ 52
รูปที่ 3-12 ภาพวงจรตรวจจับสัญญาณภาคตัวส่งและภาครับ 52
รูปที่ 3-13 ภาพวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลัก 53
รูปที่ 3-14 Flow chart การเขียนโปรแกรมของ MCS-51 ตัว Client 54
รูปที่ 3-15 Block Diagram ของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51และ
วงจรส่วนแสดงผล 7-Segment 55
รูปที่ 3-16 ภาพของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51และ
วงจรส่วนแสดงผล 7-Segment 56
รูปที่ 3-17 Flow chart การเขียนโปรแกรมของ MCS-51 ตัว แสดงผล (7-Segments) 57
รูปที่ 3-18 Flow Chart โปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า 58
รูปที่ 3-19 Flow Chart แสดงโปรแกรมส่วนเปลี่ยนแปลงค่าการใช้งาน 58
รูปที่ 3-20 Flow Chart แสดงโปรแกรมส่วนคำนวณค่าใช้บริการ 59
รูปที่ 3-21 Flow Chart แสดงโปรแกรมส่วนค้นหาข้อมูลการใช้บริการ 59
รูปที่ 3-22 Flow Chart แสดงโปรแกรมส่วนช่วยจัดการที่จอดรถ 60
รูปที่ 3-23 หน้าจอการ Login และข้อความต้อนรับ 60
รูปที่ 3-24 หน้าโปรแกรมส่วนของการคิดคำนวณค่าใช้บริการ 61
รูปที่ 3-25 หน้าการคิดคำนวณค่าใช้บริการ 61
รูปที่ 3-26 ตารางทั้งหมดที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลของโปรแกรม 62
รูปที่ 3-27 วิธีติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 1 ตัว 64
รูปที่ 3-28 วิธีการติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว โดยติดเซ็นเซอร์สองตัวให้อยู่
ในแนวเดียวกัน 64
รูปที่ 3-29 วิธีการติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว โดยติดเซ็นเซอร์ที่จุดด้านข้าง
และด้านบนของตำแหน่งที่กลางตัวรถจะผ่าน 65
รูปที่ 3-30 วิธีการติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว โดยติดเซ็นเซอร์ในแนวทแยงกัน 65
รูปที่ 3-31 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ สถานะที่ 0 66
รูปที่ 3-32 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ สถานะที่ 1 66
รูปที่ 3-33 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ สถานะที่ 2 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและการทดสอบ

รูปที่ 4-1 แสดงรูปแบบวิธีการเชื่อมต่อโมดูลอุปกรณ์ Client แต่ละตัว 69

รูปที่ 4-2 แสดงวิธีการทดสอบการทำงานของแต่ละโมดูล 69

รูปที่ 4-3 แสดงการติดต่อเพื่อขอจำนวนรถที่ตรวจจับได้จากโมดูล Client ตัวเดียว 70

รูปที่ 4.4 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อโมดูลอุปกรณ์ Client แต่ละส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกัน 71

รูปที่ 4-5 แสดงวิธีการทดสอบระบบโดยทำการรวมโมดูลทั้งหมดเข้าด้วยกัน 71

รูปที่ 4-6 แสดงการติดต่อเพื่อขอจำนวนรถที่ตรวจจับได้จากโมดูล Client ที่ต่อรวมกัน 72

รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อส่วนแสดงผลและเครื่อง Server 72

รูปที่ 4-8 แสดงวิธีการทดสอบของส่วนแสดงผลโดยสั่งจากเครื่อง Server 73

รูปที่ 4-9 หน้าจอในส่วนของการลงชื่อเข้าใช้งาน 73

รูปที่ 4-10 ภาพแสดงฟังก์ชันคิดค่าบริการ 74

รูปที่ 4-11 ภาพแสดงฟังก์ชันควบคุมการทำงานของระบบ 74

รูปที่ 4-12 ภาพแสดงฟังก์ชันการค้นหาข้อมูล 75

รูปที่ 4-13 ภาพแสดงฟังก์ชันการปรับแต่งค่าโปรแกรม 75

รูปที่ 4-14 ภาพแสดงฟังก์ชันการออกรายงาน 76

รูปที่ 4-15 ภาพแสดงแสดงรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบรวมทั้งหมด 77

รูปที่ 4-16 ภาพแสดงวิธีการทดสอบการทำงานของระบบรวมทั้งหมด 77

รูปที่ 4-17 แสดงตำแหน่งในการติดตั้งเซ็นเซอร์แต่ละจุดของวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ 78

รูปที่ 4-18 แสดงส่วนที่ทำการประมวลผล และทำการแสดงผลในการทดสอบการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ 79

รูปที่ 4.19 แสดงระยะเวลา Delay ที่เกิดขึ้นทั้งหมด 80

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปผล

รูปที่ 5-1 การติดต่อสื่อสารด้วยอุปกรณ์คลื่นวิทยุ 83

รูปที่ 5-2 PLC Modules 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2-1 หน้าที่พิเศษของขาต่างๆ ของ Port 3 6

ตารางที่ 2-2 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นTimer 12

ตารางที่ 2-3 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode) 13

ตารางที่ 2-4 การใช้ Timer โหมดต่างๆ 13

ตารางที่ 2-5 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON (Timer Control) 14

ตารางที่ 2-6 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่างๆ 20

ตารางที่ 2-7 บิตต่างๆของรีจิสเตอร์ IE 22

ตารางที่ 2-8 การจัดลำดับความสำคัญของลำดับในการทำอินเตอร์รัพท์ 23

ตารางที่ 2-9 บิตหน้าที่ต่างๆของรีจิสเตอร์ IP 23

ตารางที่ 2-10 แฟลกที่จะทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์ 23

ตารางที่ 2-11 อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของอินเตอร์รัพท์ต่างๆ 24

ตารางที่ 2-12 แสดงกลุ่มอักษรที่ใช้ในการควบคุมการสื่อสาร (Control character) 33

บทที่ 4 ผลการทดลองและการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการทำงานของการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันบริเวณลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า รวมถึงอาคารสูงต่างๆ ที่มีการให้บริการที่จอดรถแก่ลูกค้านั้น มักจะพบปัญหาในการหาที่ว่างสำหรับจอดรถ ทำให้ต้องเสียเวลาอย่างมากในการหาที่ว่างในการจอดรถยนต์ในแต่ละชั้น ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาหลายๆอย่างตามมา อาทิเช่น การจราจรของรถขาเข้าและขาออกของช่องทางเข้า–ออก ของห้างสรรพสินค้านั้นติดขัด ทำให้มีปัญหาต่อการจราจรภายนอกด้วย และยังเป็นการใช้เชื้อเพลิงอย่างไม่มีประสิทธิภาพอีกด้วย ดังนั้นการหาวิธีที่จะช่วยลดระยะเวลาในการหาที่ว่าง เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกในการเข้ามาจอดรถ โดยลูกค้าสามารถทราบได้แน่นอนว่าภายในชั้นมีจำนวนของที่ว่างของที่จอดรถเป็นจำนวนเท่าไร

โดยโครงงานนี้เป็นการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ , อุปกรณ์ตรวจจับ และคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อช่วยจัดการกับระบบลานจอดรถให้มีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญคือสามารถบอกจำนวนที่ว่างสำหรับจอดรถที่แน่นอนในแต่ละชั้นว่ามีจำนวนเหลือเท่าใด โดยโครงงานนี้จะใช้เซ็นเซอร์เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับการเข้าจอดของรถแล้วทำการประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จากนั้นจะส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลเป็นตัวเลขทางหน้าจอคอมพิวเตอร์และตัวแสดงผลเจ็ดส่วน (7-Segments) โดยใช้ภาษา Visual Basic ในการเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงผลและบันทึกผล

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างระบบช่วยจัดการลานจอดรถโดยพยายามดัดแปลงจากสภาพลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่มีอยู่จริง
2. เพื่อใช้ระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าระบุจำนวนที่ว่างของที่จอดรถในแต่ละชั้น โดยแสดงผลผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ และผ่านทาง 7-Segments
3. เพื่อให้สามารถนำระบบจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านี้ไปประยุกต์ใช้กับงานในการจัดระบบลานจอดรถจริงให้มีประสิทธิภาพ ทั้งกับลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า และอาคารจอดรถอื่นๆ ที่มีอยู่ทั่วไป
4. เพื่อให้สามารถนำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้ควบคู่กับระบบที่มีการติดตั้งกล้องเพื่ออ่านค่าเลขทะเบียนรถยนต์ ซึ่งสามารถพัฒนาต่อไปเพื่อสร้างระบบจัดการลานจอดรถอัตโนมัติที่ลดการใช้ทรัพยากรบุคคลลงได้

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงาน และวิธีการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) แต่ละแบบ

3. ได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั้งในการใช้เพื่อเป็นหน่วยประมวลผลย่อยในการตรวจจับรถยนต์ที่ผ่านไป-มา และในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลด้วย 7-Segments

4. ได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอน และวิธีการในการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic.NET

5. ได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบระบบฐานข้อมูล และการเรียกใช้ข้อมูลด้วยโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า ซึ่งถูกพัฒนาด้วยภาษา Visual Basic.NET

6. โปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่สามารถใช้เพื่อบันทึกรายละเอียดการเข้าใช้งานของผู้มาใช้บริการ สามารถทำการคิดคำนวณค่าใช้บริการ และแสดงผลจำนวนที่ว่างของลานจอดรถในแต่ละชั้นได้ โดยการทำงานร่วมกันกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1.4 ขอบเขตของการพัฒนา

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพ สินค้า เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการหาที่จอดรถของผู้ที่เข้ามาใช้บริการได้ทราบจำนวนที่จอดรถที่ว่างอยู่ในแต่ละชั้น โดยที่ระบบจะมีขอบเขตที่จะรองรับลานจอดรถในห้างสรรพสินค้าได้มากที่สุด 10 ชั้น และมีจำนวนช่องทางเข้า-ออก ได้มากที่สุดชั้นละ 6 ช่องทาง ซึ่งรายละเอียดของโครงงานมีดังต่อไปนี้

1. สร้างแบบจำลองของลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า ซึ่งดัดแปลงและปรับประยุกต์มาจากลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่มีอยู่จริง โดยสร้างให้มีความสูง 3 ชั้น และมีทางเข้า – ออก อยู่ทุกๆชั้น ชั้นละ 1 ช่องทาง รวมทั้งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบการเข้า – ออกของรถยนต์ไว้ที่ทุกๆทางเข้า

2. ในการทำงานของระหว่างอุปกรณ์จะเป็นในลักษณะของการสื่อสารแบบ Client-Server โดยอุปกรณ์ตรวจสอบการเข้าออกที่ได้ติดตั้งไว้จะเริ่มทำงาน เมื่อมีรถยนต์ผ่านไปในช่องทางนั้นๆ และเมื่ออุปกรณ์ตรวจสอบแต่ละตัว (Client) ตรวจพบจะส่งข้อมูลไปให้ยัง เครื่องคอมพิวเตอร์ (Server) โดยที่เมื่อเครื่อง Server รับทราบข้อมูลแล้วก็จะประมวลผลและส่งข้อมูลของปริมาณรถในแต่ละชั้นไปแสดงผลที่บริเวณทางเข้าของห้างสรรพสินค้า เพื่อให้ผู้ที่กำลังจะเข้าได้รับทราบและเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจเลือกว่าจะจอดที่ชั้นใดของลานจอดรถ

3. ที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหลักในระบบจะมีโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาด้วยภาษา Visual Basic .NET เพื่อจะทำแสดงและการบันทึกค่าของปริมาณรถในแต่ละชั้น ในช่วงเวลาต่างๆ เอาไว้ โดยในการเข้าใช้งานจะต้องมีการ Login ก่อนด้วยการใส่หมายเลขผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน นอกจากนี้โปรแกรมดังกล่าว ยังสามารถใช้เพื่อคำนวณหาระยะเวลาที่จอดของรถยนต์แต่ละคัน เพื่อนำมาคำนวณค่าใช้บริการตามระยะเวลาที่จอด ซึ่งสามารถแก้ไขเงื่อนไขของค่าบริการ และอัตราค่าใช้บริการต่อชั่วโมงได้เพื่อให้สามารถนำระบบดังกล่าวนี้ไปประยุกต์ใช้กับอาคารจอดรถอื่นๆ

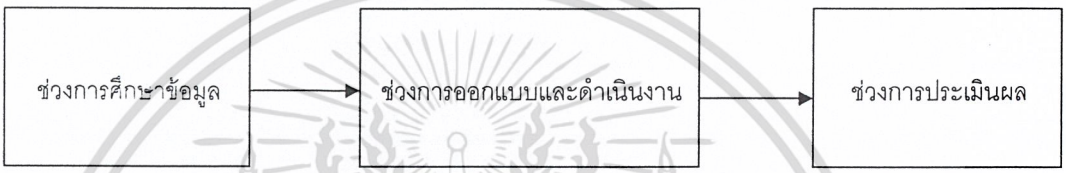
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า จะสามารถถูกปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขค่าบางส่วนเพื่อให้การใช้งานมีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยการแก้ไขค่าของการใช้งานนี้ จะถูกแก้ไขได้โดยผู้ใช้ที่มีสิทธิเท่านั้น ตามหลักการของการกำหนดสิทธิในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคน

5. นอกจากนี้โปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า ยังมีส่วนของการค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล โดยที่ผู้ใช้จะสามารถเลือกค้นหาได้จากกลุ่มคำต่างๆได้แก่ หมายเลขผู้ใช้งาน วันที่ใช้งาน ทะเบียนรถ และข้อมูลที่จัดเก็บอื่นๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการเรียกดูข้อมูลการใช้บริการได้ภายหลัง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานสำหรับโครงงานนี้นั้นแบ่งออกเป็น 3 ช่วงด้วยกันดังนี้



รูปที่ 1 – 1 แผนภาพแสดงการดำเนินงานของโครงงาน

- ช่วงการศึกษาข้อมูล

จะเป็นช่วงของขั้นตอนการเตรียมการ ซึ่งในช่วงนี้จะกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของโครงงาน รวมทั้งทำการศึกษาที่จำเป็นและเกี่ยวข้องทั้งหมด อันได้แก่ การศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, ศึกษาและทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียเพื่อเลือกชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับมาใช้งาน, ศึกษาวิธีการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic.NET, ศึกษารูปแบบของลานจอดรถจากห้างสรรพสินค้าต่างๆ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลอง, ศึกษาข้อดีข้อเสียแต่ละรูปแบบในวิธีการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์

- ช่วงการออกแบบและดำเนินงาน

ในช่วงนี้จะเป็นขั้นตอนของการออกแบบระบบโดยรวมทั้งหมด การสร้างและจัดเตรียมอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ทั้งหมดซึ่งได้ผ่านการทดสอบการทำงานมาแล้ว และพัฒนาโปรแกรมทั้งหมดของโครงการ โดยส่วนของโปรแกรมนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน นั่นคือโปรแกรมในส่วนของการควบคุมและสั่งการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 และโปรแกรมในส่วนที่จะรันบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นตัวประมวลผลหลัก ซึ่งเมื่อการพัฒนาทั้งสองส่วนเสร็จสิ้นแล้วก็จะมีการนำเอาทั้งสองส่วนนี้มาทดสอบการใช้งานร่วมกัน เนื่องจากในการใช้งานระบบจริง ทั้งสองส่วนนี้จะต้องมีการทำงานควบคู่กันไปอยู่ตลอดเวลา ซึ่งช่วงการดำเนินงานนี้ถือได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก ดังนั้นต้องใช้ทั้งความละเอียดและรอบคอบ อีกทั้งยังต้องหมั่นตรวจสอบอยู่เป็นระยะๆ ว่าการดำเนินงานที่ผ่านมานั้นตรงขอบเขตและเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ เพราะไม่เช่นนั้นอาจส่งผลให้งานไม่เสร็จสิ้นทันตามเป้าหมายที่ได้วางเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ช่วงการประเมินผล**

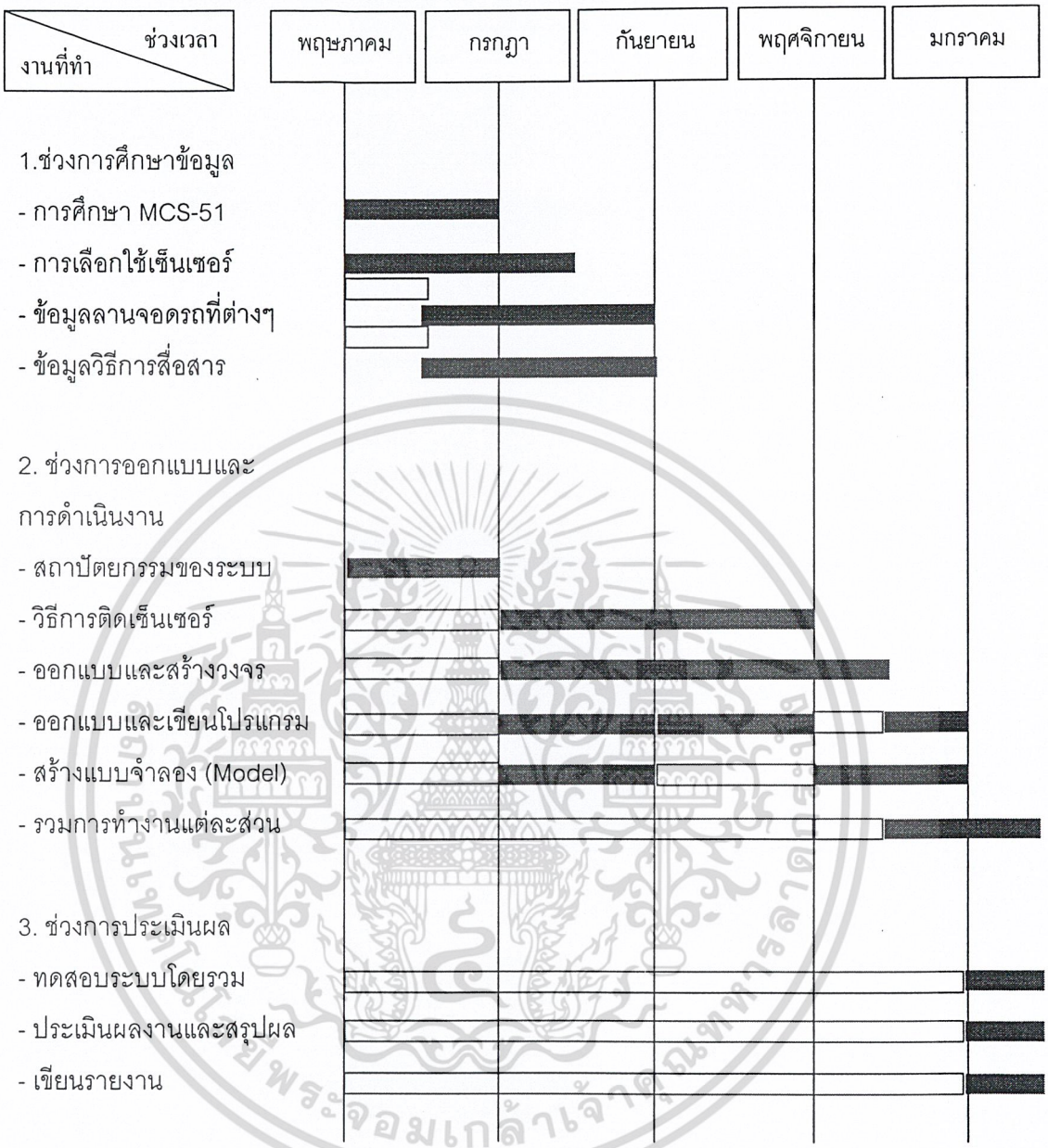
เป็นขั้นตอนสุดท้ายซึ่งจะทำการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมขั้นสุดท้าย แล้วทำการสรุปผลการดำเนินงานทั้งหมด ว่าการทำงานที่ผ่านมานั้นสามารถบรรลุดังจุดมุ่งหมายที่ได้ตั้งไว้ในเรื่องใดบ้าง และในระหว่างขั้นตอนของการปฏิบัติงานที่ผ่านมา มีปัญหาและอุปสรรคเกิดขึ้นอย่างไรบ้าง

1.6 เส้นเวลาแสดงแผนการทำงาน (Timeline)

ในการทำงานโครงงานระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านี้ เนื่องจากเป็นโครงงานที่มีระยะเวลาในการพัฒนาค่อนข้างยาวดังนั้น จึงควรที่จะมีการกำหนดช่วงเวลาต่างๆ ในการทำงานให้ชัดเจน เพื่อให้สามารถทำการตรวจสอบและติดตามความคืบหน้าของโครงงานได้ อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งยังช่วยให้สามารถประเมินเวลาคร่าวๆ และกำหนดวันที่โครงงานจะเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วย

ในการกำหนดเวลาการทำงานในแต่ละช่วงเวลานั้น ผู้จัดทำได้ใช้งานเขียน Timeline เพื่อแสดงกำหนดเวลาในการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 1-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ

แทนช่วงเวลาที่ไม่สามารถทำงานนี้ได้อันเนื่องมาจากงานเกี่ยวข้องกันงานอื่น

แทนงานที่ได้จะทำเสร็จสิ้นไปแล้วในเทอมการศึกษานี้

รูปที่ 1-2 Timeline ในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 จัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

Vcc : สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า (+5V)

GND : สำหรับต่อกราวด์

P0 : เป็นขาพอร์ต 0 ของ MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทาง ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น โดยแต่ละบิตเมื่อเป็นเอาต์พุตจะสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ TTL แบบ LS ได้ 8 ตัว และยังเป็นขาให้สัญญาณ Multiplex ระหว่างสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณ Address 8 บิต แรก ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก

P1 : เป็นขาพอร์ต 1 ของ MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bidirectional ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล"1" ไปยังบิตนั้น และสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ LS TTL ได้ 4 ตัว

P2 : เป็นขาพอร์ต 2 ของ MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi - bidirectional เช่นเดียวกับพอร์ต 1 นอกจากนี้พอร์ต 2 นี้ยังทำหน้าที่ให้สัญญาณ Address 8 บิตบน ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก ในกรณีอ้าง Address หน่วยความจำขนาด 16 บิต ดังนั้นขณะที่ใช้หน่วยความจำภายนอก จะต้องไม่มีการเขียนข้อมูลใดๆ ไปที่พอร์ต 2 จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานได้

P3 : เป็นขาพอร์ต 2 ของ MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bidirectional เช่นเดียวกับพอร์ต 1 และ พอร์ต 2 แต่พอร์ต 3 นี้จะมีหน้าที่พิเศษดังตารางต่อไปนี้

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RxD (สำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.1	TxD (สำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.2	INT0 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 0)
P3.3	INT1 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 1)
P3.4	T0 (ขาอินพุตของ Timer 0)
P3.5	T1 (ขาอินพุตของ Timer 1)
P3.6	WR (สำหรับสัญญาณเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)
3.7	RD (สำหรับสัญญาณอ่านหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)

ตารางที่ 2-1 หน้าที่พิเศษของขาต่างๆ ของ Port 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เมื่อมีการใช้สัญญาณดังกล่าว จึงไม่ควรเขียนข้อมูลไปที่พอร์ต 3 จะทำให้การทำงานของ MCS-51 ผิดพลาดได้

RST : เป็นขาสำหรับรีเซตการทำงานของ MCS-51 โดยการให้ลอจิกหนึ่งเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ช่วง Machine Cycle

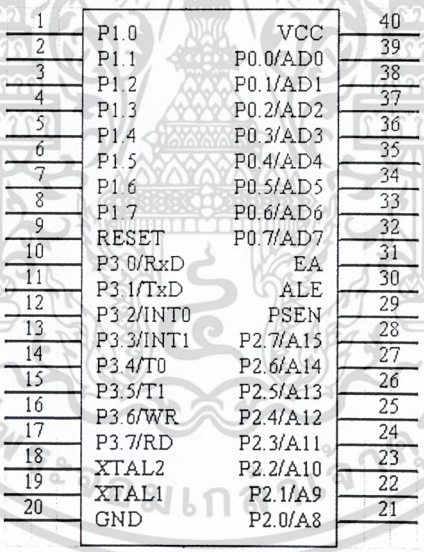
ALE : เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลทซ์ (Latch) ของขา พอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก

PSEN : เป็นขาสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

EA : เป็นขาใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ให้ลอจิก 0 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และลอจิก 1 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

XTAL1 : ขาเข้าของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ MCS-51

XTAL2 : ขาออกของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ MCS-51



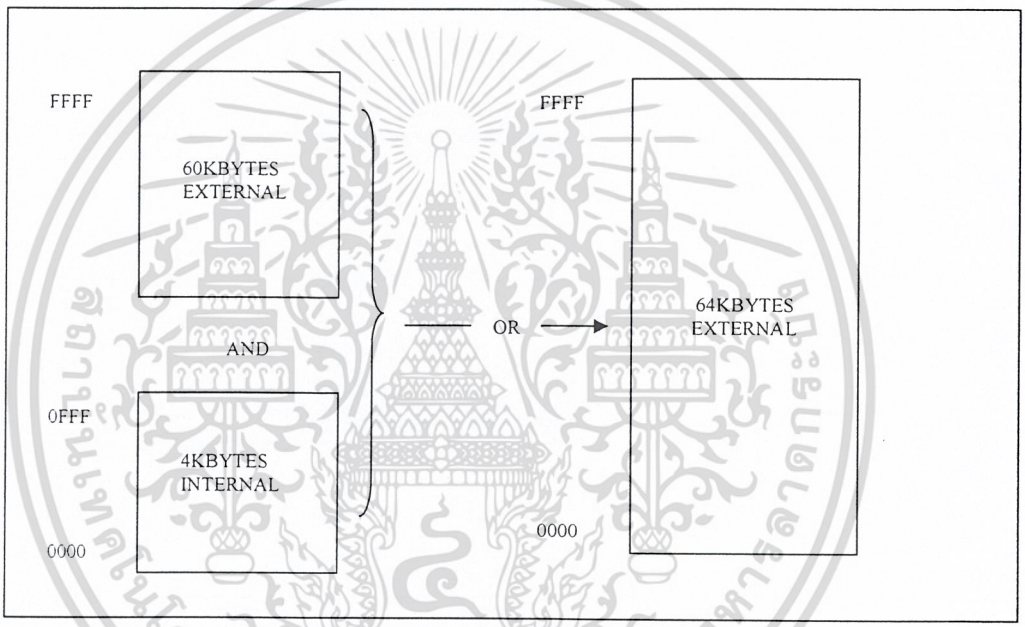
รูปที่ 2-1 การจัดขาของ MCS-51

2.2 โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51

ดังที่กล่าวมาแล้ว MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองส่วน ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล โดยมีขนาดของแต่ละส่วนเท่ากับ 64 กิโลไบต์ ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมจะเป็นส่วนหน่วยความจำสำหรับอ่านอย่างเดียว โดยที่ MCS-51 จะใช้สัญญาณ PSEN ในการอ่านเท่านั้น แต่หน่วยความความจำข้อมูลของ MCS-51 จะสามารถอ่านและเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

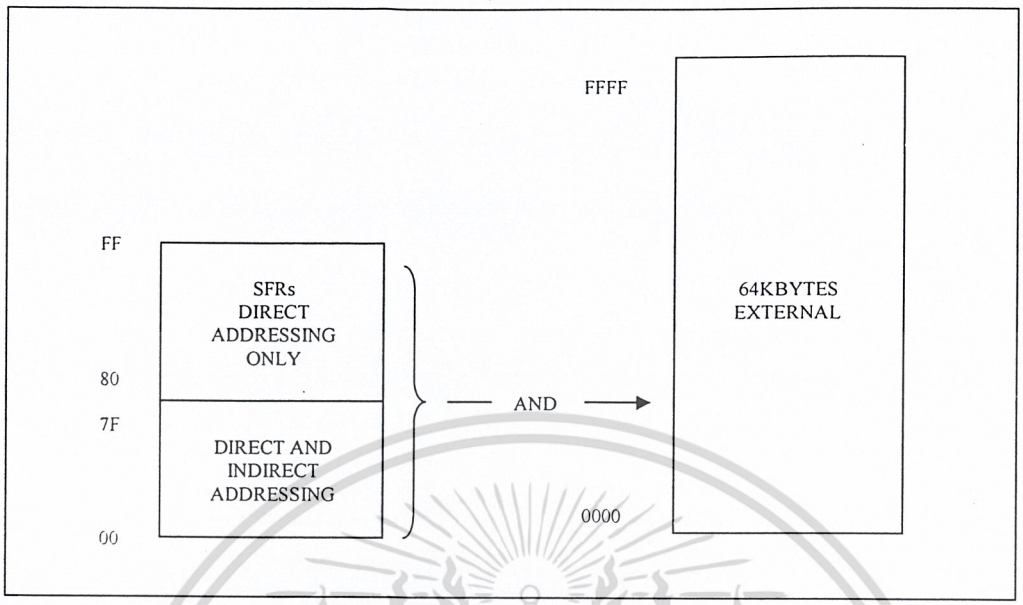
ได้โดยใช้สัญญาณ RD และ WR ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้สามารถรวมหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลเข้าด้วยกันได้ โดยนำสัญญาณ RD และ PSEN มาต่อเข้าวงจร AND GATE สำหรับสร้างสัญญาณในการอ่านหน่วยความจำ นอกจากนี้หน่วยความจำโปรแกรมยังแบ่งออกเป็นภายนอกและภายในของ MCS-51 ดังแสดงในรูปที่ 2-2 และ รูปที่ 2-3 โดยรูปที่ 2-2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมในกรณีที่เลือกใช้หน่วยความจำภายนอกและภายใน ในด้านซ้ายมือเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่มีขนาด 4 กิโลไบต์ของ MCS-51 ส่วนที่เหลือจะเป็นหน่วยความจำภายนอก ส่วนด้านขวามือแสดงหน่วยความจำโปรแกรมเมื่อเลือกให้ติดต่อหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด



รูปที่ 2-2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 สามารถแบ่งออกเป็นภายนอกและภายในโดยหน่วยความจำภายนอกซึ่งมีขนาด 64 กิโลไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในของ MCS-51 แบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนของหน่วยความจำข้อมูลที่สามารถอ้างอิงแบบDirect และ แบบIndirect ซึ่งมีขนาด 128 ไบต์ กับหน่วยความจำที่อ้างอิงได้เฉพาะแบบ Direct หรือในส่วนนี้จะเรียกอีกแบบหนึ่งว่า SFR (Special Function Register) โดยจะแบ่งกล่าวได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-3 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51

ในส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในที่อ้างอิงแบบDirect และแบบIndirect นั้นจะสามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

- ส่วนที่ 1 เรียกว่า Register Banks 0-3 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งความจำข้อมูลภายใน ตั้งแต่ 00H ถึง 1FH จำนวน 32 ไบต์ โดยจะแบ่งออกเป็นชุดๆละ 8 ไบต์จำนวน 4 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีชื่อเรียกเป็น R0 ถึง R7 จะเป็น Register ที่ใช้งาน โดยเมื่อ MCS-51 ถูกรีเซต Register Bank 0 จะถูกเลือกใช้
- ส่วนที่ 2 เรียกว่า Bit Addressable Area ซึ่งมีขนาด 16 ไบต์ที่ตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูล 20H ถึง 2FH ในส่วนนี้สามารถทีจะอ้างอิงข้อมูลได้เป็นระดับบิตถึง 128 บิต โดยการอ้างอิงตำแหน่งโดยตรงในลักษณะบิต ตั้งแต่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH
- ส่วนที่ 3 เรียกว่า Scratch Pad Area จะอยู่ที่ตำแหน่งตั้งแต่ 30H ถึง 7FH ซึ่งเป็นบริเวณหน่วยความจำข้อมูลภายในอเนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถใช้ได้โดยตรงนอกจากนี้ยังสามารถใช้หน่วยความจำข้อมูลบริเวณนี้สำหรับการเก็บข้อมูลแบบ Stack ได้ด้วย

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้อ้างอิงแบบ Direct เพียงอย่างเดียวหรือที่เรียกว่า SFR ซึ่งเป็นส่วนสำหรบเก็บหรือกำหนดการทำงานภายในของ MCS-51 ในส่วนของบริเวณนี้จะมีขนาด 128 ไบต์แต่ในการใช้งานนั้นใช้ได้เฉพาะตำแหน่งที่กำหนดและจะมีหน้าที่ดังนี้

ACC : เป็น Accumulator ซึ่งเป็น Register สำหรับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก โดยผู้ใช้สามารถอ้างอิงได้ในรูปแบบของไบต์หรือระดับบิตได้

B : เป็น Register พิเศษสำหรับใช้กับคำสั่งในการคูณหรือหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็น Registerสำหรับเก็บพักข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PSW : เป็น Register Status Word หรือ แฟลก (Flag) จะแสดงสถานการทำงานของ MCS-51 สำหรับการตรวจสอบซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในภายหลัง

SP : เป็น Register ชี้หน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการเก็บแบบ Stack

DPTR : เป็น Register ขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็น 8 บิตบนและ 8 บิตล่าง ให้สำหรับชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก หรือสำหรับการอ่านตารางข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรม

P0 : เป็น Register สำหรับพอร์ต 0 ของ MCS-51

P1 : เป็น Register สำหรับพอร์ต 1 ของ MCS-51

P2 : เป็น Register สำหรับพอร์ต 2 ของ MCS-51

P3 : เป็น Register สำหรับพอร์ต 3 ของ MCS-51

I : เป็น Register สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ของ MCS-51

IE : เป็น Register สำหรับกำหนดการรับหรือไม่รับการอินเตอร์รัพท์ของ MCS-51

TMOD : เป็น Register สำหรับควบคุมหน้าที่ของ Timer/Counter ของ MCS-51

TCON : เป็น Register สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter ของ MCS-51

T2CON: เป็น Register สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter2 ของ 8052

TH0 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter0 8บิตบน

TL0 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter0 8บิตล่าง

TH1 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter1 8บิตบน

TL1 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter1 8บิตล่าง

TH2 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter2 8บิตบนของ 8052

TL2 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter2 8บิตล่างของ 8052

RCAP2H: เป็น Capture Register ของ Timer/Counter2 8บิตบนของ 8052

SCON : เป็น Register สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ MCS-51

SBUF : เป็น Register สำหรับเก็บพักข้อมูลที่ได้จากการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ MCS-51

PCON : เป็น Register สำหรับควบคุมการทำงานของ MCS-51 ด้านเกี่ยวกับการใช้กำลังไฟฟ้า

ในส่วนของ Register SFR นี้สามารถที่จะอ้างอิงในระดับบิตได้โดยตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิต

2.3 TIMER

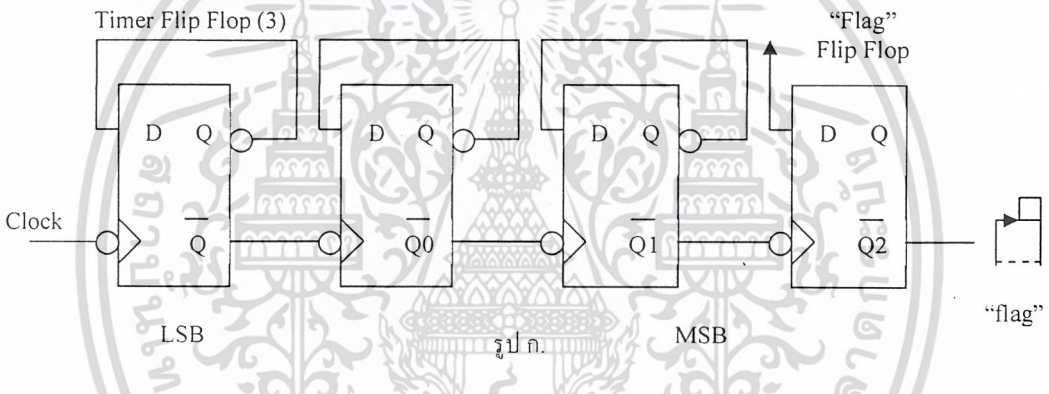
ตัว Timer อาจพิจารณาได้ง่ายๆว่าเป็นตัว Flip-Flop มาต่อเรียงกันโดยมี clock เป็นอินพุตสำหรับเอาต์พุตที่ออกมาจาก Flip-Flopแต่ละตัวจะถูกหารด้วย 2 พิจารณาการต่อ Flip-Flopตามรูปที่ 2-4 ถ้าใส่ clock เข้าไปใน Flip-Flop ตัวแรก ความถี่ของ clock ที่ออกจากเอาต์พุตตัวแรกจะถูกหารด้วย 2 และเอาต์พุตนี้จะต่อกับ Flip-Flop ตัวที่ 2 และสัญญาณที่ออกมาจะถูกหารด้วย 2 อีก ดังนั้น ถ้ามี Flip-Flop ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

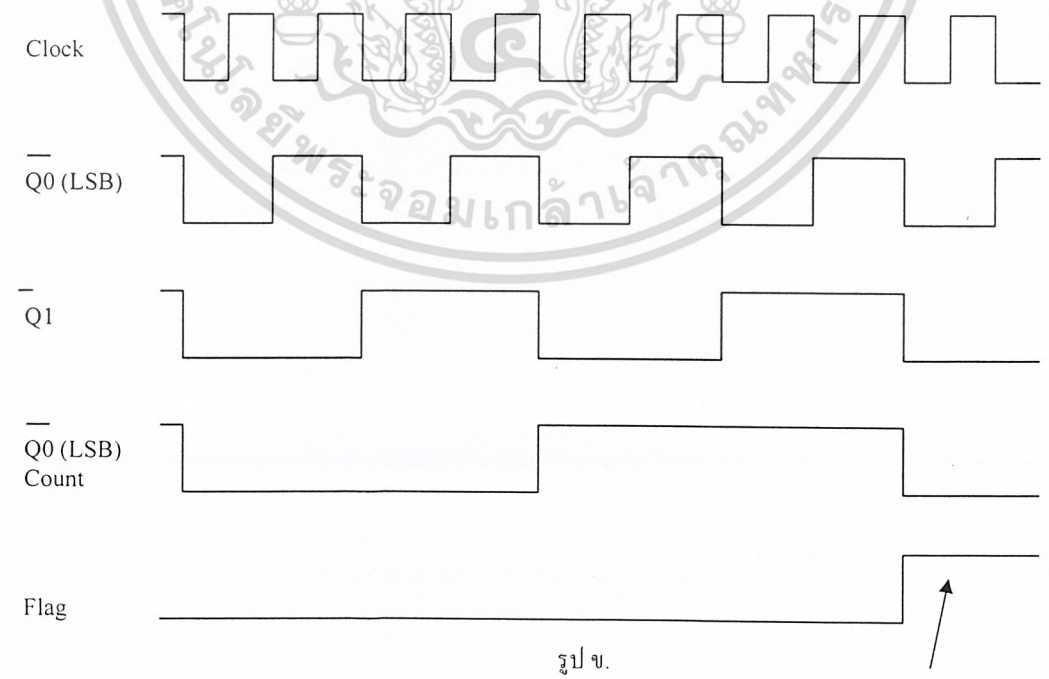
อยู่ n stages จะหารสัญญาณนาฬิกาได้ 2 กำลัง n ถ้าให้เอาต์พุต stage สุดท้ายของ Timer เป็น Overflow Flip-Flop หรือ Flag และจะให้เอาต์พุตออกมาเมื่อการนับเป็น Overflow เช่น ถ้าเป็นตัวนับแบบ 16 บิต (มี Flip-Flopต่ออยู่ 16 ตัว) วงจรจะนับตั้งแต่ 000H ถึง FFFH เมื่อ Flip-Flopเปลี่ยนจาก FFFH เป็น 000H จะให้บิต Overflow ออกมา

พิจารณารูป 2-4 (ก). เป็น 3-Bit Timer โดย Flip-Flopแต่ละตัวจะนำขา Q มาต่อกับ D ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นการใช้ Flip-Flopแบบ Divide-by-two Mode โดยความถี่ของสัญญาณที่ได้จาก Flip-Flopแต่ละตัวจะมีค่าหารสองจากสัญญาณนาฬิกาที่เข้ามา เมื่อนับไปถึงค่า 111 (หรือ Q2=1, Q1=1, Q0=1) และเปลี่ยนกลับมาเป็น 000 จะให้บิต Flag ออกมา ดังรูป 2-4(ข)

ใน MCS-51 จะมีตัวจับเวลาอยู่ภายในChip ถ้าเป็นเบอร์ MCS-51 จะมี 2 ตัวคือ Timer 0 และ Timer 1 แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมีเพิ่มอีกหนึ่งตัวคือ Timer 2 Registerต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Timer แสดงดังในตารางที่ 2-2 ซึ่งจะเห็นว่ามีRegister บางตัวสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย นอกจากนี้ตัว Timer สามารถใช้เป็นตัวนับ(Counter)ได้อีกด้วย โดยการโปรแกรมในRegister TMOD



รูป ก.



รูป ข.

รูปที่ 2-4 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นTimer

Flag is set on 7-to-0
Timer Overflow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์	หน้าที่	ตำแหน่ง	สามารถอ้างอิงตำแหน่งบิต
TCON	Control	88H	Yes
TMOD	Mode	89H	No
TL0	Timer 0 Low-byte	8AH	No
TL1	Timer 1 Low-byte	8BH	No
TH0	Timer 0 High-byte	8CH	No
TH1	Timer 1 High-byte	8DH	No
T2CON*	Timer 2 Control	C8H	Yes
RCAP2L*	Timer 2 Low-byte Capture	CAH	No
RCAP2H*	Timer 2 High-byte Capture	CBH	No
TL2*	Timer 2 Low-byte	CCH	No
TH2*	Timer 2 High-byte	CDH	No

* มีในเบอร์ 8032/8052

ตารางที่ 2-2 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นTimer

2.3.1 Timer Mode Register (TMOD)

ตัวรีจิสเตอร์ TMOD เป็นรีจิสเตอร์ควบคุม Timer จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 4 บิต โดย 4 บิตบนจะเป็นการควบคุม Timer 1 ส่วน 4 บิตล่างจะเป็นการควบคุม Timer 0 ความหมายของแต่ละบิตดูในตารางที่ 2-3 ซึ่งตัวรีจิสเตอร์นี้เป็นตัวเลือกการทำงานว่าจะให้ตัว Time/Counter ทำงานในโหมดใดและเป็น Timer หรือ Counter รีจิสเตอร์ TCON ไม่สามารถจะโปรแกรมเข้าไปในระดับบิตได้ (Not Bit Addressable) ซึ่งการใช้งานมักจะโปรแกรมไปครั้งเดียวในตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	ชื่อ	Timer	ความหมาย
7	GATE	1	GATE bit ถ้าบิตนี้เซต วงจรจะทำงานเมื่อ INT1 เป็นHigh
A	C/T	1	เป็นบิตเลือก Counter / Timer 1 = ใช้เป็น Counter 0 = ใช้เป็น Timer
5	M1	1	Mode bit 1
4	M0	1	Mode bit 0
3	GATE	0	บิต Gate ของ Timer 0
2	C/T	0	บิตเลือก Counter / Timer ของ Timer 0
1	M1	0	Timer 0 M1 bit
0	M0	0	Timer 0 M0 bit

ตารางที่ 2-3 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode)

M1	M0	Mode	ความหมาย
0	0	0	ใช้เป็น Timer แบบ 13-bit (8084 Mode)
0	1	1	ใช้เป็น Timer แบบ 16-bit
1	0	2	ใช้เป็น Timer แบบ 8-bit Auto-reload Mode
1	1	3	Split Timer Mode : แยก Timer 0 ออกเป็น Timer 8 บิตสองตัวคือ TL0 และ TH0 โดยไม่ใช้ Timer1

ตารางที่ 2-4 การใช้ Timer โหมดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

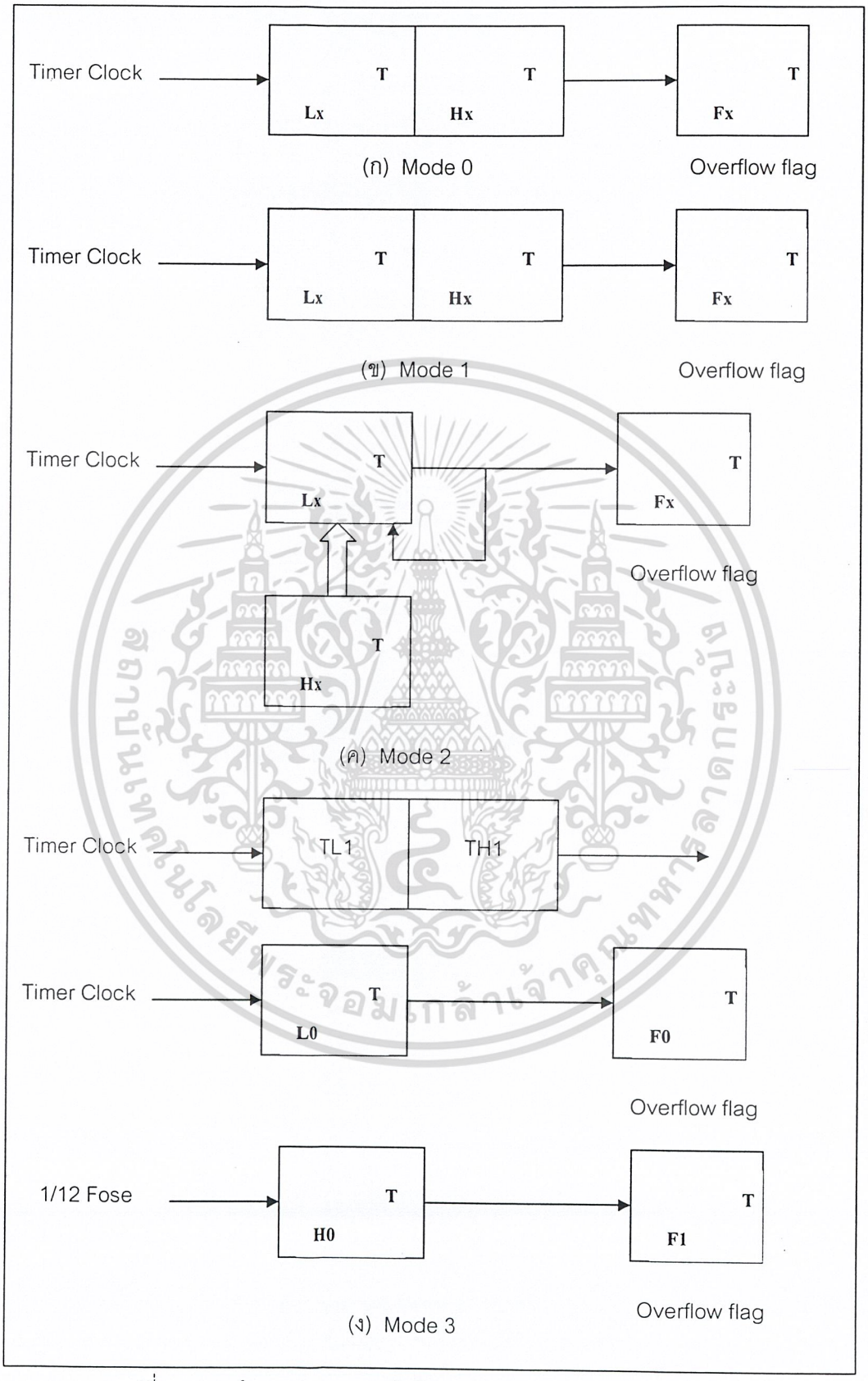
2.3.2 Timer Control Register (TCON)

รีจิสเตอร์ TCON เป็นรีจิสเตอร์ที่บอกสถานะและควบคุมบิต Timer0 และ Timer1 ซึ่งดูได้จากตารางที่ 2-5 รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้

บิต	ชื่อ	ตำแหน่งบิต	ความหมาย
TCON.7	TF1	8FH	บิตแฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer1 จะ Set โดย Hardware และ Clear โดย Software
TCON.6	TR1	8EH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer1 Set และ Clear โดย Software
TCON.5	TF0	8DH	แฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer0
TCON.4	TR0	8CH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer0
TCON.3	IE1	8BH	บิตแฟลกแสดงการอินเตอร์รัพท์จาก INT1 จะ Set โดย Hardware และสามารถ Clear ได้ด้วย Software
TCON.2	IT1	8AH	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากอินเตอร์รัพท์ภายนอก INT1 สามารถ Set และ Clear ได้ด้วย Software
TCON.1	IE0	89H	บิตแฟลกแสดงการอินเตอร์รัพท์
TCON.0	IT0	88H	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากอินเตอร์รัพท์ภายนอก INT0

ตารางที่ 2-5 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON (Timer Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-5 การทำงานของ Timer ในโหมดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 Timer Mode and Overflow Flag

เมื่อใช้ Timer0 และ Timer1 จะต้องใช้รีจิสเตอร์คู่ TLx และ THx โดยค่า x จะเป็นตัวบอกว่าเป็น Timr0 หรือ Timer1 การใช้ Timer สามารถใช้งานได้หลายโหมด ซึ่งเราสามารถเซตค่าโหมดการทำงานได้โดยการโปรแกรมในรีจิสเตอร์ TMOD

- 13-Bit Timer Mode (Mode 0)

การทำงานในโหมด 0 นี้จะเป็นการใช้ Timer แบบ 13 บิต ซึ่งจะใช้ 5 บิตล่างของ TLx โดยไม่สนใจ 3 บิตที่เหลือ และ 8 บิตของ THx การทำงานในโหมดนี้เมื่อบิตของ TLx นับไปจนเป็น "1" ทุกบิต จะส่ง Clock 1 ลูกให้ THx นับต่อและเมื่อนับเป็น "1" ทุกบิต และเปลี่ยนกลับเป็น "0" จะเกิด Overflow Flag เกิดขึ้น

- 16-Bit Timer Mode (Mode 1)

การทำงานในโหมดนี้จะเหมือนกับการทำงานในโหมด 0 แต่เป็น Timer แบบ 16 บิต ซึ่งการนับจะเริ่มตั้งแต่ 0000H,0001H,0002H ไปเรื่อยๆและจะเกิด Overflow ขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H ซึ่งเป็นการเซต Overflow Flag และค่านี้จะเกิดขึ้นบิต TFx ของรีจิสเตอร์ TCON ซึ่งสามารถอ่านและเขียนด้วยโปรแกรม

การใช้ตัว Timer นี้ค่าของบิตสูงสุด (MSB) คือค่าบิต 7 ของ THx ส่วนบิตต่ำสุด (LSB) คือบิต 0 ของ TLx บิต LSB จะเป็น Toggles เมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้ามาถูกหารด้วย2 ดังนั้นจะพบว่าบิต MSB จะ Toggles ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตหารด้วย 65563 (2 ยกกำลัง16) และค่า Timer รีจิสเตอร์นี้ (TLx THx) สามารถอ่านและเขียนได้ด้วยการโปรแกรม ดังนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามต้องการ

- 8-Bit Auto – Reload Mode (Mode 2)

การทำงานในโหมด 2 เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 8-bit Auto – reload Mode โดยใช้ Timer ไบต์ต่ำ (TLx) เป็น Timer แบบ 8 บิต เมื่อไบต์ต่ำเกิด Overflows หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก FFH เป็น 00H จะมีการโหลดค่าที่เก็บไว้ในไบต์สูง (THx) ไปเก็บไว้ในไบต์ต่ำ (TLx) ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นของการนับครั้งต่อไป นิยมใช้สร้างเป็นฐานเวลาที่สามารถโปรแกรมได้

- Split Timer Mode (Mode 3)

การทำงานในโหมด 3 นี้ ตัว Timer1 จะไม่ทำงาน ตัว Timer0 จะแยกเป็น 2 ตัวๆละ 8 บิต คือ TL0 และ TH0 เมื่อ Timer เกิด Overflows จะมีการเซตบิต TF0 และ TF1 การทำงานในโหมด 3 นี้ Timer1 จะไม่ถูกใช้งานแต่เราสามารถสวิตซ์ให้ Timer1 ไปทำงานในโหมดอื่นได้ แต่การทำงานของ Timer1 จะไม่มีการอินเตอร์รัพท์เกิดขึ้น เพราะบิต TF1 ถูกใช้ในการนับของ TH0 ในการทำงานของโหมด 3 ไปแล้ว เราอาจมองว่าถ้าให้ Timer ทำงานในโหมด 3 ทำให้เรามี Timer เพิ่มขึ้น คือ TH0 และ TL0 ใน Timer0 โหมด 3 และโปรแกรมให้ Timer1 ไปทำงานในโหมดอื่นๆ

2.3.4 Clocking Source

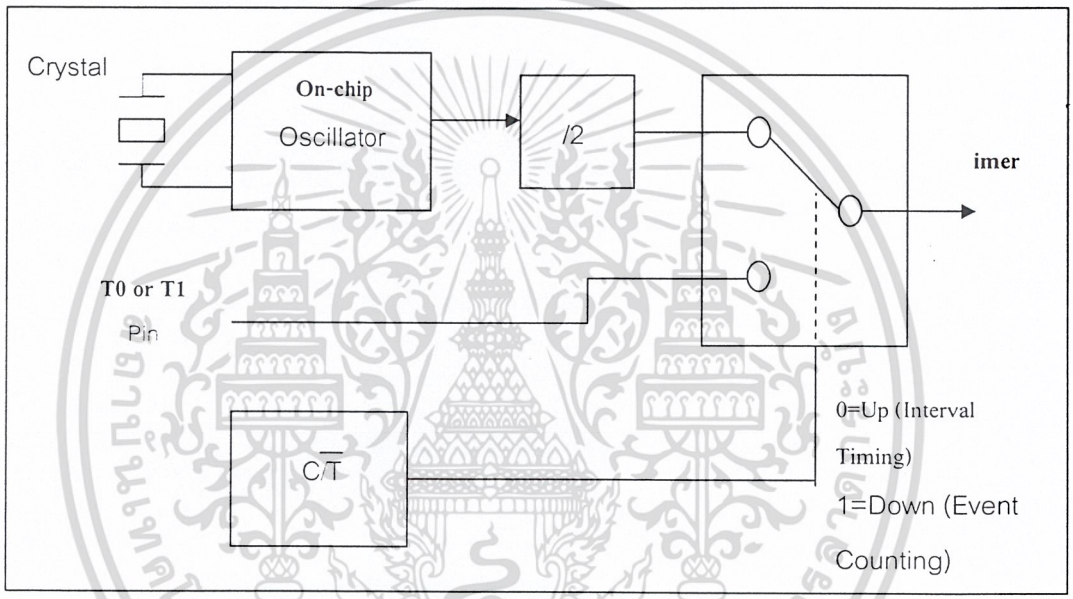
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ในรูปที่ 2-5 นั้นไม่ได้แสดงว่า Timer Clock นำมาจากที่ใดซึ่งการใช้ Timer นี้สามารถใช้ได้ 2 หน้าที่ คือ เป็นตัวจับเวลา (Timer) และเป็นตัวนับ (Counter) ซึ่งสามารถโปรแกรมได้โดยการเซตหรือรีเซตบิต C/T ในรีจิสเตอร์ TMOD

- การใช้เป็นตัวจับเวลา (Timer)

ถ้าบิต C/T ใน TMOD เป็น ลอจิก "0" จะเป็นการเลือกให้ Timer นำ Clock มาจากวงจร Oscillator ในชิพ ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะเข้ามาทุกๆ Machine Cycle หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าใน THx และ TLx จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราการนับแต่ละครั้งใช้เวลาเท่ากับ 1/12 ของความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้บนชิพ ดังแสดงในรูปข้างล่าง ถ้า MCS-51 ใช้สัญญาณนาฬิกา 12 MHz การนับจะมีความถี่เท่ากับ 1 MHz



รูปที่ 2-6 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา

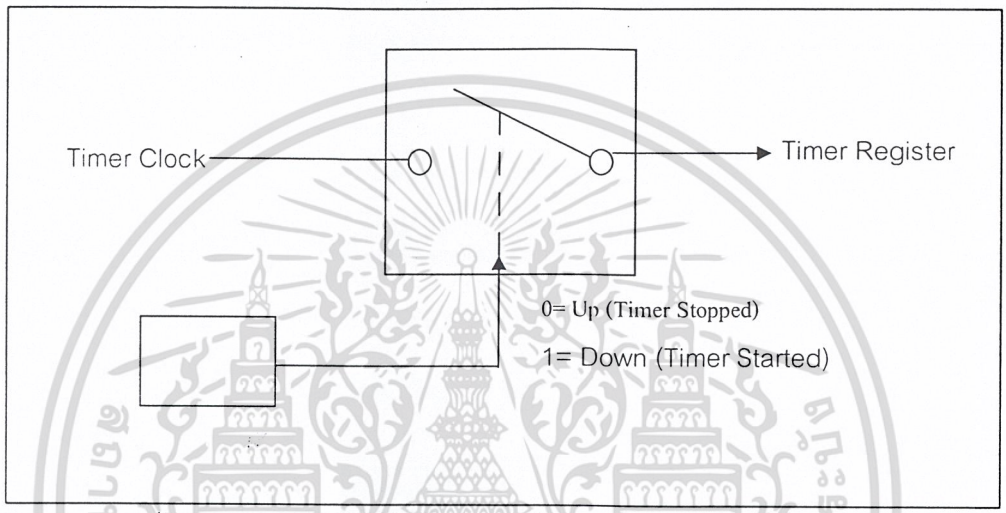
- การใช้เป็นตัวนับ (Counter)

ถ้าบิต C/T เป็น "1" ตัว Timer จะนำ Clock มาจากภายนอกโดยใช้ขา P3.4 หรือ T0 เป็นขา Input Clock ให้กับ Timer0 และใช้ขา P3.5 หรือ T1 เป็น Input Clock ให้กับ Timer1 หรือ อาจมองว่า ถ้าจะให้นับอะไรสัญญาณที่จะนับให้ต่อกับขา T0 กับ T1 ในการใช้เป็น Counter สัญญาณที่เข้ามามีการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" จะทำให้วงจรนับ TLx มีค่าเพิ่มขึ้น 1 ภายใน MCS-51 นี้จะตรวจสอบขาอินพุต T0 และ T1 ในช่วงเวลาเฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ถ้าพบว่ามีค่าเป็น "1" ต่อมาในอีกหนึ่ง Machine Cycle ที่เฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ลอจิกอินพุตเปลี่ยนเป็น "0" จะทำให้ค่าใน Timer เพิ่มขึ้น 1 ดังนั้น จะเห็นว่าการนับ 1 ครั้งจะต้องใช้เวลา 2 Machine Cycles ดังนั้นความถี่สูงสุดที่จะให้ Timer ทำงานเป็น Counter นับได้ จะมีค่ามากที่สุด 500 KHz ถ้า MCS-51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61987

2.3.5 การเริ่ม , หยุด , และการควบคุม Timer

จากรูปที่ 2-5 จะแสดงลักษณะของ Timer Registers ซึ่งจะเห็นว่าประกอบด้วย TLx และ THx และเมื่อเกิด Overflow จะเกิดเอาต์พุตที่บิต TFx สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้าไปใน Time จะมาจาก 2 ส่วนดังแสดงในรูป ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา Timer ต่อไปจะกล่าวถึงว่าเราจะควบคุมให้เริ่ม, หยุดตัว Timer ได้อย่างไร วิธีเริ่มและหยุดตัว Timers สามารถควบคุมได้ที่บิต TRx ในรีจิสเตอร์ TCON โดยปกติแล้ว TRx จะ Clear หลังจาที่ระบบถูกรีเซต ซึ่งจะเป็นการให้ Timer ไม่นับและ TRx นี้จะเซตได้จากชุดคำสั่ง หรือ การโปรแกรม พิจารณารูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 การใช้บิตควบคุม TR

ตัวบิต TRx จะเป็นส่วนที่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ (Bit Addressable) ในรีจิสเตอร์ TCON ถ้าจะให้ Timer0 เริ่มทำงานจะเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
SETB    TR0
```

ถ้าจะหยุดทำงานเขียนคำสั่งได้ดังนี้

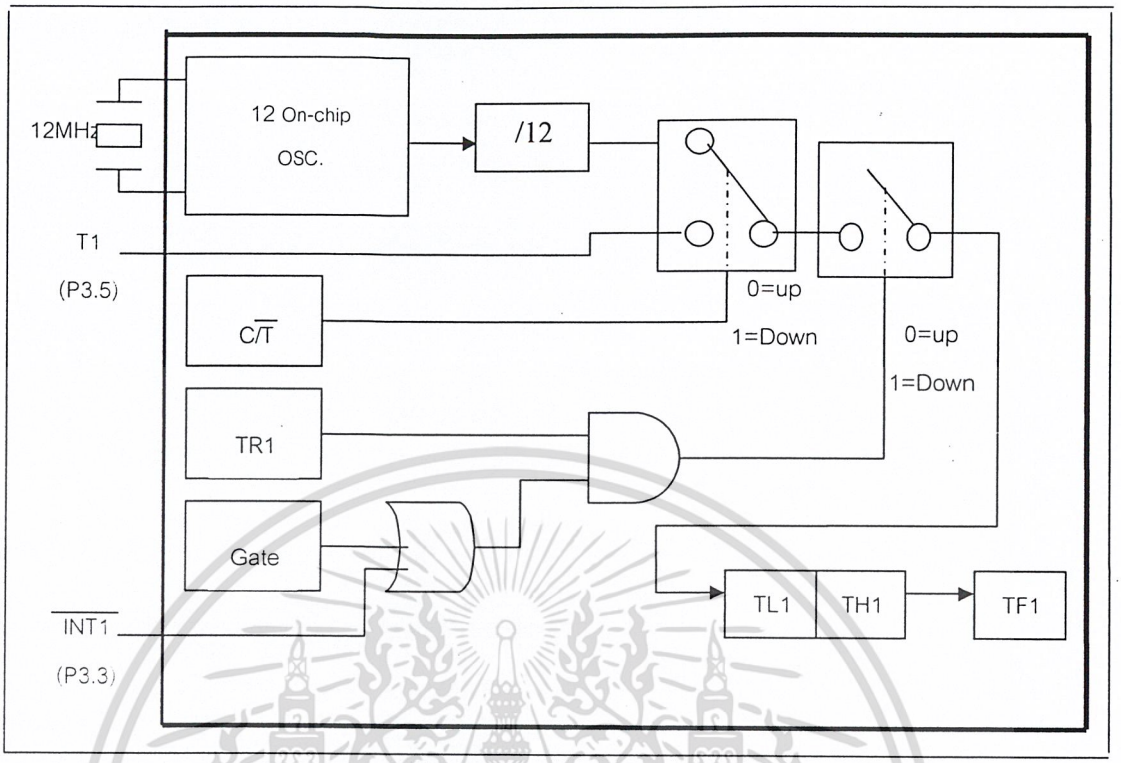
```
CLR     TR0
```

ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี สามารถใช้สัญลักษณ์ TR0 ในคำสั่ง SETB TR0 เลยได้ เพราะตัวแอสแซมบลีจะตีความ TR0 เป็น Bit Address ตำแหน่ง 8CH

วิธีควบคุม Timer สามารถควบคุมได้ที่บิต GATE ใน TMOD และขาอินเตอร์รัพท์จากภายนอก INTx และ INT0 เป็นลอจิก "0" และโปรแกรมให้ Timer0 ทำงานในโหมด 2 เมื่อ TL0/TH0 = 0000H, GATE = 1 และ TR0 = 1 เมื่อ INT0 ขึ้นเป็นลอจิก "1" ตัว Timer จะ
"Gate On" และจะให้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 MHz เมื่อ INT0 ลงเป็น "0" ตัว Timer
"Gate Off" สัญญาณที่ได้จะมีความกว้างของสัญญาณนาฬิกา 1 μS ส่งเข้าไปใน TL0/TH0

รูปที่ 2-8 จะเป็นระบบที่สมบูรณ์ของ Timer1 เมื่อทำงานในโหมด 1 ซึ่งเป็น 16-bit Timer โดยใช้รีจิสเตอร์ TL1/TH1 และ Overflow Flag TF1 ในรูปจะเห็นถึงการควบคุมแหล่งกำเนิด Clock การเริ่มทำงาน และการหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-8 ระบบทั้งหมดของ Timer1

2.3.6 Initializing and Accessing Timer Register

การใช้งาน Timer เริ่มแรกจะต้องโปรแกรมเพื่อเลือกโหมดการทำงานของ Timer ก่อนเมื่อเริ่มใช้งาน ก็โปรแกรมให้เริ่มทำงาน, หยุดทำงาน, อ่าน และ เคลียร์ค่า Flag Bits อ่านค่า Timer Registers ตามลำดับ เพื่อนำไปประยุกต์การใช้งานต่อไป

TMOD คือ รีจิสเตอร์ที่ต้องโปรแกรม โดยเซตโหมดการทำงานก่อน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้ Timer1 เป็น 16-bits Timer (โหมด1) นับสัญญาณนาฬิกาบนชิพ สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
MOV     TMOD, #00010000B
```

ผลที่ได้จากคำสั่งข้างบนคือ เซตบิต M1 = 0 และ M0 = 1 ซึ่งเป็นการเลือกโหมด 1 และให้ C/T = 0 และ GATE = 0 ซึ่งเป็นการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในหรือใช้เป็น Timer และ ตัว Timer นี้จะยังไม่ทำงาน ถ้าบิตควบคุม TR1 ยังไม่ได้เซต

ถ้าให้ Timer นี้นับขึ้นโดยใช้รีจิสเตอร์ TL1/TH1 และจะเซตบิต Overflow Flag เมื่อรีจิสเตอร์เปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H โดยให้นับเวลาไป 100 μS หรือให้ TL1/TH1 นับสัญญาณนาฬิกาได้ 100 ลูก ดังนั้นค่าเริ่มต้นของ TL1/TH1 จะไม่เริ่มที่ 0000H จะต้องเริ่มที่ FFFFH ลบด้วย 100 ลูก หรือ FF9CH เพื่อให้นับไปถึง FFFFH และเปลี่ยนเป็น 0000H ได้สัญญาณนาฬิกา 100 ลูกพอดี สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV     TL1, #9CH
MOV     TH1, #0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าให้ Timer เริ่มทำงานก็ให้บิตควบคุมดังนี้

```
SETB TR1
```

จากนั้นบิต Overflow Flag จะส่งออกมาหลังเวลาผ่านไป 100 µS ซึ่งเราสามารถเขียนโปรแกรมเป็นโปรแกรมวนลูป 100 µS ได้ โดยตรวจสอบบิต TF1 ว่าถูกเซตหรือไม่ ถ้าไม่เซตก็ให้วนลูป ต่อไปดังนี้

```
CLR    TR1
CLR    TF1
```

การใช้แบบ Reading a Timer "On the Fly" การใช้งานแบบประยุกต์บางงานจะต้องอ่านค่าจาก Timer Register เนื่องจากตัว Timer Register มีขนาด 2 ไบต์ ถ้าหากไบต์ต่ำเกิด Overflow จะทดเข้าไบต์สูง ถ้าหากเขียนโปรแกรมให้อ่านค่าจากไบต์ต่ำก่อน แล้วจึงอ่านไบต์สูงข้อมูลที่ได้อาจเกิดข้อผิดพลาดได้ เนื่องจากไบต์ต่ำมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าไบต์สูง การอ่านข้อมูลควรอ่านจากไบต์สูงก่อน แล้วจึงกลับมาอ่านไบต์ต่ำ จากนั้นอ่านข้อมูลไบต์สูงอีกครั้ง ถ้าค่าไบต์สูงที่อ่านได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้ใช้ค่านั้นได้เลย แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงให้อ่านอีกครั้ง ถ้าต้องการอ่านข้อมูลจาก TL1/TH1 เข้าในรีจิสเตอร์ R6/R7 อาจเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
AGAIN: MOV    A, TH1
       MOV    R6, TL1
       CJNE   A, TH1, AGAIN
       MOV    R7, A
```

2.3.7 Short Intervals and Long Intervals

ถ้า MCS-51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz ถ้าให้ Timers ใช้วงจร Oscillator บนชิพ สัญญาณนาฬิกาจะถูกหารด้วย 12 และ Timer จะทำงานด้วยความถี่ 1 MHz ถ้าต้องการใช้โปรแกรมสร้างสัญญาณนาฬิกาออกมาอาจทำได้โดยง่าย ซึ่งพิจารณาจากการทำงานชุดคำสั่งต่างๆของ MCS-51 ใน 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 1µS ในตารางที่ 2-6 จะแสดงความกว้างของสัญญาณที่สร้างขึ้นจาก MCS-51 ที่ทำงานด้วย Crystal ความถี่ 12 MHz

Maximum Interval in Microseconds	Technique
proximate 10	Software Tuning
256	8-bit Timer with Auto-reload
65536	8-bit Timer
No Limit	16-bit Timer Plus Software Loops

ตารางที่ 2-6 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การอินเตอร์รัพท์ (Interrupt)

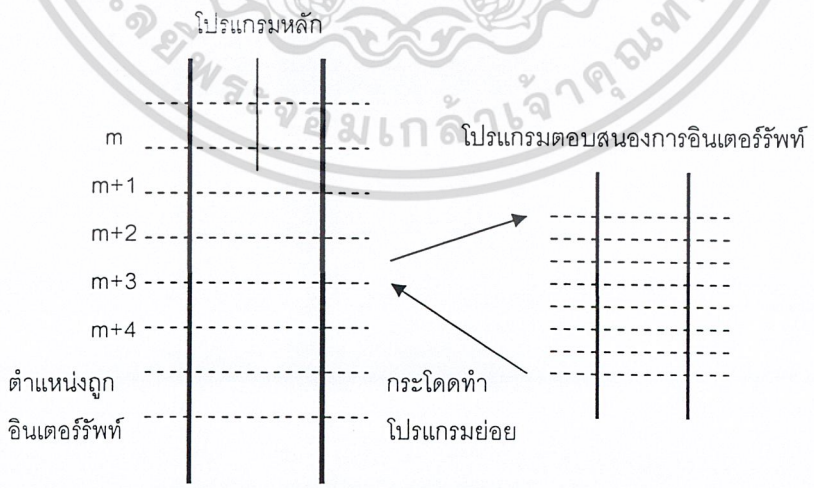
การทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปมักมีอุปกรณ์ภายนอกต่อร่วมอยู่ ถ้าคอมพิวเตอร์ต้องการทำงานกับอุปกรณ์ภายนอกจะต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์เหล่านั้นเสมอ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากให้คอมพิวเตอร์พอร์ทหนึ่งต่ออยู่กับหลอด LED 7 ส่วน อีกพอร์ทหนึ่งต่อกับสวิตช์ ถ้าระบบของเราทำงานเป็นนาฬิกาเดินไปให้คอยตรวจสอบสวิตช์ด้วยว่ามีการกดหรือยัง

การทำงานแบบนี้เรียกว่า Polling Method คือตัวไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์อินพุตตลอดเวลาว่ามีข้อมูลเข้ามาหรือยัง การทำงานแบบนี้ ถ้ามีอุปกรณ์ภายนอกหลายตัวระบบต้องตรวจสอบอุปกรณ์ภายนอกหลายตัว ทำให้เสียเวลาในการทำงานหลักไป การทำงานอีกแบบหนึ่งจะให้ CPU ทำงานหลัก ถ้ามีการกดสวิตช์เมื่อไรให้นาฬิกาหยุดเดินทันที การทำงานในลักษณะนี้ CPU ไม่ต้องเสียเวลาในการตรวจอุปกรณ์ภายนอก ถ้าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับ CPU อุปกรณ์ภายนอกจะส่งสัญญาณมาบอก CPU เอง ระบบนี้เรียกว่า การอินเตอร์รัพท์

2.4.1 ขบวนการเกิดอินเตอร์รัพท์

ถ้าหากคอมพิวเตอร์กำลังทำงานโปรแกรมหลักอยู่เมื่อมีการอินเตอร์รัพท์เข้ามาคอมพิวเตอร์จะละทิ้งโปรแกรมหลัก แต่ไปทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt Service Routine) เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองอินเตอร์รัพท์เสร็จคอมพิวเตอร์จะกลับมาทำงานโปรแกรมเดิมพิจารณารูปที่ 2-9

ถ้า CPU กำลังทำงานโปรแกรมหลักอยู่ เช่นกำลังทำคำสั่งในตำแหน่งของหน่วยความจำที่ m , m+1 , m+2 ไปเรื่อยๆ โดย PC จะชี้ที่ตำแหน่งที่จะอ่านค่าคำสั่งถัดมา เมื่อโปรแกรมทำงานมาถึงตำแหน่งที่ m+3 แล้วเกิดการอินเตอร์รัพท์ขึ้น (ขณะนั้น PC อยู่ที่ m+4) โปรแกรมจะต้องทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ โดยย้าย PC ไปที่ตำแหน่งที่เก็บโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ จากนั้นจะเก็บค่า PC เดิมลงในหน่วยความจำสแตค(Stack) เมื่อคอมพิวเตอร์ทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์เสร็จสิ้นลง จะคืนค่าในสแตค (m+4) ให้กับ PC ทำโปรแกรมหลักต่อไป



รูปที่ 2-9 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 สัญญาณอินเตอร์รัพท์

แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่ใช้กับ MCS-51 มีสองชนิดคือ อินเตอร์รัพท์ภายในและภายนอก โดยอินเตอร์รัพท์ภายในจะเกิดขึ้นภายในตัว MCS-51 เอง ได้แก่สัญญาณจาก Timer Flag0 (TF0) Timer Flag1 (TF1) และพอร์ทอนุกรม สำหรับอินเตอร์รัพท์ภายนอกเกิดจากสัญญาณที่กระตุ้นเข้ามาทางขา INT0 และ INT1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่างๆเข้ามาเราสามารถโปรแกรมได้ว่าจะให้ MCS-51 ยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์ได้หรือไม่ โดยการโปรแกรมไปที่รีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable) และถ้ามีสัญญาณอินเตอร์รัพท์มาจากแหล่งต่างๆ หลายแหล่งพร้อมกันเราสามารถจัดลำดับได้ว่า จะให้อินเตอร์รัพท์ใดเกิดก่อน โดยการโปรแกรมไปที่ อินเตอร์รัพท์ไพออริตี้ (Interrupt Priority) รีจิสเตอร์ทั้งสองตัวมีรายละเอียดดังนี้

- Interrupt Enables

เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ใช้สำหรับกำหนดค่าว่าถ้าเกิดการอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่างๆ จะทำอินเตอร์รัพท์นั้นหรือไม่ โดยรายละเอียดของบิตต่างๆมีดังตารางที่ 2-7

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่งบิต	รายละเอียด
IE.7	EA	AFH	ถ้าเซตยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์
IE.6	-	AEH	ไม่ใช้งาน
IE.5	ET2	ADH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer2 (ใช้กับ 8052)
IE.4	ES	ACH	Enable อินเตอร์รัพท์จากพอร์ทอนุกรม
IE.3	ET1	ABH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer1
IE.2	EX1	AAH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก INT1
IE.1	ET0	A9H	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer0
IE.0	EX0	A8H	Enable อินเตอร์รัพท์จาก INT0

ตารางที่ 2-7 บิตต่างๆของรีจิสเตอร์ IE

- Interrupt Priority

เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ซึ่งสามารถจัดได้สอลำดับ ถ้าเป็น "1" หมายความว่ามีความสำคัญสูงสุด ถ้าเป็น "0" หมายความว่ามีลำดับความสำคัญต่ำสุด ความหมายของบิตต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2-9 ถ้าหากกำหนดให้มีความสำคัญเป็น "1" เหมือนกันหมด MCS-51 จะจัดลำดับความสำคัญใหม่ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	อินเตอร์รัพท์
1 (สูงสุด)	IE0
2	TF0
3	IE1
4	TF1
5 (ต่ำสุด)	Serial Port

ตารางที่ 2-8 การจัดลำดับความสำคัญของลำดับในการทำอินเตอร์รัพท์

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่งบิต	รายละเอียด
IP.7	-	-	ไม่ใช้งาน
IP.6	-	-	ไม่ใช้งาน
IP.5	PT2	0BDH	ใช้กับ Timer2 (8052)
IP.4	PS	0BCH	ใช้กับพอร์ทอนุกรม
IP.3	PT1	0BBH	ใช้กับ Timer1
IP.2	PX1	0BAH	ใช้กับอินเตอร์รัพท์จาก INT1
IP.1	PT0	0B9H	ใช้กับ Timer0
IP.0	PX0	0B8H	ใช้กับอินเตอร์รัพท์จาก INT0

ตารางที่ 2-9 บิตหน้าที่ต่างๆของรีจิสเตอร์ IP

การอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่างๆที่มีผลกับ MCS-51ถ้าเป็นเบอร์ MCS-51 , 8031 จะถูกอินเตอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง ถ้าเป็นเบอร์ 8052 , 8031 จะถูกอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง โดยเพิ่มอินเตอร์รัพท์จาก Timer2 ในรูปที่ 2-13 จะแสดงให้เห็นว่า ถ้า MCS-51 จะถูกอินเตอร์รัพท์ได้จะต้องเซตค่า Global Enable ในรีจิสเตอร์ IE นอกจากนี้ยังกำหนดได้ว่าจะให้อินเตอร์รัพท์ใดเกิดได้ โดยการเซตค่า Interrupt Enable ของอินเตอร์รัพท์เข้ามาจะมีผลต่อแฟลกใด เช่นถ้า INT0 เป็น "1" บิต IE0 จะเป็น "1" หมายความว่าถูกอินเตอร์รัพท์โดยแฟลกต่างๆ ที่มีผลจากการถูกอินเตอร์รัพท์ โดยแฟลกต่างๆที่มีผลจากการอินเตอร์รัพท์แสดงได้ดังตารางที่ 2-10

อินเตอร์รัพท์	แฟลก	ประกอบอยู่ในรีจิสเตอร์
External 0	IE0	TCON.1
External 1	IE1	TCON.3
Timer 1	TF1	TCON.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer 0	TF0	TCON.7
Serial port	T1	SCON.0
Serial port	R1	SCON.1
Timer 2	TF2	T2CON.7 (8052)
Timer 2	EXF2	T2CON.6 (8052)

ตารางที่ 2-10 แฟลกที่จะทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์

จากตารางจะเห็นว่า ถ้ามีการอินเตอร์รัพท์ภายนอกเข้ามา ตัวที่จะอินเตอร์รัพท์ MCS-51 คือ บิตแฟลก IE0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ TCON ถ้ามีการสื่อสารแบบอนุกรม เมื่อข้อมูลถูกส่งไปหมด แล้วจะอินเตอร์รัพท์ MCS-51 ทางบิตแฟลก TI ถ้ารับข้อมูลหมดแล้วจะอินเตอร์รัพท์ MCS-51 ทางบิตแฟลก RI ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ SCON และถ้าใช้ Timer0 ในการนับเมื่อเกิด Overflow สามารถอินเตอร์รัพท์ MCS-51 ได้ทางบิต TF0

2.4.3 การทำงานของระบบหลังถูกอินเตอร์รัพท์

เมื่อ MCS-51 ถูกอินเตอร์รัพท์จะต้องกระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์โดยตำแหน่งที่จะกระโดดไปเรียกว่า อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ (Interrupt Vectors) เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์เรียบร้อยแล้ว MCS-51 จะกระโดดมาทำงานยังตำแหน่งเดิม โดยก่อนที่จะกระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์จะต้องเก็บค่าตำแหน่งเดิมไว้โดยเก็บค่า PC ลงหน่วยความจำสแตคซึ่งอยู่ที่หน่วยความจำที่ถูกชี้โดยรีจิสเตอร์ SP เมื่อโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์เสร็จแล้วจะคืนค่าในหน่วยความจำสแตคให้ PC ตามเดิม ค่าอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของ MCS-51 แสดงได้ดังตารางที่ 2-11

อินเตอร์รัพท์	อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์
System Reset	0000H
External0	0003H
Timer0	000BH
External1	0013H
Timer1	001BH
Serial Port	0023H
Timer 2	002BH

ตารางที่ 2-11 อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของอินเตอร์รัพท์ต่างๆ

จากตารางจะเห็นว่าระบบถูกอินเตอร์รัพท์จากภายนอกทาง INT0 ตัว MCS-51 จะกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่ง 0003H ถ้าระบบถูกอินเตอร์รัพท์จาก Timer0 จะกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่ง 000BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การออกแบบโปรแกรมอินเตอร์รัพท์

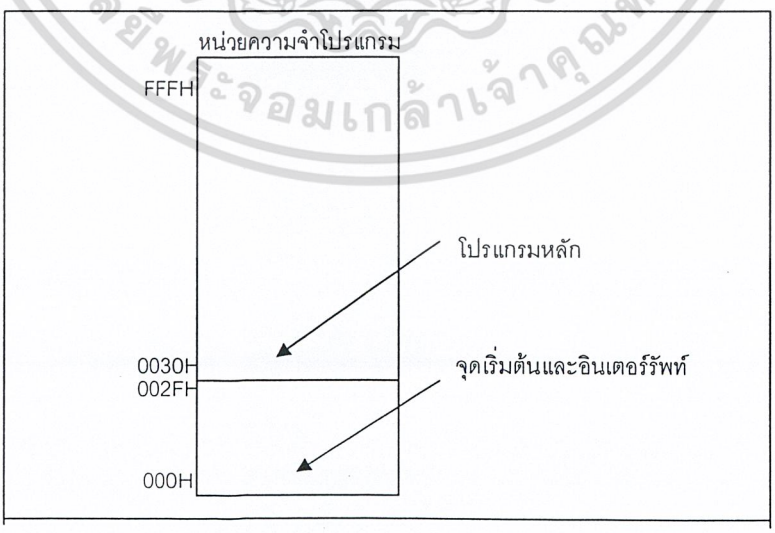
ในการเขียนโปรแกรมหลัก (Main Program) จะต้องกำหนดค่าว่าจะให้ MCS-51 ถูกอินเตอร์รัพท์ด้วยอะไร และจะให้ MCS-51 ถูกอินเตอร์รัพท์ได้หรือไม่ โดยการโปรแกรมค่าต่างๆใน IE รีจิสเตอร์ ถ้ามีการอินเตอร์รัพท์จากสองแหล่งขึ้นไปควรมีการจัดลำดับความสำคัญในรีจิสเตอร์ IP ดังนั้นในโปรแกรมหลักจะต้องมีการโปรแกรมต่อไปนี้

1. โปรแกรมค่าในรีจิสเตอร์ IE
2. โปรแกรมค่าในรีจิสเตอร์ IP

สำหรับโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ถือว่าเป็นโปรแกรมย่อยโปรแกรมหนึ่ง แต่จะต้องจบโปรแกรมย่อยด้วยค่า RETI (Return from Interrupt)

จากตารางอินเตอร์รัพท์เวคเตอร์ จะเห็นว่าถ้ากด Reset หรือให้ระบบเริ่มทำงาน โปรแกรมจะเริ่มทำงานที่ตำแหน่ง 0000H และจะเห็นว่า ตำแหน่งที่เก็บโปรแกรมหลักมีโอกาส อย่างมากที่จะทับกับหน่วยความจำโปรแกรมที่เก็บค่าอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ที่ตำแหน่ง 0003H ถ้าโปรแกรมยาวมากอาจจะไปทับตำแหน่ง 000BH ได้ซึ่งเป็นตำแหน่งของอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของ Timer0 ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมหลัก ภายใน 3 ตำแหน่งแรก คือ 0000H, 0001H, 0002H จะต้องกระโดดไปที่อื่นก่อนเพื่อให้ข้ามอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ไป ซึ่งอาจเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
        ORG     0000H           ; เริ่มต้นโปรแกรม
        LJMP    MAIN            ; กระโดดไปโปรแกรมหลัก
        .....                   ; เพื่อหนีอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์
        .....
        ORG     0030H           ; ตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม
MAIN :  .....                   ; เริ่มต้นโปรแกรมหลัก
        .....
```



รูปที่ 2-10 การจัดตำแหน่งโปรแกรมในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างโปรแกรมจะเห็นว่า เมื่อเริ่มต้นโปรแกรมหรือระบบถูกรีเซต ระบบจะทำงานตำแหน่งแรก คือคำสั่งกระโดดไปไรแกรมหลัก ซึ่งอยู่ต่อจากโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ที่อยู่ที่ตำแหน่ง 0030H

- โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์แบบสั้น

จากตารางอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ จะเห็นว่าที่เก็บโปรแกรมอินเตอร์รัพท์แต่ละแหล่งจะห่างกัน 8 ไบต์ ดังนั้นถ้ามีการอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่างๆ หลายๆแหล่งและป้าแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์บางโปรแกรมมีขนาดยาวเกิน 8 ไบต์ จะทำให้โปรแกรมไปทับกับตำแหน่งของโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ของอินเตอร์รัพท์ถัดไป แต่ถ้าโปรแกรมตอบสนองการ
อินเตอร์รัพท์ไม่ยาวมากเกินไปเราสามารถเขียนไปในตำแหน่งนั้นได้เลยดังโปรแกรมต่อไปนี้

```
        ORG     0000H
        LJMP    MAIN    ; กระโดดไปโปรแกรมหลัก
        ORG     000BH   ; ตำแหน่งเริ่มต้นของอินเตอร์รัพท์ Timer0
TOISR : ……
        ……
        RETI            ; กลับโปรแกรมหลัก
MAIN : ……              ; โปรแกรมหลัก
        ……
```

จากตัวอย่างโปรแกรมจะใช้อินเตอร์รัพท์จาก Timer0 เมื่อระบบเริ่มทำงานจะทำตำแหน่ง 0000H โดยกระโดดไปโปรแกรมหลักซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งต่อจากโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์เมื่อมีการอินเตอร์รัพท์ Timer0 ระบบจะทำโปรแกรมตำแหน่งที่ 000BH ซึ่งเป็นอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของ Timer0 โดยโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์จะจบด้วยคำสั่ง RETI เพื่อกลับสู่โปรแกรมหลักต่อไป

- โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ขนาดใหญ่

ในกรณีที่มีการอินเตอร์รัพท์จากหลายแหล่ง และโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์แต่ละโปรแกรมยาวเกิน 8 ไบต์ เราไม่สามารถเขียนโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ไว้ที่ตำแหน่งของอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ได้ ซึ่งจะแก้ปัญหานี้ได้โดยกำหนดให้ตำแหน่งของอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ให้ทำโปรแกรมกระโดด โดยกระโดดไปที่ตำแหน่งเก็บโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ที่เขียนไว้ที่ตำแหน่งอื่นดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
        ORG     0000H   ; เริ่มโปรแกรมของระบบ
        LJMP    MAIN    ; กระโดดไปโปรแกรมหลัก
        ORG     000BH   ; ตำแหน่งของอินเตอร์รัพท์
        LJMP    LED1    ; กระโดดไปโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ชื่อ LED1
        ORG     0030H   ; ตำแหน่งหลังอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์
MAIN : ……              ; โปรแกรมหลัก
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ……
LED1 : ……          ; โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ Timer1
        ……
        RETI        ; กลับสู่โปรแกรมหลัก
```

จากโปรแกรมจะเห็นว่า เมื่อระบบทำงานจะต้องทำที่ตำแหน่ง 0000H โดยกระโดดไปทำโปรแกรมหลักที่ตำแหน่งต่อจาก 0030H เพราะตำแหน่งดังกล่าวข้ามอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์จากแหล่งต่างๆ ไปแล้ว เมื่อมีการอินเตอร์รัพท์จาก Timer0 โปรแกรมจะต้องทำงานที่ตำแหน่ง 000BH แต่โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ยาวมาก ที่ตำแหน่ง 000BH จึงให้ทำโปรแกรมกระโดด โดยกระโดดไปที่โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ชื่อ LED1 ซึ่งอยู่ท้ายโปรแกรม เมื่อจบโปรแกรมจะจบด้วยคำสั่ง RETI เพื่อกลับไปโปรแกรมหลักต่อไป

2.5 ลักษณะของการสื่อสารตามมาตรฐาน

ในปัจจุบันสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารส่วนใหญ่จะใช้สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) เป็นหลัก และสัญญาณสื่อสารที่ใช้ส่วนมากจะเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีระดับสัญญาณแบบ TTL ซึ่งถ้าทำการติดต่อสื่อสารในลักษณะของระดับสัญญาณแบบTTL แล้วจะสามารถทำการติดต่อสื่อสารได้โดยตรง แต่ในหลายกรณีที่มีความจำเป็นที่จะต้องสื่อสารด้วยสัญญาณในระดับอื่นที่ไม่ใช่ระดับสัญญาณแบบTTL หรือไม่ได้เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการสื่อสาร แต่ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยอาศัยการแปลงสัญญาณที่ต้องการสื่อสารให้เป็นสัญญาณตามมาตรฐาน โดยที่แต่ละมาตรฐานจะมีข้อกำหนดที่แตกต่างกันไป ในที่นี้จะกล่าวถึงมาตรฐานที่สำคัญที่ใช้ในการสื่อสารดังนี้

2.5.1 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232-C

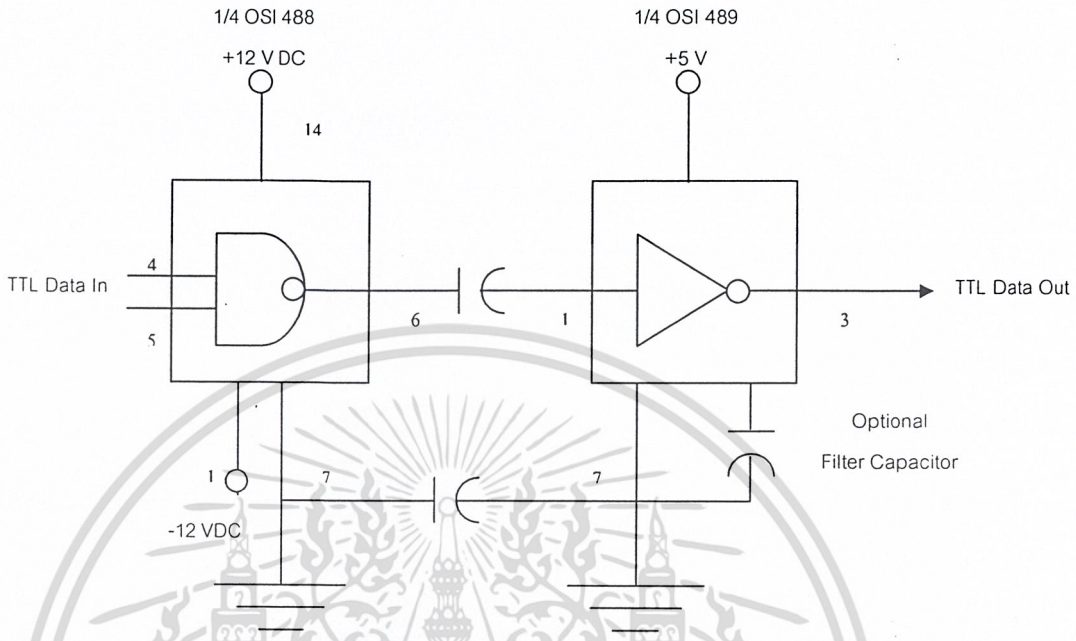
มาตรฐาน RS-232-C เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนามานานและถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และใช้เป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่อ DTE (Data Terminal Equipment) เข้ากับ DCE (Data Communication Equipment)
เช่น การต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับโมเด็ม

ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232-C นั้นจะใช้สายสัญญาณเพียงคู่เดียวในการส่งสัญญาณ โดยสามารถส่งสัญญาณไปได้ในทิศทางเดียว อัตราเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลมีค่าเท่ากับ 20 kbps และระยะทางที่ใช้ในการส่งข้อมูลไม่ควรเกิน 50 ฟุต สำหรับการส่งข้อมูลจะใช้ระดับแรงดันแทนค่าทางตรรกะ (Logic) ของข้อมูล โดยระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -5 ถึง -15 โวลต์ จะแทนค่าสถานะ 0 และระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง +5 ถึง +15 โวลต์ จะแทนค่าสถานะ 1 ส่วนในช่วงระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -5 ถึง +5 โวลต์ นั้นจะใช้ในการแบ่งแยกระดับสถานะของสัญญาณระหว่างสถานะ 0 และ 1

ตัวอย่างของวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232-C จะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2-11 โดยจะมีการแปลงระดับสัญญาณแบบ TTL ไปเป็นระดับแรงดันสัญญาณตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS-232-C แล้วส่งไปตามสายสัญญาณและแปลงกลับจากระดับแรงดันสัญญาณในมาตรฐาน RS-232-C ไปเป็นระดับสัญญาณแบบTTL



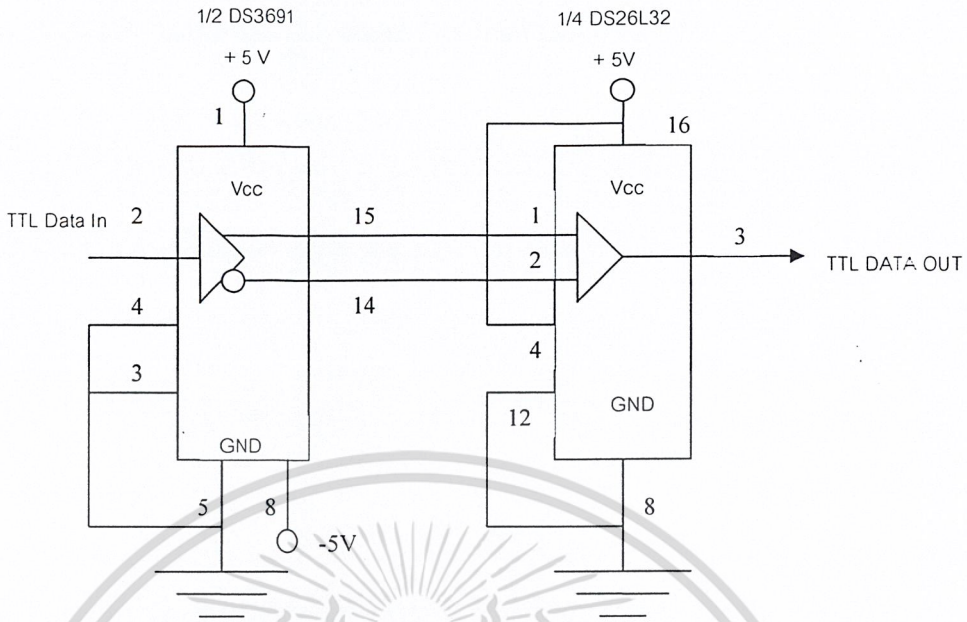
รูปที่ 2-11 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้กับมาตรฐาน RS-232-C

2.5.2 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-422

มาตรฐาน RS-422 เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนามาจากมาตรฐาน RS-423 ให้มีประสิทธิภาพในการสื่อสารเพิ่มมากขึ้น โดยมีการพัฒนาให้อัตราเร็วในการส่งข้อมูลมีค่าสูงกว่าในมาตรฐาน RS-423 และระยะทางที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างตัวส่งและตัวรับก็มากกว่าในมาตรฐาน RS-423 นอกจากนี้ยังมีความไวต่อสัญญาณมากกว่าในมาตรฐาน RS-423 อีกด้วย

ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-422 นั้นจะใช้สายสัญญาณเพียงคู่เดียวในการส่งสัญญาณ โดยสามารถส่งสัญญาณไปได้ทิศทางเดียวในลักษณะของ one-way balanced-line ดังรูปที่2.12 อัตราเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลมีค่าเท่ากับ 10 Mbps โดยระยะทางที่ใช้ในการส่งข้อมูลสามารถขยายได้ถึง 4000 ฟุต สำหรับการส่งข้อมูลจะใช้ระดับแรงดันแทนค่าทางตรรกะของข้อมูล โดยระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -2 ถึง -6 โวลต์ จะแทนค่าสถานะ 0 และระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่างอยู่ระหว่าง +2 ถึง +6 โวลต์ จะแทนค่าสถานะ 1 ส่วนในช่วงระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -2 ถึง +2 โวลต์ นั้นจะใช้ในการแบ่งแยกระดับสถานะของสัญญาณระหว่างสถานะ 0 และ สถานะ 1 นอกจากนี้ตัวรับสัญญาณยังสามารถจับสัญญาณที่มีระดับแรงดันต่ำกว่า 200 mV ได้อีกด้วยทำให้มีความไวต่อสัญญาณเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-12 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้กับมาตรฐาน RS-422

ตัวอย่างของวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-422 จะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2-12 โดยจะมีการแปลงระดับสัญญาณแบบTTL ไปเป็นระดับแรงดันสัญญาณตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน RS-422 แล้วส่งไปตามสายสัญญาณและแปลงกลับจากระดับแรงดันสัญญาณในมาตรฐาน RS-422 ไปเป็นระดับสัญญาณแบบTTL

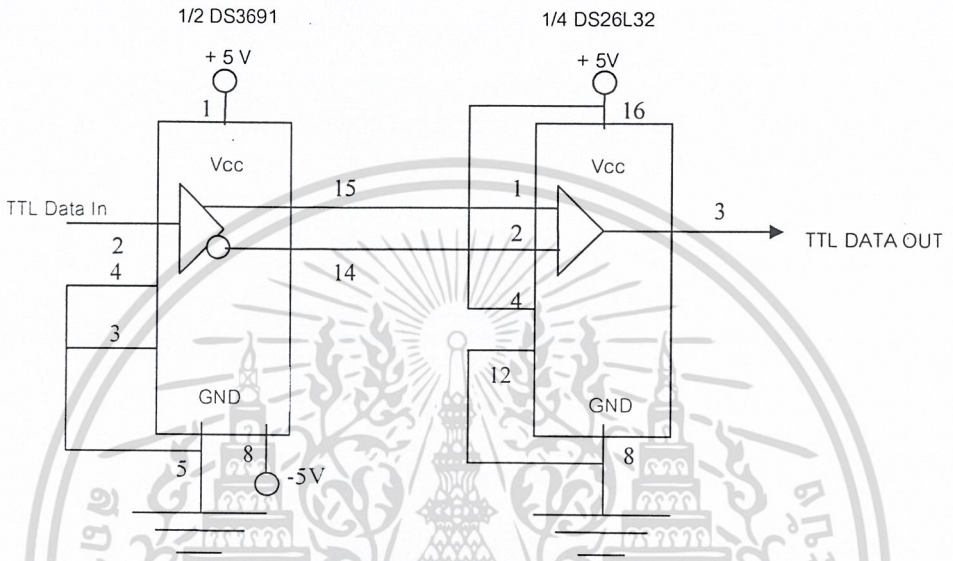
2.5.3 ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-485

มาตรฐาน RS-485 เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนามาจากมาตรฐาน RS-422 ให้มีประสิทธิภาพในการสื่อสารเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดยมีการพัฒนาให้วงจรของตัวขับสัญญาณเป็นแบบ 3 สถานะ (Tri State) ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้สองทิศทางบนสายคู่เดียวและสามารถต่อเครือข่ายแบบหลายจุด (Multi drop) ซึ่งอุปกรณ์หลายๆตัวสามารถรับและส่งแบบ Half-Duplex บนสายสัญญาณคู่เดียวได้

ระบบเครือข่าย RS-485 สามารถติดต่อกันผ่านสาย2เส้น (โดยทั่วไปใช้สายคู่ตีเกลียวหรือ twisted pair) สัญญาณข้อมูลที่ส่งจะถูกวัดความแตกต่างของสัญญาณที่ตัวรับ ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถส่งข้อมูลในระยะไกลและกำจัดปัญหาสัญญาณรบกวนได้ดี ลักษณะการเชื่อมต่อของ RS-485 สามารถทำได้ 2ลักษณะ คือ 2 สาย และ 4 สาย ในระบบ 2 สาย ตัวส่งและตัวของแต่ละอุปกรณ์ต่อเข้ากับสายคู่ตีเกลียว 1 เส้น ระบบ 4 สาย ตัวส่งของพอร์ตแม่ (master port) ต่อเข้ากับตัวรับของตัวลูก(slave port) ทุกตัวในระบบผ่านสายคู่ตีเกลียวเส้นหนึ่งและตัวส่งของตัวลูกทุกตัวจะต่อเข้ากับตัวรับของตัวแม่ผ่านสายคู่ตีเกลียวอีกเส้นหนึ่ง การติดต่อกันในระบบอุปกรณ์ทุกตัวจะต้องถูกกำหนดตำแหน่ง (address) ตัวแม่ติดต่อกับตัวลูกทุกตัวโดยตรง แต่ตัวลูกแต่ละตัวจะติดต่อกับตัวแม่ได้เท่านั้นไม่สามารถติดต่อกันเองได้และในการติดต่อนั้นตัวลูกจะติดต่อกับตัวแม่ได้ทีละตัว เมื่อตัวลูกตัวใดตัวหนึ่งกำลังติดต่อกับตัวแม่อยู่ ตัวลูกที่เหลือจะไม่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดต่อกับตัวแม่ได้และจะอยู่ในสถานะที่เรียกว่า ไฮอิมพีแดนซ์ (High impedance) หรือ 3 สถานะซึ่ง Hardware บางผลิตภัณฑ์สามารถจัดการสถานะดังกล่าวได้โดยอัตโนมัติ แต่สำหรับบางกรณีจำเป็นต้องใช้ Software เป็นตัวจัดการ ผลจากการทำงานแบบ tri-state ทำให้ต้องเสียเวลาระยะเวลาหนึ่งระหว่างการสิ้นสุดการส่งข้อมูลและการทำ tri-state ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเรียกว่า turn-around delay ในช่วงเวลานี้จะไม่มีตัวลูกตัวใดสามารถส่งข้อมูลได้ ซึ่งมีผลกับระบบแบบ 2 สาย แต่ไม่มีผลกับ ระบบแบบ 4 สาย



รูปที่ 2-13 แสดงวงจรขับและรับสัญญาณที่ใช้กับมาตรฐาน RS-485

2.5.3.1 คุณสมบัติในการสื่อสารแบบสองทิศทางคนละเวลา (Half-duplex)

เนื่อง จากตัวรับและตัวส่งตามมาตรฐาน RS-485 ถูกออกแบบให้เป็นแบบ 3 สถานะ (Tri-state) จึงสามารถทำการสื่อสารได้ส่องทิศทางบนสายสายสัญญาณคู่เดียว (bi-directional) ซึ่งมีข้อดีคือ ทำให้สะดวกและประหยัดต่อการใช้งาน นอกจากนี้ตามมาตรฐาน RS-485 นั้นยังสามารถทีจะเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายได้มากถึง 32 จุด (Unit Load: UL) บนสายสัญญาณคู่เดียว

2.5.3.2 คุณสมบัติทางการเชื่อมต่อเป็นเครือข่าย

ตามมาตรฐาน RS-485 นั้นเครือข่ายสามารถเชื่อมต่อได้หลายจุดบนสายสัญญาณเพียงคู่เดียว (Multiple Transceivers) และการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-485 นั้นมีพื้นฐานอยู่บนการเชื่อมต่อแบบบัส (Bus-Type Network) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อได้หลายแบบโดยอาศัยการแปลงให้เป็นเครือข่ายเสมือนเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการทำงาน

2.5.3.3 คุณสมบัติทางด้านอัตราเร็วและระยะทางในการส่งข้อมูล

ในการส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485 นั้นสามารถที่จะส่งข้อมูลได้สูงสุดถึง 10 Mbps และส่งข้อมูลได้ไกลที่สุดถึง 4000 ฟุต (1200 เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.4 คุณสมบัติทางด้านสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนจะมีผลต่อการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 น้อยมากถ้าเลือกอัตราเร็วและระยะทางในการส่งข้อมูลให้เหมาะสม เนื่องจากตามมาตรฐาน RS-485 นั้นการสื่อสารจะเป็นแบบ Current Loop และใช้ความต่างศักย์ของคู่สายสัญญาณในการส่งข้อมูล ทำให้สามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดี โดยเฉพาะสัญญาณรบกวนในลักษณะของ Common-mode noise

2.6 โปรโตคอลการเชื่อมโยงข้อมูล (Data link Protocol)

หน้าที่ทั่วไปของโปรโตคอลนั้นนอกจากจะสร้างกฎให้สถานีตอบสนองต่อการเชื่อมข้อมูลและอักขระอื่นๆแล้ว ยังมีหน้าที่กำหนดสถานีทุติยภูมิ(สถานีลูก) ที่สถานีปฐมภูมิ(สถานีแม่) หรือ สถานีปฐมภูมิเป็นผู้ควบคุมการสื่อสารเมื่อต้องการจะสื่อสารด้วย โดยในระบบการเชื่อมต่อหลายสถานีแบบ Multipoint System ซึ่งสถานีปฐมภูมิ 1 ตัวจะต่อกับสถานีทุติยภูมิหลายตัว สถานีปฐมภูมิสามารถเชื่อมการสื่อสารได้สองวิธี วิธีแรกนั้นสถานีปฐมภูมิสามารถส่งคำถามหรือโพล (Poll) ไปยังสถานีทุติยภูมิตัวใดตัวหนึ่งว่ามีข้อความจะส่งให้สถานีปฐมภูมิหรือไม่ สำหรับวิธีที่สองสถานีปฐมภูมิสามารถส่งการเลือก หรือ Selection ให้สถานีทุติยภูมิตัวใดตัวหนึ่งแจ้งว่าพร้อมที่จะรับข้อความหรือ Traffic หรือไม่ สถานีทุติยภูมิสามารถตอบสนองในโหมดใดโหมดหนึ่งคือ ส่ง (Send),รับ(Receive) หรือ Local โดยแจ้งโหมดดังกล่าวตอบต่อโพล หรือซีเลคชั่นของสถานีทุติยภูมิ การตอบสนองต่อโพล หรือซีเลคชั่นของสถานีทุติยภูมิ การตอบสนองต่อโพลส่วนใหญ่มีดังนี้

- สถานีทุติยภูมิอยู่ในโหมดส่ง และส่งข่าวสารออกไป
- สถานีทุติยภูมิตอบรับ (Acknowledge หรือ ACK) ต่อโพลแต่อยู่ในโหมดรับโดยจะแจ้งสถานีปฐมภูมิว่าไม่มีข่าวสารจะส่ง แต่ตัวเองพร้อมรับกระแสข้อมูล
- สถานีทุติยภูมิปิดสาย (Off-Line) ซึ่งอยู่ในโหมดโลคัล(Local) โดยจะแจ้งไปยังสถานีปฐมภูมิว่าอยู่ในโหมดนี้

การตอบสนองต่อซีเลคชั่นส่วนใหญ่จะคล้ายกัน มีแตกต่างเล็กน้อยดังนี้

- สถานีทุติยภูมิอยู่ในโหมดรับจะแจ้งไปว่าพร้อมที่จะรับกระแสข้อมูลจากสถานีปฐมภูมิ
- สถานีทุติยภูมิอยู่ในโหมดส่ง และ ไม่พร้อมที่จะส่งข้อมูล
- สถานีทุติยภูมิอยู่ในโหมดโลคัล และไม่พร้อมที่จะส่งหรือรับกระแสข้อมูล

แต่ละโปรโตคอลจะรวมถึงการจัดการเกี่ยวกับโพลและซีเลคชั่นและการตอบสนองของสถานีทุติยภูมิ

นอกจากนี้ยังกำหนดให้สถานีทุติยภูมิว่าตัวใดควรจะได้โพลหรือซีเลคชั่น สถานีทุติยภูมิสามารถกำหนดโพลให้กับสถานีทุติยภูมิรับครั้งละสถานีเดียวเท่านั้น

การกำหนดซีเลคชั่นมี 3 แบบ คือ

- สถานีทุติยภูมิแต่ละสถานีมีแอดเดรสในการซีเลคชั่นแอดเดรสโดยเฉพาะ (Unique Selection Address) เพื่อที่จะให้สถานีปฐมภูมิเลือกเฉพาะสถานีใดสถานีหนึ่งเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การให้แอดเดรสเฉพาะกลุ่ม (Group Address) คือ การกำหนดเฉพาะสถานีทุติยภูมิกลุ่มหนึ่งให้สามารถถูกเลือกที่จะรับข่าวสารได้พร้อมกัน โดยสถานอื่นไม่สามารถรับได้
- การสให้แอดเดรสทั่วไป (Broadcast Address) โดยทุกๆสถานีทุติยภูมิจะถูกเลือกเมื่อให้แอดเดรสแบบนี้ ดังนั้นสถานีปฐมภูมิสามารถส่งข่าวสารเดียวกันไปยังสถานีทุติยภูมิทุกๆสถานีได้

นอกจากจะสร้างรูปแบบในการโพลและซีเลคชั่น และกำหนดแอดเดรสให้สถานีทุติยภูมิแล้ว โปรโตคอลยังสามารถกำหนดรูปแบบข้อความ และการสนองตอบต่ออักขระการเชื่อมข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปแบบรหัสASCIIประกอบด้วยอักขระ 3 ชนิด คือ ตัวอักษร กราฟฟิค และ การเชื่อมข้อมูลอักขระ อักขระสองชนิดแรกนั้นจะเกี่ยวข้องกับการแสดงผลทางจอภาพหรือการพิมพ์ ส่วนอักขระการเชื่อมข้อมูลจะถูกใช้ในการสร้างซอฟท์แวร์การเชื่อมการสื่อสาร ได้แก่ฟังก์ชั่นต่างๆ เช่น การเริ่มต้นข้อความ การสิ้นสุดข้อความ อักขระเหล่านี้จะได้รับการสนองตอบต่างกันขึ้นอยู่กับแต่ละโปรโตคอล แต่ส่วนใหญ่แล้วจะทำหน้าที่พื้นฐานที่จำเป็นคล้ายๆกัน

ในการเชื่อมโยงเพื่อส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ปลายทางรับส่งข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับอุปกรณ์ปลายทางรับส่งข้อมูล หลังจากที่อุปกรณ์ปลายทางรับส่งข้อมูลเชื่อมต่อกันทางกายภาพ โดยสามารถส่งสัญญาณทางไฟฟ้าถึงกันได้แล้ว ก่อนที่อุปกรณ์ปลายทางรับส่งข้อมูลจะส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมโยงทางกายภาพ อุปกรณ์ปลายทางที่ส่งข้อมูลต้องบอกอุปกรณ์ปลายทางที่รับข้อมูลว่าต้องการส่งข้อมูลหรือต้องการติดต่อด้วย โดยการเริ่มต้นสร้างการเชื่อมโยง และในการส่งข้อมูลถ้าหากข้อมูลมีจำนวนมาก ภาคส่งจะต้องทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นเฟรม ในการส่งเฟรมผ่านช่องสัญญาณถ้าหากมีการผิดพลาดเกิดขึ้นจะต้องมีการแก้ไขโดยการส่งซ้ำกลับไปใหม่ สุดท้ายเมื่อหมดเฟรมข้อมูลในการติดต่อก็จะต้องมีการบอกยกเลิกการติดต่อ หน้าที่ของโปรโตคอลเชื่อมโยงข้อมูลมีดังนี้

- การควบคุมเฟรม(Frame control) เป็นการกำหนดการเริ่มต้นและสิ้นสุดของเฟรม ในทางอุดมคติเฟรมจะต้องส่งอักษรหรือรูปแบบของบิตใดๆก็ได้
- การควบคุมการผิด(Error control) ในการเชื่อมโยงข้อมูล การรับข้อมูลต้องปราศจากการผิดของบิต ดังนั้นหน้าที่สำคัญของโปรโตคอลเชื่อมโดยงข้อมูลคือต้องมีความสามารถในการตรวจจับการผิดที่เกิดขึ้นในเฟรม และถ้าหากในการรับเฟรมมีการผิดของบิตเกิดขึ้น ภาคส่งจะต้องมีการส่งเฟรมเดิมซ้ำกลับไปใหม่
- การควบคุมการไหลของข้อมูล (Flow control) เป็นการควบคุมให้อุปกรณ์ปลายทางที่รับข้อมูลสามารถรับข้อมูลได้ทันโดยที่อุปกรณ์ปลายทางที่ส่งข้อมูลต้องไม่ส่งเฟรมข้อมูลในอัตราที่เร็วกว่าอุปกรณ์ปลายทางรับที่ข้อมูลจะสามารถรับได้
- การจัดการเชื่อมโยง (Link establish) ในการเชื่อมโยงต้องมีการสร้างการเชื่อมโยง การยกเลิกการเชื่อมโยงเชิงตรรกะ โดยเฉพาะการเชื่อมโยงของหลายสถานีที่ใช้การเชื่อมต่อทางกายภาพร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การควบคุมเฟรม

การควบคุมเฟรมแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆคือ การควบคุมเฟรมของโปรโตคอลแบบอิงบิต (Bit oriented) และการควบคุมเฟรมของโปรโตคอลแบบอิงอักษร (Character oriented)

2.6.1.1 โปรโตคอลแบบอิงบิต

- การแทรกบิต (Bit stuff) วิธีนี้แสดงการเริ่มต้นและการหยุดเฟรมด้วยซีเคว้นของบิตพิเศษจำนวนหนึ่งเรียกว่าแฟลก (Flag) โดยแฟลกจะประกอบด้วยบิต 01111110 ดังนั้นเมื่อภาครับพบบิต 1 ติดกัน 6 ตัวจะทราบทันทีว่าเป็นการเริ่มต้น หรือหยุดเฟรม และเพื่อให้ส่วนของข้อมูลสามารถส่งไบนารี 1 ติดกันได้เกิน6ตัว เมื่อภาคส่งพบบิต 1 ติดกัน5ตัวขึ้นไปภาคส่งจะทำการแทรกบิต 0 หลังบิต 1 ที่ติดกัน5ตัวทันที ที่ภาครับหลังจากตรวจสอบแฟลกนำแล้วเมื่อพบบิต 0 ที่ตามหลังบิต 1 ที่ติดกัน5ตัว ภาครับจะตัดบิต 0 ออก
- การใช้ฟิลด์(Field) บอกความยาวข้อมูล วิธีนี้เฟรมจะถูกแบ่งออกเป็นฟิลด์หรือเขตต่างๆ เริ่มต้นจากปรีแอมเบิล(Preamble) ที่ใช้สำหรับให้สัญญาณนาฬิกาของภาครับซิงโครไนซ์กับภาคส่ง และตามด้วยหัวเฟรมและฟิลด์บอกความยาวของเฟรม ซึ่งภาครับจะทราบขอบเขตของเฟรมโดยอ่านจากฟิลด์บอกความยาวของเฟรม
- การใช้บิตพิเศษ วิธีนี้ใช้การเข้ารหัสของบิตที่ระดับการภาพ โดยใช้การเข้ารหัสสัญญาณเบสแบนด์เป็นแบบไบเฟสและบอกการเริ่มต้น และสิ้นสุดของเฟรมได้ด้วยการใช้บิตพิเศษที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่กลางบิต

2.6.1.2 โปรโตคอลแบบอิงอักษร

โปรโตคอลแบบนี้ใช้กับการส่งข้อมูลที่เป็นอักษรเช่นการส่งไฟล์อักษร (Text file) โดยอักษรในไฟล์จะแทนด้วยรหัส ASCII ซึ่งในรหัส ASCII จะมีกลุ่มอักษรที่ใช้ควบคุม การสื่อสาร (Control character) หรือรูปแบบการพิมพ์

อักษร	รหัส	ความหมาย
SOH	01H	Start of Head
STX	02H	Start of Text
ETX	03H	End of Text
EOT	04H	End of Transmission
ENQ	05H	Enquiry
ACK	06H	Acknowledge
DLE	10H	Data Link Escape
NAK	15H	Negative Acknowledge
SYN	16H	Synchronous Idle
ETB	17H	End of Text Block

ตารางที่ 2-12 แสดงกลุ่มอักษรที่ใช้ในการควบคุมการสื่อสาร (Control character)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYN	STX	Data	ETX	Error check

รูปที่ 2-14 แสดงการควบคุมเฟรมโดยใช้อักษรควบคุม

เมื่ออุปกรณ์ปลายทางที่รับข้อมูลได้รับข้อมูลเหล่านี้(Packet ที่ส่งไป) แล้ว จะแปลความหมายของรหัสเพื่อกระทำตามหน้าที่นั้นๆ โดยเฟรมการส่งแบบอิงอักษรจะเริ่มต้นด้วยอักษรซิงโครไนซ์ (SYN) เพื่อให้ทราบว่ามีการเริ่มต้นเฟรม เมื่อภาครับพบอักษร STX หมายถึงการเริ่มต้นของอักษร ภาครับก็จะทราบทันทีว่าอักษรต่อไปจะเป็นข้อมูลและเมื่อพบอักษร ETX แล้วภาครับก็จะทราบได้ว่าเป็นการสิ้นสุดข้อมูล

2.6.2 การควบคุมการผิด

การควบคุมการผิดของการส่งข้อมูลประกอบด้วยการตรวจจับการแก้ไขการผิดและการส่งเฟรมที่ผิดให้ใหม่ (Retransmission) สำหรับรูปแบบของการผิดในการส่งข้อมูลมี2รูปแบบ คือ เฟรมผิดพลาด (Error) เป็นการผิดของบิตในเฟรมเนื่องจากสัญญาณรบกวน และ เฟรมหาย (Loss) ซึ่งเกิดจากการส่งเฟรมผ่านช่องสัญญาณที่มีการจางหาย (Fading) ทำให้เฟรมที่ส่งอาจเกิดการสูญหายก่อนที่จะถึงภาครับ สำหรบวิธีการควบคุมการผิดของการส่งเฟรมกล่าวได้โดยลำดับคือ

- ขบวนการตรวจสอบการผิดของบิต (Error detection) ในการส่งเฟรมในกรณีที่มีการแก้ไขการผิดล่วงหน้า (Forward Error Correction : FEC) ถ้าพบผิดบิตที่ภาครับจะทำการแก้ไขบิตผิดที่เกิดขึ้น โดยถ้าหากไม่สามารถแก้ไขได้ หรือ ระบบรับส่งข้อมูลมีเพียงการตรวจจับการผิดของบิตแล้วเมื่อพบบิตผิด ภาครับจะต้องตรวจจับการผิดให้ได้
- การตอบรับ (Acknowledgement : ACK) ถ้าเฟรมที่รับได้เป็นเฟรมที่ถูกต้อง ภาครับจะตอบรับ (ACK) เพื่อยืนยันให้ภาคส่งทราบว่าเฟรมที่ส่งมาถูกต้อง และตอบปฏิเสธ (Negative Acknowledgement : NACK) เมื่อตรวจพบการผิดของบิต
- การส่งซ้ำ (Retransmit) ภาคส่งจะส่งเฟรมที่ถูกตอบปฏิเสธกลับไปให้ภาครับใหม่อีกครั้ง รวมทั้งส่งเฟรมซ้ำในกรณีที่ส่งเฟรมไปแล้วไม่ได้รับการตอบรับ ACK หรือการตอบปฏิเสธ NACK และที่ภาคส่งหลังจากส่งเฟรมใดๆออกไปแล้ว ภาคส่งจะมีการตั้งเวลาขึ้นหากภาคส่งไม่ได้รับการตอบกลับในระยะเวลาที่ตั้งไว้เนื่องจากเฟรมข้อมูลหรือเฟรมตอบกลับหาย ภาคส่งจะจัดส่งเฟรมเดิมกลับไปใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนทั้ง3ทีได้กล่าวมานี้เราเรียกว่าการร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติ (Automatic Repeat Request: ARQ) โดยรูปแบบของการร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ การร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติแบบหยุดรอ และการร้องขอส่งซ้ำแบบต่อเนื่อง ในรูปแบบการร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติแบบหยุดรอนั้น จะใช้กับการสื่อสารแบบ Half-duplex เมื่อภาคส่งส่งข้อมูลออกไปแล้วก่อนที่จะส่งเฟรมต่อไป ภาคส่งจะรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตอบรับหรือตอบปฏิเสธทุกครั้งหากไม่มีการตอบกลับหรือได้รับเฟรมปฏิเสธ ภาคส่งจะส่งเฟรมเดิมซ้ำอีก

2.6.3 การควบคุมการไหล

ในการส่งเฟรมจากภาคส่งไปยังภาครับ เพื่อให้การรับส่งเฟรมในอัตราที่ไม่เร็วเกินไปจนกระทั่งภาครับไม่สามารถรับข้อมูลนั้นได้ทัน หรือส่งเฟรมเกินขนาดของที่พักข้อมูลนั้น จะต้องมีการควบคุมการไหลของข้องมูลโดยการควบคุมการไหลของข้อมูลซึ่งแบ่งออกได้เป็นสองวิธี คือวิธีหยุดและรอวิธีการเลื่อนหน้าต่าง

2.6.3.1 วิธีหยุดและรอ

วิธีนี้เป็นวิธีควบคุมการไหลสำหรับการร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติแบบหยุดรอซึ่งในการร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติแบบหยุดรอนั้นเมื่อภาคส่ง ส่งข้อมูลไปแล้วจะรอการตอบรับหรือปฏิเสธจากภาครับ ดังนั้นหากภาครับยังอยู่ในสภาวะที่ไม่พร้อมรับข้อมูลภาครับจะไม่ตอบกลับภาคส่ง ซึ่งถือว่าเป็นการควบคุมการไหลของข้อมูลไปด้วย

2.6.3.2 วิธีการเลื่อนหน้าต่าง (Sliding window)

เป็นการควบคุมการไหลสำหรับการร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติแบบต่อเนื่องเพื่อควบคุมไม่ให้ข้อมูลเกินขนาดที่พักของภาครับ

2.6.4 วิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบหยั่งสัญญาณ (Polling)

เป็นการควบคุมการส่งข้อมูลในเครือข่ายการสื่อสาร โดยการหยั่งสัญญาณ ซึ่งจะทากรจัดลำดับให้กับสถานีทุติยภูมิซึ่งมีอยู่หลายสถานี แล้วส่งสัญญาณไปสอบถามว่ามีข้อมูลจะส่งมาหรือไม่ทีละสถานีตามลำดับจนครบและวนกลับมาหยั่งสัญญาณสถานีแรกใหม่ การหยั่งสัญญาณหรือการสอบถามจะทำได้ทีละเครื่อง ซึ่งแต่ละสถานีอาจต้องการส่งข่าวสารหรือไม่มีการส่งข่าวสารก็ได้ หากสถานีลูกข่ายที่ได้รับการหยั่งสัญญาณไม่มีข้อมูลที่จะส่ง(ไม่มีการเปลี่ยนของข้อมูล) สถานีลูกข่ายต้องตอบกลับไปยังสถานีควบคุมเพื่อแสดงว่าได้รับการหยั่งสัญญาณ โดยเวลาในการหยั่งสัญญาณจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนสถานีของลูกข่ายเรียกการหยั่งสัญญาณแบบนี้ว่าการหยั่งสัญญาณแบบทยอยเรียก (Roll and Polling)

ในระบบการหยั่งสัญญาณนี้สถานทุติยภูมิแต่ละตัวต้องมีรหัสประจำเครื่อง เมื่อมีการหยั่งสัญญาณเกิดขึ้น สถานีทุติยภูมิทุกสถานีจะรู้ว่ามีสัญญาณส่งมา แต่จะมีเพียงสถานีเดียวเท่านั้นที่จะรับสัญญาณนี้ได้ คือสถานีที่มีตำแหน่งรหัสตรงกับตำแหน่งที่ส่งมาพร้อมกับสัญญาณหยั่งสัญญาณ

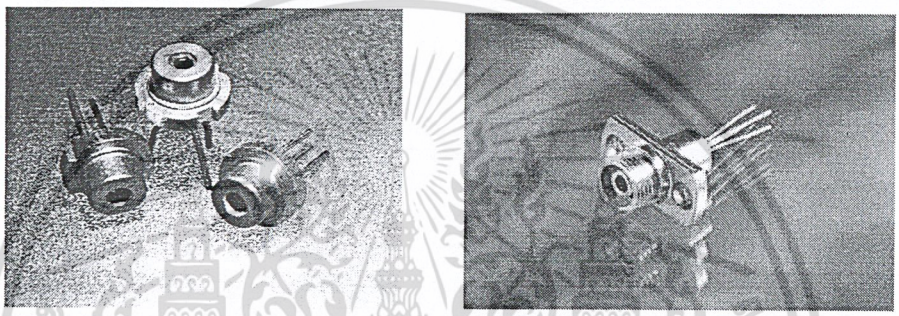
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การศึกษาเพื่อเลือกชนิดของอุปกรณ์เซ็นเซอร์

ในการนำเอาเซ็นเซอร์มาใช้งานเพื่อเป็นอุปกรณ์ใช้ตรวจสอบการเข้า-ออกของรถยนต์ในแต่ละจุดนั้น มีเซ็นเซอร์ให้สามารถที่จะเลือกใช้ได้หลายแบบ หลากชนิด และแต่ละชนิดก็ล้วนแต่มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาว่าควรจะเลือกเอาเซ็นเซอร์ชนิดไหนมาใช้ในงานประเภทใดจึงจะเหมาะสม ความคุ้มค่า และทำให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

ซึ่งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่มีความเป็นไปได้ที่ผู้จัดทำสามารถเลือกนำมาใช้และได้ทำการศึกษาหาข้อมูลและเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียนั้นมีดังต่อไปนี้

2.7.1 อุปกรณ์หัวยิงเลเซอร์และรับโดยตัวต้านทานไวแสง (LASER diode and LDR)



รูปที่ 2-15 อุปกรณ์หัวยิงเลเซอร์ (LASER Diode)

2.7.1.1 เลเซอร์ (LASER)

เลเซอร์ (LASER) มาจากคำว่า ไลท์ แอมปลิฟิเคชั่น สติมูเลต อิมิสชั่น (Light Amplification Stimulated Emission Radiation) คือ การแผ่รังสีที่เกิดจากการเปล่งแสงแบบมีการกระตุ้นและมีการขยายสัญญาณคลื่นแสง เลเซอร์สามารถกำเนิดขึ้นได้จากแหล่งกำเนิดหลายลักษณะซึ่งถูกคิดค้นขึ้นมาได้ในปี พ.ศ. 2500 โดย ซี เอช ทาวเนส (C.H Townes) ได้ประดิษฐ์เครื่องกำเนิดเลเซอร์ในย่านไมโครเวฟ เรียกว่า เมเซอร์ (MASER) เกิดขึ้นจากโมเลกุลของแอมโมเนียสามารถนำหลักการนี้ไปใช้กำเนิดแสงเลเซอร์จากตัวกลางอื่นอยู่ในช่วงคลื่นแสงได้ เช่น เลเซอร์ทับทิม (Ruby Laser) เลเซอร์ฮีเลียม – นีออน (He – Ne Laser) เป็นต้น เลเซอร์แต่ละชนิดมีลักษณะสมบัติแตกต่างกันไปทั้งด้านสีของแสงที่กำเนิดขึ้น ค่าความยาวคลื่น เช่น

เลเซอร์ฮีเลียม – นีออน มีสีแดง ค่าความยาวคลื่น = 0.6328 ไมโครเมตร

เลเซอร์อาร์กอน มีสีเขียวและสีฟ้า ค่าความยาวคลื่น = 0.488 ไมโครเมตร

เลเซอร์แย็ก ไม่มีสี (อยู่ในย่านอินฟราเรด) ค่าความยาวคลื่น = 1.06 ไมโครเมตร

ลักษณะสมบัติของเลเซอร์มีให้เลือกใช้งานได้มากมาย แล้วแต่การใช้งานในแต่ละประเภท แต่ละสาขางานภาพรวมของแสงเลเซอร์ที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างไปจากแหล่งกำเนิดแสงทั่วไป ทำให้สามารถนำเลเซอร์ไปใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายด้านดังนี้

1. ด้านสื่อสารทางแสง ทั้งแบบฉายแสงผ่านบรรยากาศและแบบฉายแสงผ่านเส้นใยนำแสงช่วยให้ระบบสื่อสารมีประสิทธิภาพสูง มีความจุและความเชื่อถือได้สูง

2. ด้านการวัดที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง เช่น วัดขนาดการสั่นไหวของวัตถุ วัดระยะทางระหว่างโลกกับดวงจันทร์ วัดด้านวิศวกรรมสำรวจ

3. ด้านการตัดเจาะเชื่อมตกแต่งวัสดุต่างๆ เช่น เจาะรูแผ่นเซรามิค แต่งค่าความต้านทานของตัวต้านทานแบบฟิล์มบาง แก้จุดบกพร่องในผลึกเพชร

4. ด้านทำภาพ 3 มิติ เป็นประโยชน์มากทั้งด้านวิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรม-ศาสตร์ และ ด้านศิลปกรรมศาสตร์

5. ด้านการทหารนำไปใช้งานด้านเรดาร์ ใช้ในการนำวิถีใช้ในการทำลายล้าง

6. ด้านการแพทย์ ใช้ในการผ่าตัด รักษาเนื้อเยื่อ การรักษาตา การรักษาฟัน

7. ด้านอุตสาหกรรม ใช้ในการผลิต IC ใช้ในอุตสาหกรรมตัวผ้า

8. ด้านอิเล็กทรอนิกส์ทางแสง ใช้เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ ใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เช่น เลเซอร์ดิสก์ ทั้งเสียงและภาพ

2.7.1.2 เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode)

เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถให้กำเนิดแสงเลเซอร์ออกมาได้ เลเซอร์ไดโอดได้รับการพัฒนาให้มีลักษณะสมบัติแตกต่างกัน ตามลักษณะของการใช้งาน โดยเลือกใช้วัสดุสารกึ่งตัวนำและโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป ทำให้ได้ค่าความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ต่างกัน มีค่าความเชื่อถือได้สูง ให้ค่าเสถียรภาพและความคมชัดของสเปคตรัมดีมาก และมีค่ากระแสรั่วซึมต่ำ

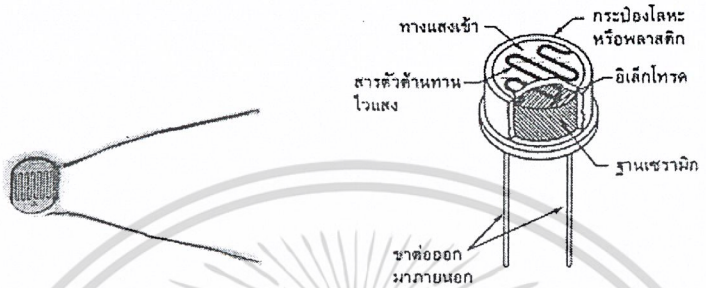
สารกึ่งตัวนำ PN ต่อชนกันอาจเป็นได้ทั้ง LED และ เลเซอร์ไดโอด เพื่อที่จะให้ได้เลเซอร์ไดโอดขึ้นมา ต้องเพิ่มการให้กระแสแก่หัวต่อ PN ให้พอเพียงจนเกิดสภาพการย้อนกลับ และใส่กระจกเพื่อป้อนกลับพลังงานแสง โดยใช้สารกึ่งตัวนำผิวทำหน้าที่เป็นกระจกสะท้อนสร้างพื้นฐานของเลเซอร์ไดโอด โครงสร้างพื้นฐานของเลเซอร์ไดโอด ผลิตขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำผสมชนิดแกลเลียม อาร์ซีไนด์ (GaAs) หรืออาจใช้สารกึ่งตัวนำผสมอื่นๆ เช่น แกลเลียมอะลูมิเนียมอาร์ซีไนด์ (GaAlAs) อินเดียมฟอสไฟด์ (InP) เป็นต้น ด้วยการผลิตที่ถูกต้องเหมาะสม มีความยาวของสารกึ่งตัวนำเป็น L ความยาวของรอยต่อต้องมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นแสงที่กำเนิดขึ้นมา ปลายของรอยต่อทุกด้านขัดเป็นเงาเหมือนผิวกระจก และอาจเพิ่มการเคลือบผิวเพื่อให้เกิดการสะท้อนเข้าไปด้วยจุดประสงค์ดังกล่าวเพื่อต้องการสะท้อนแสงที่กำเนิดขึ้นมาภายในให้กลับออกมาภายนอก

เลเซอร์ไดโอดชนิดแกลเลียม อาร์ซีไนด์ (GaAs) ปกติต้องการระดับกระแสไบอัสตรงค่าสูง โดยประมาณ 100 mA ถึง 10 A ถ้าใช้กระแสที่ระดับต่ำ แสงที่ได้ออกมาจะเหมือนกับ LED การเพิ่มกระแสเทสโฮล (Threshold Current) ทำให้แสงมีความเข้มและมีความคมชัดมากขึ้น และแบนด์วิดท์มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดลดลง เนื่องจากลำแสงเลเซอร์มีพลังงานและความเข้มสูง จึงมีอันตรายต่อนัยน์ตา ต้องระมัดระวังและควรใส่เครื่องป้องกันตาเมื่อต้องปฏิบัติงานเกี่ยวกับเลเซอร์

แสงเลเซอร์ที่กำเนิดขึ้นมาจากเลเซอร์ไดโอดมีหลายลักษณะ จึงมักเรียกชื่อ เลเซอร์ไดโอดแตกต่างกัน เช่น เลเซอร์ไดโอดที่กำเนิดแสงเป็นพัลส์ จะเรียกว่า อินเจ็กชัน เลเซอร์ไดโอด (Injection Laser Diode) หรือ เลเซอร์ไดโอดที่กำเนิดแสงแบบต่อเนื่องหรือคลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave) จะเรียกว่า ซีดับบลิวเลเซอร์ไดโอด (CW Laser Diode)



รูปที่ 2-16 ตัวต้านทานไวแสง LDR

ในส่วนของตัวรับแสงนั้นคือตัวต้านทางชนิดหนึ่ง ซึ่งที่จริงแล้วมีเรียกกันอีกหลายชื่อ เช่น โฟโต้คอนดักตีฟเซล (photoconductive cell) หรือ ตัวต้านทาน ไวแสง (LSR - light sensitive resistor) ส่วนใหญ่จะทำด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือไม่ก็แคดเมียมซีนิไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิคที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบ ไว้ออกมา โดยรูปร่างของ LDR นี้จะเห็นได้ในรูปด้านบน ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็กๆสี ดำนั่นจะที่ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และ แนวสีดำ จะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็น 2 ข้าง ซึ่งถ้าดูของจริงจะเห็นสีออกสีทองนั้นจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอก หรือ เรียกว่า อิเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิค และ อุปกรณ์ สำหรับห่อหุ้มมัน ซึ่งมีได้หลายรูปแบบ ส่วนการทำงานของ LDR ก็ง่ายๆ เพราะว่ามันเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลามีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งไปมาเต็มไปหมด การที่มีโฮล กับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากขึ้นก็ทำให้ความต้านทานลดลงยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น ส่วนแสงที่จะมาตกกระทบนั้นจะเป็นได้เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ 10 - 10 เมตร) ถึงประมาณ 10,000 อังสตรอมเท่านั้น (สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม) ซึ่งก็เป็นเพียงช่วงคลื่นแคบๆเมื่อเทียบกับการทำงาน ของอุปกรณ์ไวแสง ประเภทอื่นๆอย่างไรก็ตามช่วงคลื่นในช่วงนี้ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟแบบไส้ และ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และความยาวคลื่นที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดก็มีอยู่หลายช่วงความยาวคลื่น ซึ่งโดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งเราจะเห็นเป็นสีเขียว ไปจนถึงสีเหลือง แต่สำหรับ LDR บางตัวความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความ ยาวคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 5,550 อังสตรอม) จึงมักจะใช้ทำเป็นเครื่องวัดแสง ในกล้องถ่ายรูป ถ้า LDR ทำจาก แคดเมียมซีลิไนด์ก็จะไวต่อความยาวคลื่นในช่วง 7,000 กว่าอังสตรอมซึ่งอยู่ในช่วงของแสงอินฟราเรด

ซึ่งการที่จะเลือกนำอุปกรณ์หัวยิงเลเซอร์และรับโดยตัวต้านทานไวแสง(LASER diode และ LDR) มาใช้งานนั้น มีทั้งข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี

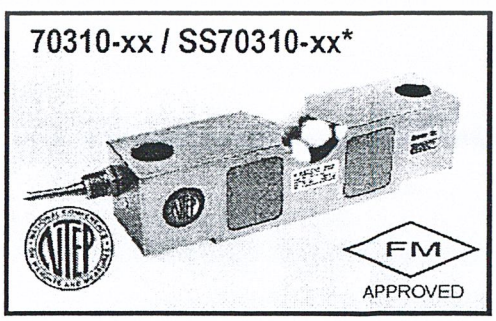
- อุปกรณ์ตัวส่งและตัวรับอยู่ในรูปแบบที่สำเร็จรูปแล้ว ดังนั้นเราสามารถนำมาใช้งานได้อย่างสะดวก
- ใช้งานได้ในระยะที่ไกล เนื่องจากหัวยิงเลเซอร์ปล่อยลำแสงออกมาได้เป็นระยะที่ไกลจึงทำให้ช่วงของการรับ-ส่งกว้าง (0 – 15 เมตร ต่อขนาดหัวยิงเลเซอร์ 1 หัว) โดยที่ยังไม่ต้องมีการปรับปรุงส่วนอื่นๆ
- หาซื้อได้ง่ายและราคาไม่แพงมากนัก เนื่องจากทั้ง หัวยิงเลเซอร์และตัวต้ายทานไวแสง (LDR) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปอย่างแพร่หลายอยู่แล้ว

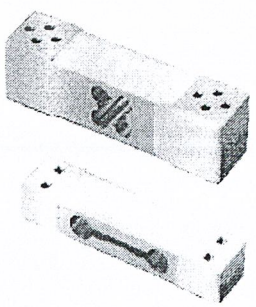
ข้อเสีย

- แสงเลเซอร์อาจเป็นอันตรายต่อสายตา เนื่องจากแสงเลเซอร์มีความเข้มแสงที่สูงมาก และในการใช้งานเลเซอร์อาจมีการมองไปยังจุดที่แสงตก ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสายตาและอวัยวะส่วนอื่นๆได้
- ค่อนข้างอ่อนไหวต่อสภาพแสงจากภายนอก เป็นเพราะตัวต้านทานไวแสง (LDR) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เราใช้เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงเลเซอร์นั้น มีความไวต่อแสงมากดังนั้นในการนำไปติดตั้งจะต้องมีการครอบตัว LDR หรือทำให้เป็นช่องรับแสงเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

2.7.2 อุปกรณ์ตรวจจับน้ำหนัก (Weight Sensor)

เป็นเซ็นเซอร์อีกชนิดหนึ่งซึ่งยังไม่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายนัก ส่วนใหญ่จะเห็นกันในรูปของการใช้งานตามรงงานอุตสาหกรรมเนื่องเพราะในการนำเอามาใช้งานแต่ละรูปแบบนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงลักษณะของตัวเซ็นเซอร์ให้เข้ากับงานเอง ซึ่งเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยุ่งยาก





รูป 2-17 Load Cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับน้ำหนักนั้นมีหลายชนิด ซึ่งชนิดหนึ่งที่ได้มีการใช้กันอยู่นั้น ภายในจะมีอุปกรณ์หลักๆที่เรียกว่า Load cell แบบ strain gauge โดยที่ตัว load cell นี้จะทำงานให้ลอจิก "1" ก็ต่อเมื่อมีแรงกดทับตัวมันมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ แต่ถ้าหากขนาดแรงที่กดทับอยู่น้อยกว่าค่าที่กำหนดลอจิกก็จะเป็น "0"

ในการนำเอาอุปกรณ์ตรวจจับน้ำหนักมาใช้งานนั้น จะนำมาวางไว้บริเวณจุดที่เราต้องการตรวจสอบ ซึ่งหากมีรถผ่านที่เซ็นเซอร์นี้ น้ำหนักของรถก็จะกดทับที่ตัวเซ็นเซอร์และทำให้เราสามารถรู้ได้ว่ามีรถผ่านเข้าไป

ซึ่งการที่เราจะเลือกนำอุปกรณ์ตรวจจับน้ำหนัก (Weight Sensor) มาใช้งานนั้น มีทั้งข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี

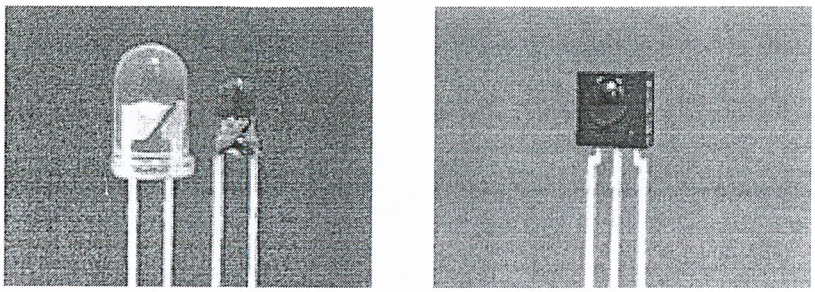
- มีความแม่นยำในการนำเอาไปใช้งานสูง เนื่องจากเป็นการตรวจสอบจากน้ำหนัก ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดจากการที่มีคนเดินผ่านหรือการที่มีรถชนิดอื่นเข้ามาจึงน้อยกว่าการใช้อุปกรณ์ตรวจจับแบบชนิดอื่น
- สะดวกในการนำเอาชุดอุปกรณ์สำเร็จรูปแล้วไปติดตั้ง จะเห็นได้ว่ามีการนำอุปกรณ์ตรวจจับน้ำหนักไปใช้ในการตรวจรถเข้าออก และได้ออกแบบให้เหมาะสมกับงาน ซึ่งหากมีการนำเอาอุปกรณ์ชุดสำเร็จรูปนี้มาใช้ ก็จะมีความสะดวกสบายในการติดตั้ง มากกว่าการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบอื่นๆ

ข้อเสีย

- อุปกรณ์มีราคาแพง เนื่องจาก Load cell มีการใช้งานกันอยู่ในวงจำกัดแต่เฉพาะวงการอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงยังมีราคาสูงอยู่
- ยุ่งยากในการออกแบบ และดัดแปลงให้เหมาะสมกับการใช้งาน เพราะต้องหาอุปกรณ์อื่นๆมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อใช้เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนัก ซึ่งมีความยุ่งยากและอาจได้อุปกรณ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน
- อุปกรณ์หาซื้อได้ยาก เพราะมีราคาสูงและผลิตได้ยากจึงมีผู้ผลิตไม่มากนัก อีกทั้งในการสั่งซื้อจะต้องซื้อในปริมาณมากๆ

2.7.3 อุปกรณ์รับส่งอินฟราเรด (Infrared Transmitter and Receiver)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-18 อุปกรณ์ตัวรับ และอุปกรณ์ตัวส่ง Infrared

อินฟราเรดเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 780-3000 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึ่งเป็นที่นิยมที่จะนำมาใช้ในการสื่อสารหรือตรวจจับสิ่งของต่างๆ เพราะปัญหาการรบกวนของสัญญาณของแสงอื่นๆมีน้อย อีกทั้งการสร้างวงจรที่ใช้ในระบบอินฟราเรดก็ง่ายไม่มีความซับซ้อนมากนัก และความน่าเชื่อถือของสัญญาณที่ส่งก็มีความเชื่อถือที่สูงในการนำไปใช้งาน

โดยในระบบอินฟราเรดจะต้องมีเครื่องส่ง และเครื่องรับ ซึ่งการสร้างเครื่องส่งนั้นก็เพียงแค่ให้มีการส่งแสงออกมาในช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ทั่วๆไปของแสงธรรมดา คือต้องมากกว่า 20 kHz โดยจะใช้ IR LED เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด ส่วนการสร้างเครื่องรับนั้นเราก็จะใช้ โฟโต้ไดโอด หรือ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ เป็นตัวรับแสงโดยที่ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งจะต้องมีความถี่เท่ากัน เพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้การ Detect สัญญาณได้ไม่ตรง แต่สำหรับโครงการเราจะใช้คุณสมบัติของตัวโฟโต้ไดโอด ที่เมื่อมีแสงมาตกกระทบมันแล้วจะทำให้ปริมาณของกระแสที่วิ่งผ่านโฟโต้ไดโอดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มของแสงทำให้ Voltage ที่ตกคร่อมโฟโต้ไดโอดมีค่ามากตามไปด้วย และใช้ในการตรวจจับหาแหล่งที่มาของแสงเพื่อที่จะใช้บอกทิศทางต่อไป

รูปที่2.19 อุปกรณ์ชุดรับ-ส่งอินฟราเรดสำเร็จรูป

ในส่วนของชุดอินฟราเรดสำเร็จรูปนั้นประกอบไปด้วยอุปกรณ์ชุดตัวส่งและชุดตัวรับ โดยชุดตัวส่งนั้นจะทำการสร้างสัญญานออกมาเป็นคลื่นอินฟราเรดที่มีความถี่ 38 KHz ซึ่งตัวรับจะทำการตรวจสอบว่ามีคลื่นที่มีช่วงความถี่ดังกล่าวเข้ามาหรือไม่ หากพบคลื่นอินฟราเรดที่ความถี่ดังกล่าว อุปกรณ์ตัวรับก็จะให้ผลลัพธ์ของ ลอจิกออกมาเป็น “0” แต่หากไม่มีคลื่นอินฟราเรดความถี่ดังกล่าวเข้ามา อันเนื่องมากจากมีวัตถุมาปิดกั้นหรือสาเหตุอื่นๆ ตัวรับอินฟราเรดก็จะให้ผลลัพธ์ออมาเป็น “1” ด้วยเหตุนี้เราจึงสามารถที่จะใช้อุปกรณ์รับส่งอินฟราเรดในการตรวจสอบได้ว่ามีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านไปหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการที่จะเลือกนำอุปกรณ์รับส่งอินฟราเรด (Infrared Transmitter and Receiver) มาใช้งานนั้น มีข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี

- หาซื้อได้ง่าย เพราะเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานกันแพร่หลายทั่วไป นอกจากนี้ยังมีการทำเป็นชุดสำเร็จรูปวางจำหน่ายอีกด้วย
- อุปกรณ์ตัวส่งสามารถทนต่อการใช้งานที่ต้องเปิดต่อเนื่อง เนื่องจากส่วนใหญ่แล้ว ลักษณะการนำเอาอุปกรณ์รับส่งอินฟราเรดไปใช้งานนั้นเป็นไปในลักษณะที่ใช้เพื่อตรวจจับผู้บุกรุกหรือตรวจสอบการชนสิ่งกีดขวาง ซึ่งต้องมีการเปิดตัวส่งอินฟราเรดอยู่ตลอดเวลา
- มีอุปกรณ์ชุดรับส่งอินฟราเรดสำเร็จรูปขาย ซึ่งทำให้ในการทดลองหรือการนำเอาไปประยุกต์ใช้งานจริง สามารถนำไปใช้งานได้อย่าสะดวก ไม่ต้องสร้างวงจร รับ-ส่ง เอง อีกทั้งวงจรสำเร็จรูปที่วางขายอยู่สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี
- ปลอดภัยกับสายตา เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานอุปกรณ์หัวยิงเลเซอร์และรับโดยตัวต้านทานไวแสง (LASER diode and LDR) เนื่องจากแสงที่ส่งออกมาจากวงจรชุดตัวส่งอินฟราเรดเป็นแสงในช่วงที่ตาของคนเราไม่สามารถมองเห็นได้ อีกทั้งยังมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งในรีโมททีวี รีโมทเครื่องปรับอากาศโทรศัพท์มือถือ และรีโมทของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ทำให้มั่นใจได้ในระดับหนึ่งว่า น่าที่จะปลอดภัยต่อสายตาในการที่เราต้องทดลองหรือในการนำเอาไปติดตั้งจริงๆ

ข้อเสีย

- มีความยุ่งยากในขั้นตอนการติดตั้ง เพราะหลักการทำงานของอุปกรณ์อินฟราเรดก็เป็นเช่นเดียวกับอุปกรณ์หัวยิงเลเซอร์และรับโดยตัวต้านทานไวแสง ซึ่งมีข้อกำหนดที่ว่าตัวรับและตัวส่งต้องอยู่ตรงกัน ดังนั้นในการติดตั้งจำต้องมีการเล็งระยะระหว่างตัวรับและตัวส่งให้อยู่แนวเดียวกัน ซึ่งหากระยะระหว่างตัวรับและตัวส่งยิ่งอยู่ห่างกันมากขึ้นเท่าไหร่ ขั้นตอนการติดตั้งก็จะยิ่งยากลำบากมากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

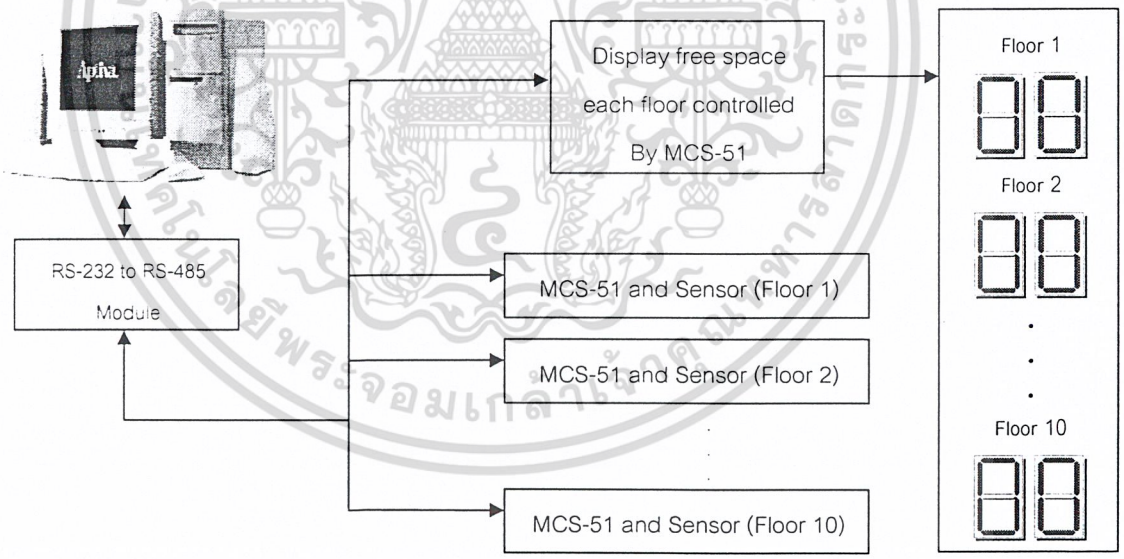
บทที่ 3
การออกแบบและการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้จะได้กล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบโครงงาน และกระบวนการในการทำงานเพื่อพัฒนาระบบ

โดยในการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านั้นแสดงได้ดังรูปที่ 3-1 ซึ่งถูกออกแบบให้มีเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ประมวลผลหลักอยู่เครื่องหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นเสมือน Server ของระบบทั้งหมด โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องนี้จะทำงานควบคู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งต่ออยู่กับอุปกรณ์ตรวจจับและอุปกรณ์ส่วนแสดงผล 7-Segments

โดยในการทำงานนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนประมวลผลหลักจะส่งข้อมูลไปถามยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แต่ละตัวตามลำดับ และหากอุปกรณ์ตรวจจับมีการตรวจสอบพบการผ่านไปของรถยนต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งต่ออยู่กับอุปกรณ์ตรวจจับตัวดังกล่าวก็จะทำการรายงานไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนประมวลผลหลักให้ได้รับทราบและทำการประมวลผลเพื่อส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อแสดงออกทางอุปกรณ์ส่วนแสดงผล 7-Segments



รูปที่ 3-1 สถาปัตยกรรมของระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า

ซึ่งภายหลังจากการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าแล้ว ต่อไปก็เป็นขั้นตอนในการแบ่งการทำงานของของโครงงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ และควบคุมการทำงานส่วนของการแสดงจำนวนที่ว่างในแต่ละชั้นโดย 7 - Segments

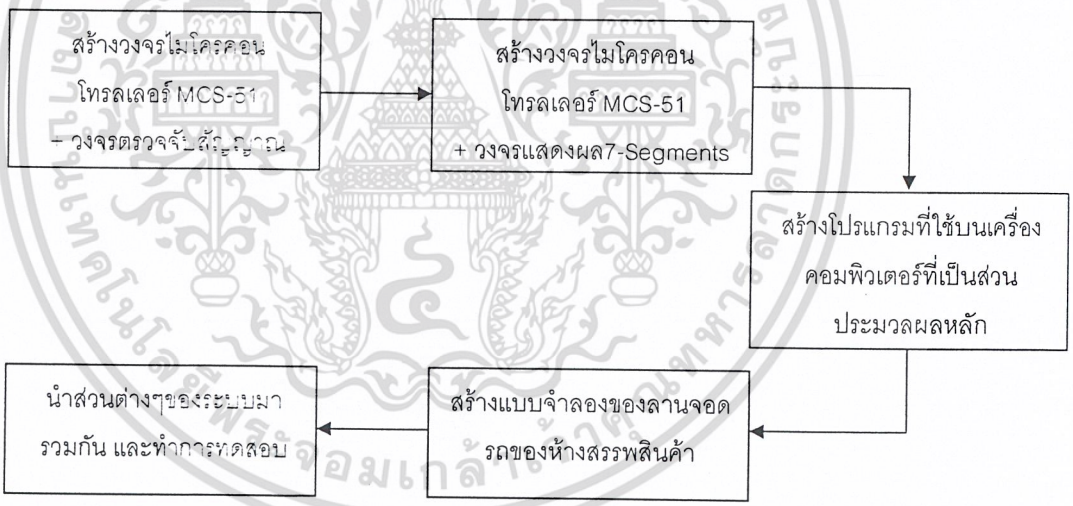
2. ส่วนของโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า ซึ่งจะถูกพัฒนาด้วยภาษา Visual Basic .NET

3. ส่วนของแบบจำลองของลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า (Model) ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นเพื่อทดสอบการทำงานของระบบโดยรวมทั้งหมด

ในที่สุดเมื่อทำการพัฒนาในแต่ละส่วนจนเสร็จสิ้น แล้วขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการนำเอาทั้งสามส่วนนี้มาประกอบกันขึ้น เพื่อสร้างเป็นระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าขึ้น และมีการทดสอบความเข้ากันได้ของการทำงานร่วมกันของแต่ละส่วนของระบบ

3.2 การแบ่งส่วนการทำงานของโครงงาน

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถนำเอาขั้นตอนการทำงานโดยรวมของโครงงานมาแบ่งและเขียนได้เป็นเป็นรูปแบบได้ดังนี้



รูปที่ 3-2 แสดงขั้นตอนการทำงานของโครงงาน

3.2.1 สร้างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และวงจรตรวจจับสัญญาณ

งานในขั้นตอนนี้จะสามารถแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนย่อยๆ 2 ส่วน คือ ส่วนของวงจรที่ใช้ตรวจจับสัญญาณรถยนต์ที่ผ่านไป และส่วนของการสร้างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งในส่วนของการสร้างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้นอกจะมีการสร้างวงจรแล้ว ยังต้องมีการเขียนโปรแกรมภาษาAssembly เพื่อใช้ควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51สามารถทำงานโดยการส่งข้อมูล ติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนประมวลหลัก ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 สร้างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และส่วนแสดงผล 7 –Segments

งานในขั้นตอนนี้จะสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของวงจร 7 –Segments ที่ใช้เพื่อแสดงผลจำนวนที่จอดรถที่ว่างอยู่ในแต่ละชั้น และส่วนของการสร้างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งในส่วนของการสร้างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้นอกจะมีการสร้างวงจรแล้ว ยังต้องมีการเขียนโปรแกรมภาษา Assembly เพื่อใช้ควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51สามารถทำงานโดยแสดงค่าของจำนวนที่จอดรถที่ว่างอยู่ในแต่ละชั้น ที่ได้รับมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนประมวลผลหลัก ได้อย่างถูกต้อง

3.2.3 สร้างโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่จะถูกใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนประมวลผลหลัก (Server)

ในการทำงานของระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านี้ จำเป็นที่จะต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหลักซึ่งมีโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาด้วยภาษา Visual Basic.NET เพื่อมาใช้จัดการกับงานต่างๆ ได้แก่

1. การควบคุมการรับส่งข้อมูลการผ่านเข้า – ออกของรถยนต์ตามจุดต่างๆ โดยข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะได้รับนั้นจะได้มาจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ส่งมาให้ ซึ่งเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหลักได้รับข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แต่ละตัวแล้ว โปรแกรมดังกล่าวนี้ก็จะนำเอาข้อมูลดังกล่าวนี้มาทำการประมวลผล เพื่อหาจำนวนที่จอดรถที่ว่างอยู่ในแต่ละชั้น จากนั้นจะส่งไปให้ยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งต่ออยู่กับวงจรแสดงผล 7 - Segments ทำการแสดงค่าออกมา และนอกจากนี้ยังมีการบันทำรายละเอียดของสถานะของลานจอดรถในแต่ละช่วงเวลาเอาไว้ เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงรูปแบบของลานจอดรถต่อไป
2. การบันทึกข้อมูลรายละเอียดของรถยนต์ที่เข้ามาใช้บริการ อันได้แก่ หมายเลขทะเบียนรถ , วันที่เข้ามาใช้บริการ, เวลาที่เริ่มเข้าใช้บริการ และเวลาออกจากลานจอดรถ จากนั้นโปรแกรมนี้ก็จะนำเอาค่าของเวลาที่เริ่มเข้าใช้บริการ และเวลาออกจากลานจอดรถ นำมาคำนวณเวลาในการใช้บริการรวมไปถึงการคำนวณหาค่าใช้บริการในการจอดรถของรถยนต์คันดังกล่าวอีกด้วย
3. การปรับแต่งค่าการใช้งานโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า เพื่อให้ระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านี้มีความยืดหยุ่นในการนำเอาไปประยุกต์ใช้งานกับลานจอดรถอื่นๆ จึงต้องมีการพัฒนาส่วนของการปรับแต่งค่าในการใช้งานโปรแกรมต่างๆ อาทิเช่น อัตราการใช้บริการลานจอดรถ , รูปแบบในการคิดค่าบริการการของลานจอดรถ, รูปแบบในการปัดเศษนาที เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 สร้างแบบจำลองของลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า

ในการสร้างแบบจำลองของลานของรถของห้างสรรพสินค้านั้น จำเป็นที่จะต้องมีการหาข้อมูลของลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่มีอยู่จริง และต้องมีการคำนึงถึงการสร้างแบบจำลองของลานจอดรถที่จะต้องมีการเลือกเอารูปแบบของลานจอดรถที่เป็นพื้นฐาน เพื่อที่จะให้ได้มาซึ่งแบบจำลองของลานจอดรถที่สามารถนำไปประยุกต์ให้ใช้งานได้กับลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่มีอยู่แล้ว

3.2.5 นำส่วนต่างๆของระบบมารวมกัน และทำการทดสอบ

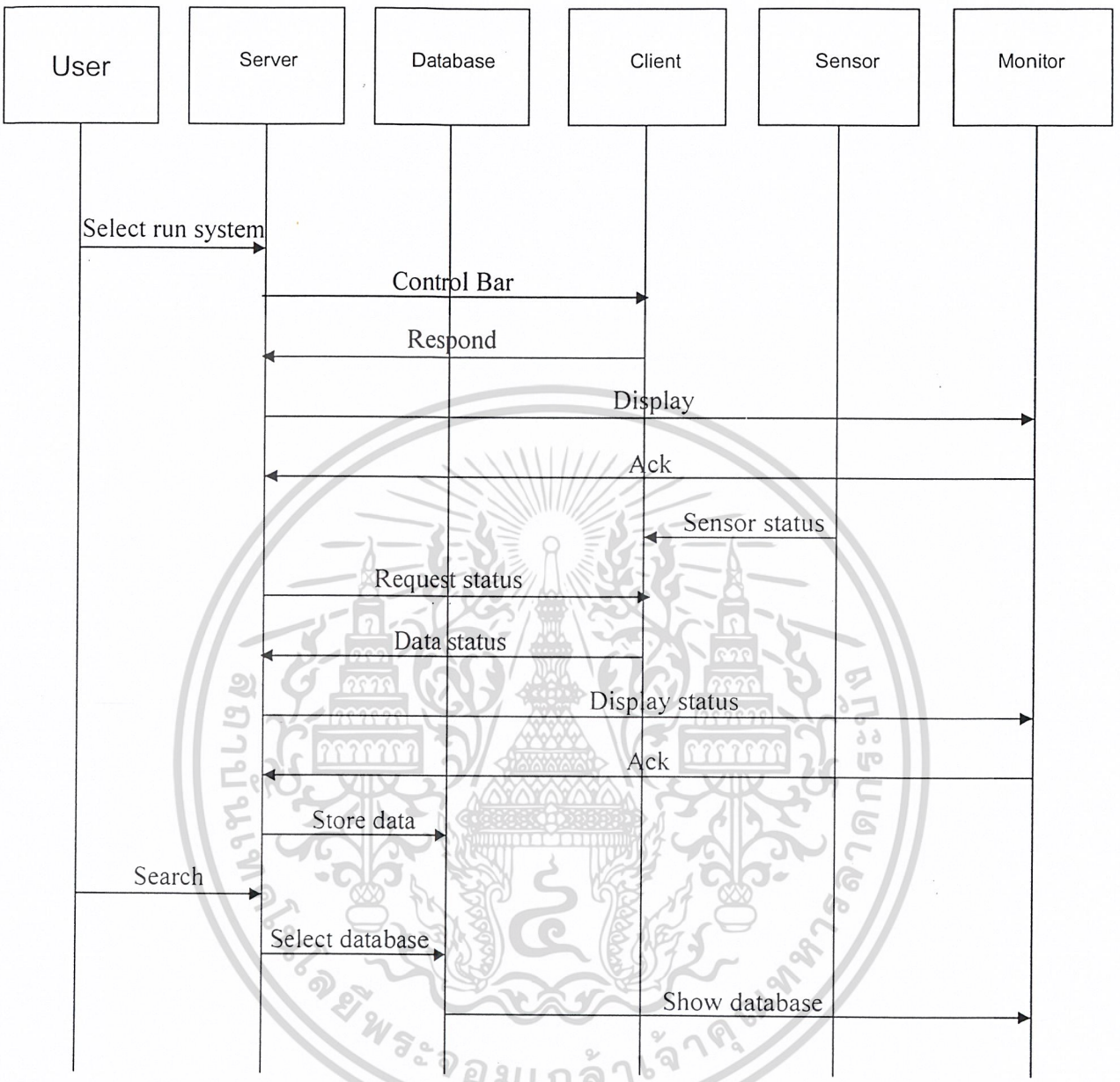
ในที่สุดเมื่อในทำการพัฒนาส่วนต่างๆของระบบมาแล้ว ก็จะมาถึงขั้นตอนของการนำเอาแต่ละส่วนของระบบมารวมเข้าด้วยกันเพื่อให้เป็นระบบที่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และจากนั้นจึงทำการทดสอบการทำงานของระบบโดยรวมทั้งหมด ว่าสามารถทำงานได้เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

3.3 การออกแบบระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า

ในการการออกแบบระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านั้น หลังจากที่ได้แยกการทำงานออกเป็นส่วนย่อยๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ต่อไปก็จะเป็นการออกแบบการทำงานในส่วนย่อยต่างๆนั้น โดยใช้ Sequence Diagram, Flow Chart, Block Diagram เข้ามาช่วยในการออกแบบ ซึ่งการที่จะเลือกใช้รูปแบบใดก็ขึ้นอยู่กับงานแต่ละงานเป็นหลัก

3.3.1 Sequence diagram ของระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-3 Sequence diagram ของระบบ

สำหรับการทำงานโดยรวมของระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านั้น โดยขั้นตอนแรกจะเริ่มต้นจากเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหลักที่เป็นส่วนประมวลผลหลัก (Server) เป็นตัวควบคุมโดยกำหนดสัญญาณการเริ่มต้นการทำงาน ซึ่งถ้า Server ต้องการสอบถามสถานะของจำนวนรถยนต์ในแต่ละชั้นนั้น Server ก็จะส่งเฟรมข้อมูลไปยังส่วนติดต่อชุดตรวจจับ (Client) เพื่อสอบถามสถานะของ Client แต่ละตัว (Server ส่ง Request status ไปยัง Client) โดยในการส่งเฟรมข้อมูลนั้น Server จะส่งเฟรมข้อมูลแบบ Broadcast ซึ่งในเฟรมข้อมูลจะระบุ หมายเลขของ Client ตัวที่ต้องการจะติดต่อไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Client แต่ละตัวได้รับก็จะทำการตรวจสอบว่าเฟรมข้อมูลนั้นเป็นของตัวมันหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ก็จะทำการ drop เฟรมข้อมูลนั้นทิ้ง แต่ถ้าเป็นเฟรมที่ส่งมาถึงตัวมัน มันก็จะไปทำการตรวจสอบว่ามีรถยนต์ผ่านตัวมันไปกี่คันแล้ว ซึ่งการที่จะรู้ว่ามีรถยนต์ผ่านตัวมันไปกี่คันแล้วนั้นได้มาจากสัญญาณที่ตัวตรวจจับ (Sensor) ซึ่งเมื่อมีรถยนต์ผ่าน sensor ไปนั้น sensor ก็จะส่งสัญญาณมาบอกยัง Client ว่ามีรถยนต์ผ่านมา (Sensor ส่ง sensor status ไปยัง Client) Client ก็จะทำการเก็บข้อมูลว่ามีรถยนต์ผ่านไปแล้วกี่คัน เมื่อ Server ถามสถานะมา Client ก็จะตอบกลับไปด้วยเฟรมข้อมูลที่มีหมายเลขของ Client นั้นและจำนวนรถยนต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลานั้น Server จะทำการถามสถานะของ Client แต่ละตัวจนครบทุกตัวที่ทำงานอยู่ (จากการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบนั้นได้มีการกำหนดมีจำนวน Client ไว้มากที่สุดได้ 60 ตัว)

เมื่อ Server ได้รับข้อมูลทั้งหมดจาก Client ทุกตัวก็จะทำให้ทราบว่ามีจำนวนรถยนต์ในแต่ละชั้นกี่คันและเหลือที่ว่างกี่ที่ จากนั้น Server ก็จะส่งเฟรมข้อมูลไปยังส่วนแสดงผล (Monitor) โดยในเฟรมข้อมูลนั้นจะมีข้อมูลว่าชั้นใดมีจำนวนรถยนต์กี่คัน (Server ส่ง Display ไปยัง Monitor) เมื่อส่วนแสดงผลได้รับเฟรมข้อมูลแล้วก็จะทำการตอบกลับไปยัง Server ว่าได้รับเฟรมข้อมูลแล้ว (Monitor ส่ง Ack ไปยัง Server) จากนั้น Server ก็จะทำการเก็บข้อมูลต่างๆลงใน Database ของระบบ (Server ส่ง Store data ไปยัง Database)

เมื่อ User ต้องการเรียกดูข้อมูลต่างๆก็ส่งสัญญาณไปบอก Server ให้ค้นหาข้อมูล (User Control ส่ง Search data ไปยัง Server) จากนั้น Server ก็จะไปค้นหาข้อมูลใน Database (Server ส่ง Select database ไปยัง Database) แล้วก็ทำการแสดงข้อมูลที่ต้องการดูทาง Monitor (Database ส่ง Show database ไปยัง Monitor)

นอกจากนี้ User สามารถที่จะทำการเปลี่ยนแปลงค่าที่ตั้งไว้ อาทิเช่น การเพิ่มทางเข้า-ออกของที่จอดรถ และ สั่งให้ปิดไม้กั้นในชั้นที่ต้องการได้ ด้วยการสั่งผ่านทาง Server ไปยัง Client แต่ละตัว (Server ส่ง Control Bar ไปยัง Client) เมื่อ Client แต่ละตัวได้รับ Control Bar แล้วก็จะทำงานตามที่ได้รับคำสั่งมาจากนั้นก็จะส่งสถานะที่ได้ปฏิบัติกลับไปยัง Server (Client ส่ง Respond ไปยัง Server)

3.3.2 การออกแบบเฟรมข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร

3.3.2.1. เฟรมข้อมูลส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51ที่ต่ออยู่กับส่วนแสดงผล 7 –Segments

จะมีรูปแบบของเฟรมข้อมูลดังนี้

1	Floor ID	Amount of cars	P Bit
1 Bit	4 Bits	10 Bits	1 Bit

รูปที่ 3-4 เฟรมข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อแสดงผลผ่านทาง 7-Segments

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

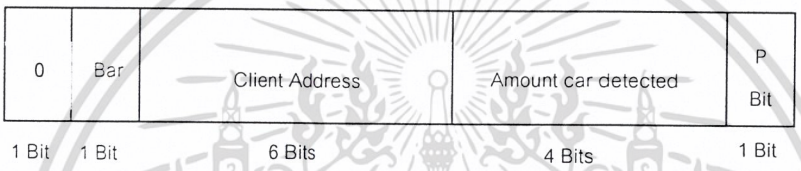
บิตแรก : กำหนดเป็น 1 หมายถึง ส่งเฟรมข้อมูลนี้ไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ต่ออยู่กับส่วนแสดงผล 7-Segments

4 บิตถัดมา : จะบอกถึงว่าชั้นใดที่เป็นที่เป็นคนส่งเฟรมข้อมูลนี้ (ออกแบบให้จำนวนชั้นของที่จอดรถมากสุด 10 ชั้น) ในการทดลองจริงเราใช้แอดเดรสในแต่ละชั้นเป็น A, B, C สำหรับชั้น 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

10 บิตถัดมา : เป็นการบอกจำนวนรถในแต่ละชั้น (ออกแบบให้จำนวนรถมากสุด 999 คัน ในแต่ละชั้น)

บิตสุดท้าย : เป็น Parity Bit

3.3.2.2. เฟรมข้อมูลส่งไปที่ Clients ซึ่งจะมีรูปแบบของเฟรมข้อมูลดังนี้



รูปที่ 3-5 เฟรมข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่เป็น Clients

บิตแรก : กำหนดเป็น 0 หมายถึง ส่งเฟรมข้อมูลนี้ไปที่ Clients

1 บิตถัดมา : แสดงถึงสถานะของไม้กั้น
- ถ้าเป็น 1 หมายถึง ไม้กั้นถูกสั่งให้ปิด
- ถ้าเป็น 0 หมายถึง ไม้กั้นถูกสั่งให้เปิด

6 บิตถัดมา : แสดงถึงว่าเฟรมข้อมูลนี้ถูกส่งมาจาก Clients ตัวใด (ออกแบบให้ในระบบสามารถมี Clients ได้มากที่สุด 60 ตัว) ในการทดลองเราใช้แอดเดรส X , Y , D , E , F , G

4 บิตถัดมา : แสดงถึงจำนวนรถที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละครั้งที่ Server ถามไปที่ Clients แต่ละตัว

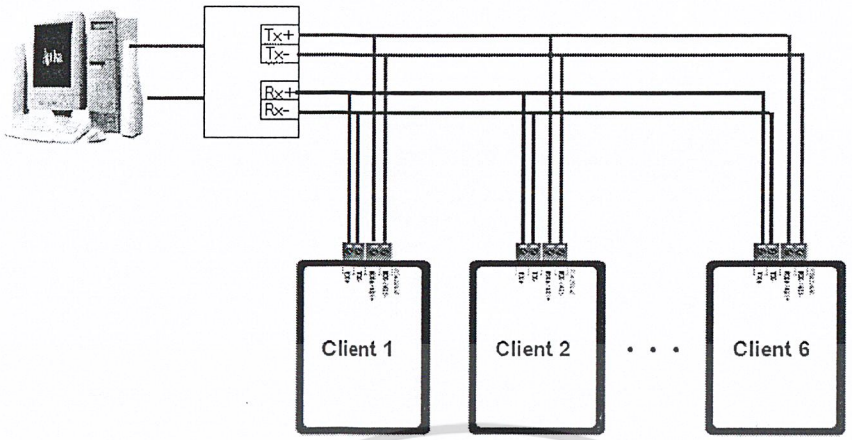
บิตสุดท้าย : เป็น Parity Bit

3.3.3 การออกแบบการติดต่อสื่อสารด้วยมาตรฐาน RS-422

3.3.3.1 การออกแบบการติดต่อสื่อสารของโมดูล client ด้วยมาตรฐาน RS-422

โมดูลอุปกรณ์ Client แต่ละตัวจะติดต่อด้วยมาตรฐาน RS-422 ดังแสดงในรูปที่ 3-6

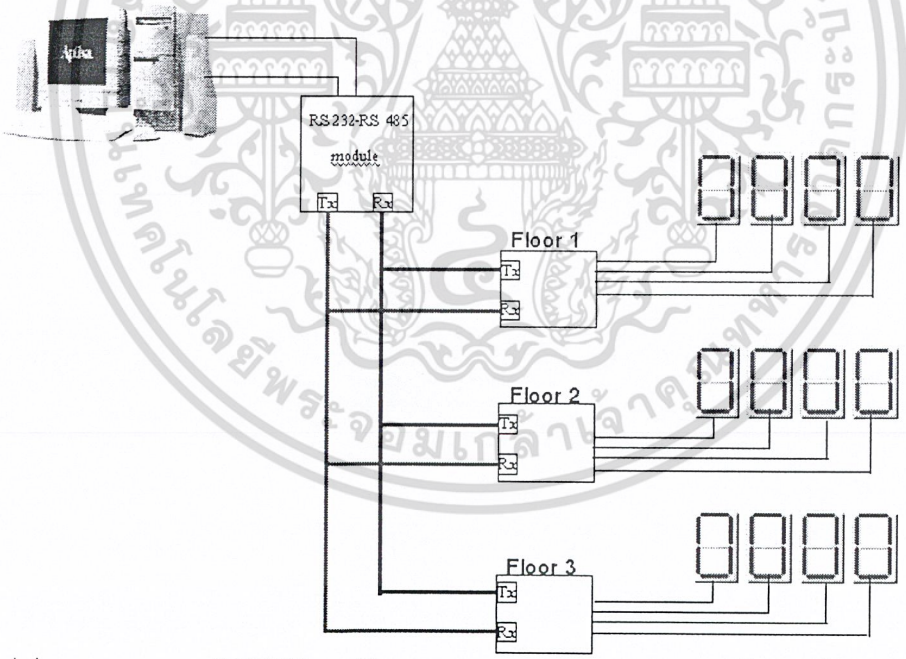
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-6 แสดงการติดต่อโมดูล Client ด้วยมาตรฐาน RS-422

3.3.3.2 การออกแบบการติดต่อสื่อสารของส่วนแสดงผลแต่ละชั้นด้วยมาตรฐาน RS-422

ระหว่างเครื่อง Serverและส่วนแสดงผลนั้นก็จะใช้การติดต่อตามมาตรฐาน RS-422 ดังรูปที่ 3-7

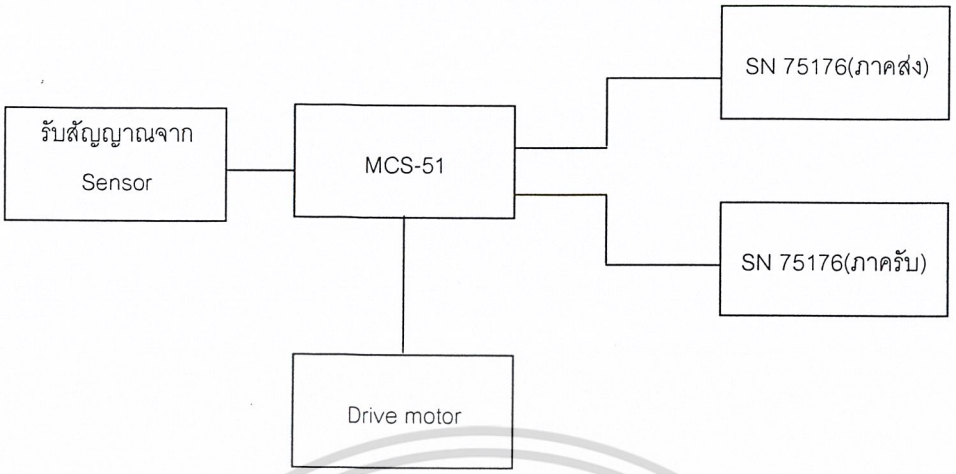


รูปที่ 3-7 แสดงการติดต่อของส่วนแสดงผลในแต่ละชั้นด้วยมาตรฐาน RS-422

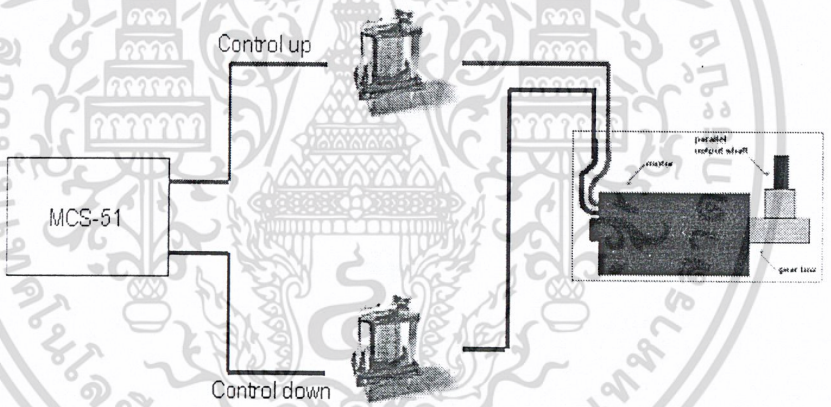
3.3.4 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และวงจรตรวจจับสัญญาณ

3.3.4.1 Block Diagram ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลักและวงจรตรวจจับสัญญาณ

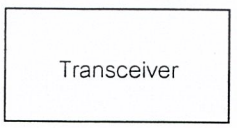
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-8 Block Diagram ของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51หลัก

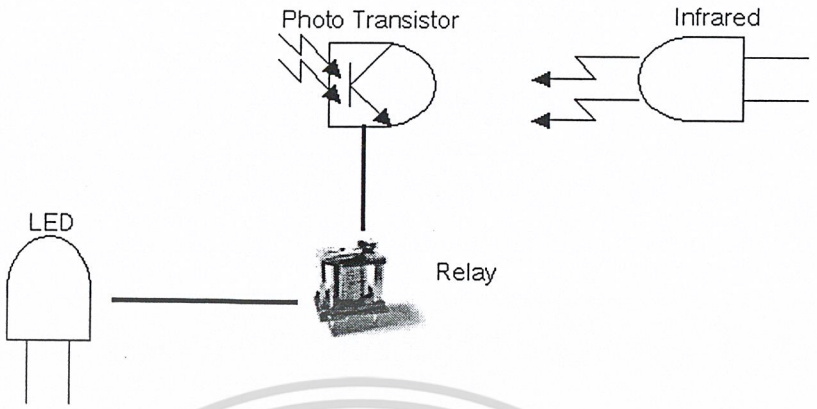


รูปที่ 3-9 Block การทำงานของการขับมอเตอร์



รูปที่ 3-10 Block Diagram วงจรตรวจจับสัญญาณภาคตัวส่งและตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-11 Block การทำงานของวงจรตรวจจับสัญญาณ

- MCS-51

เป็นชุดวงจรของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ซึ่งมีรายละเอียดการทำงานานดังในบทที่2

- SN75176

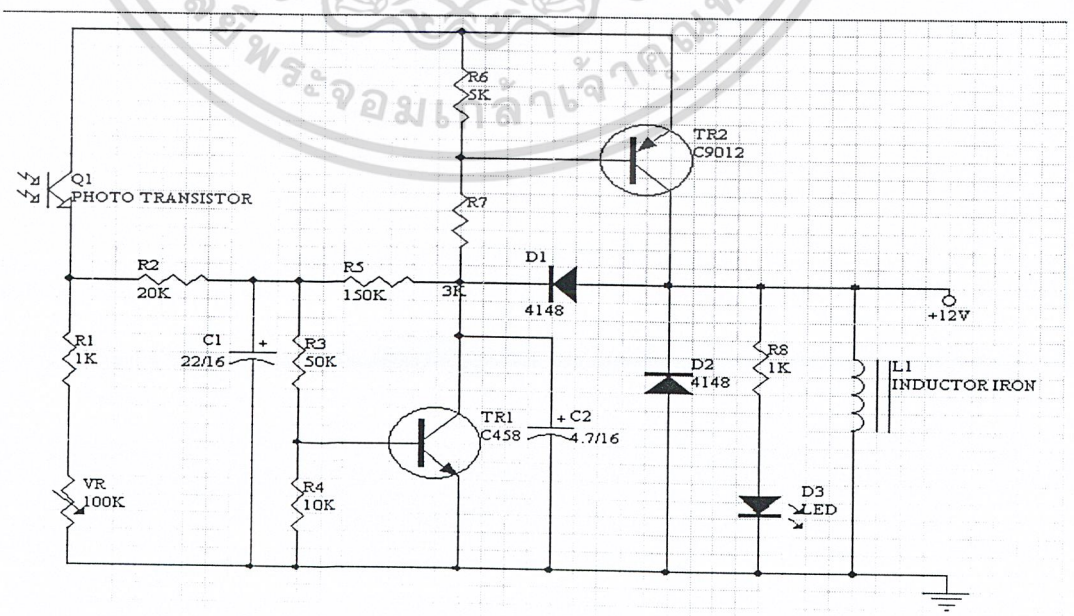
เป็นวงจรไอซีที่ใช้ในการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-485

- Transceiver

เป็นชุดวงจรที่ทำหน้าที่เป็นวงจรตัวตรวจจับสัญญาณทั้งภาครับและภาคส่ง

ซึ่งหลังจากที่เราทำการวาด Block Diagram ของวงจรทั้งหมดแล้ว ในขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการวาดภาพวงจรจริงขึ้นมาโดยในที่นี้ใช้โปรแกรม Protel-99 ในการวาด และจะได้ภาพของวงจรดังนี้

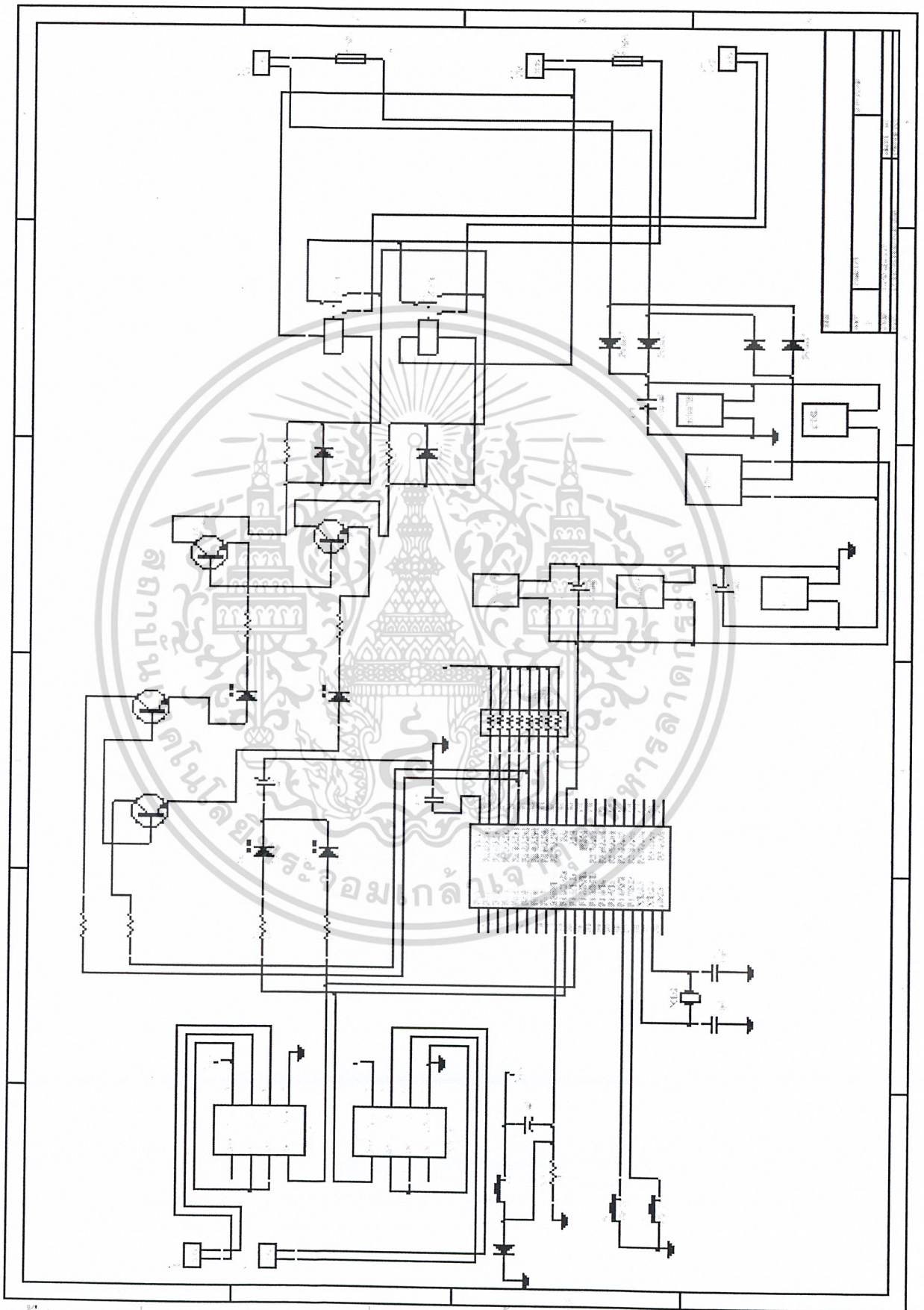
- วงจรตรวจจับสัญญาณภาคตัวส่งและภาครับ



รูปที่ 3 -12 ภาพวงจรตรวจจับสัญญาณภาคตัวส่งและภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

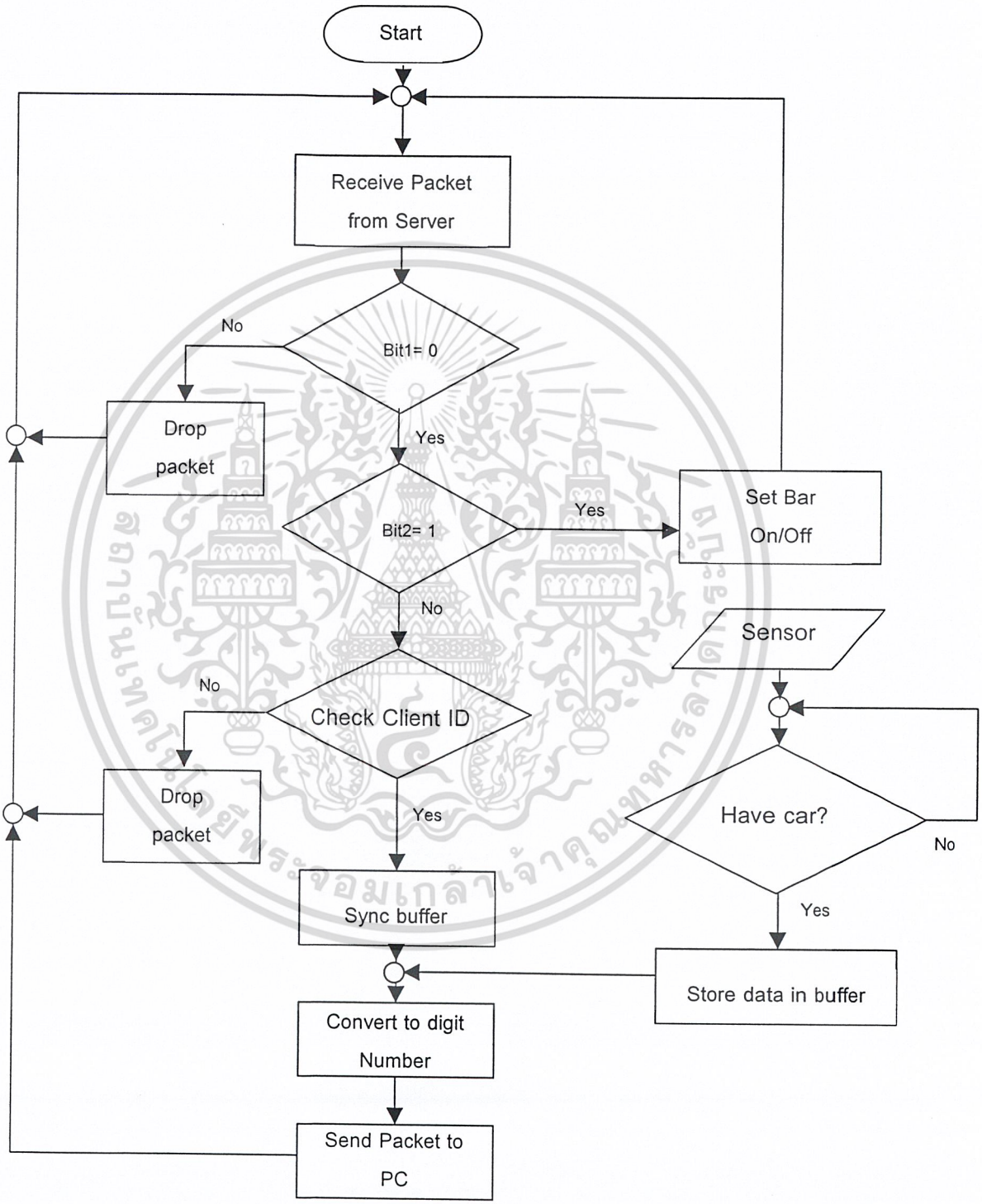
- วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลัก



รูปที่ 3-13 ภาพวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลัก

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 Flow chart การเขียนโปรแกรมของ MCS-51 และวงจรตรวจจับสัญญาณ

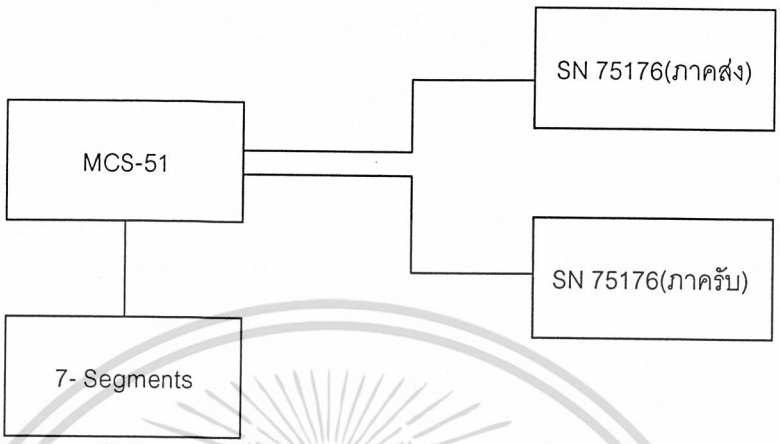


รูปที่ 3-14 Flow chart การเขียนโปรแกรมของ MCS-51 ตัว Client

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และวงจรแสดงผล 7-Segments

3.3.5.1 Block Diagram ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และแสดงผล 7-Segments



รูปที่ 3-15 Block Diagram ของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51และวงจรส่วนแสดงผล

- MCS-51

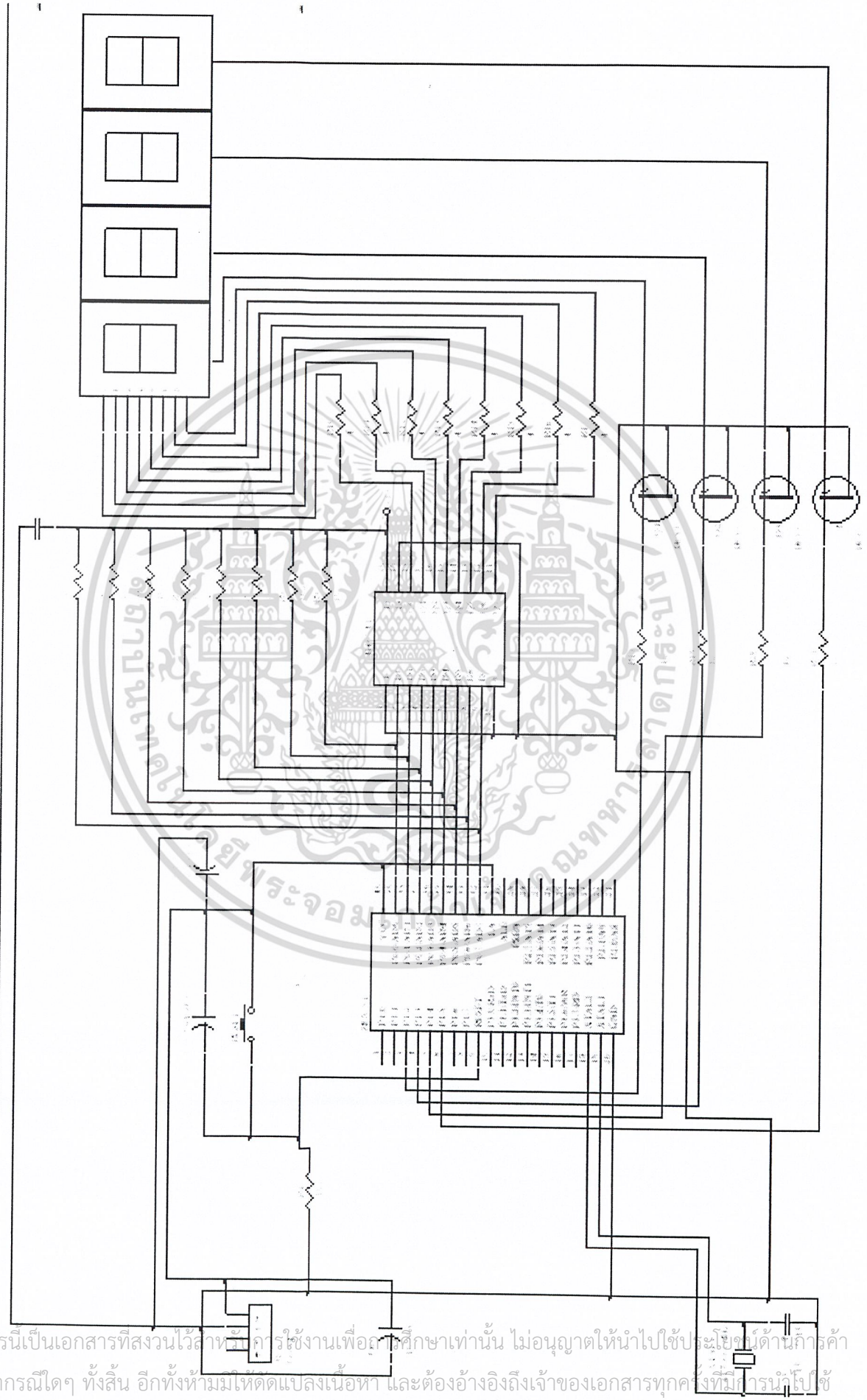
เป็นชุดวงจรของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ซึ่งมีรายละเอียดการทำงานดังในบทที่2

- 7-Segments

เป็น วงจรแสดงผล 7-Segments

ซึ่งหลังจากที่เราทำการวาด Block Diagram ของวงจรทั้งหมดแล้ว ในขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการวาดภาพวงจรจริงขึ้นมาโดยในที่นี้ใช้โปรแกรม Protel-99 ในการวาด และจะได้ภาพของวงจรดังนี้

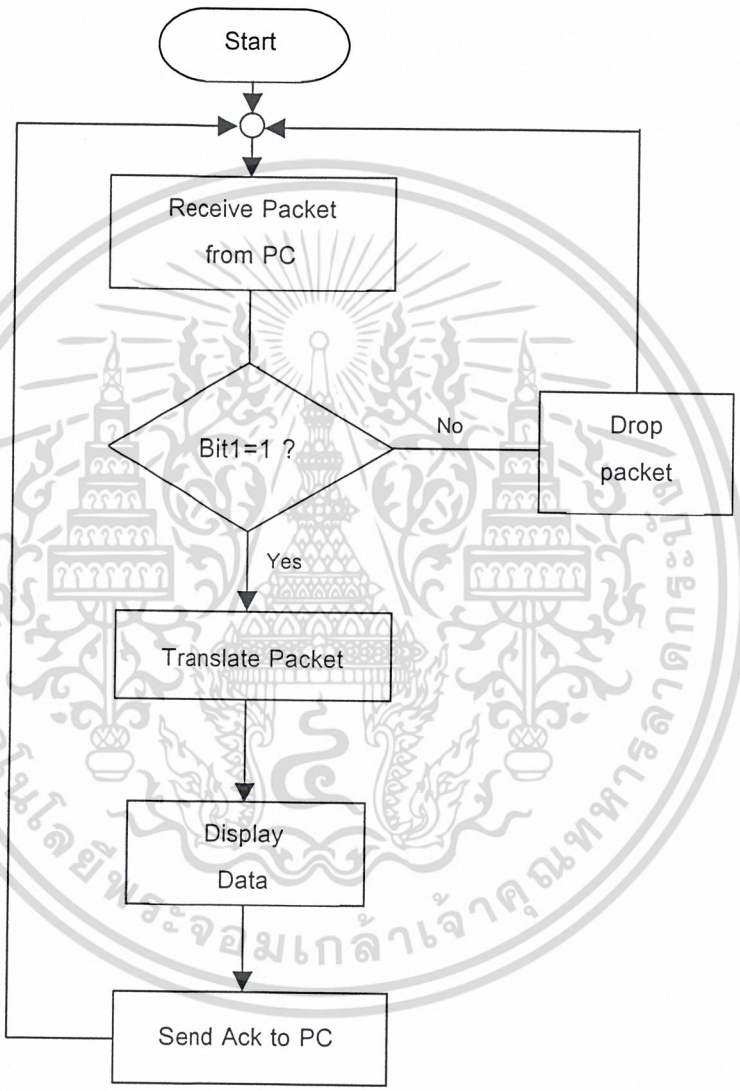
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-16 ภาพของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51และวงจรส่วนแสดงผล 7-Segment

3.3.5.2 Flow chart การเขียนโปรแกรมของ MCS-51 และส่วนแสดงผล 7-Segments

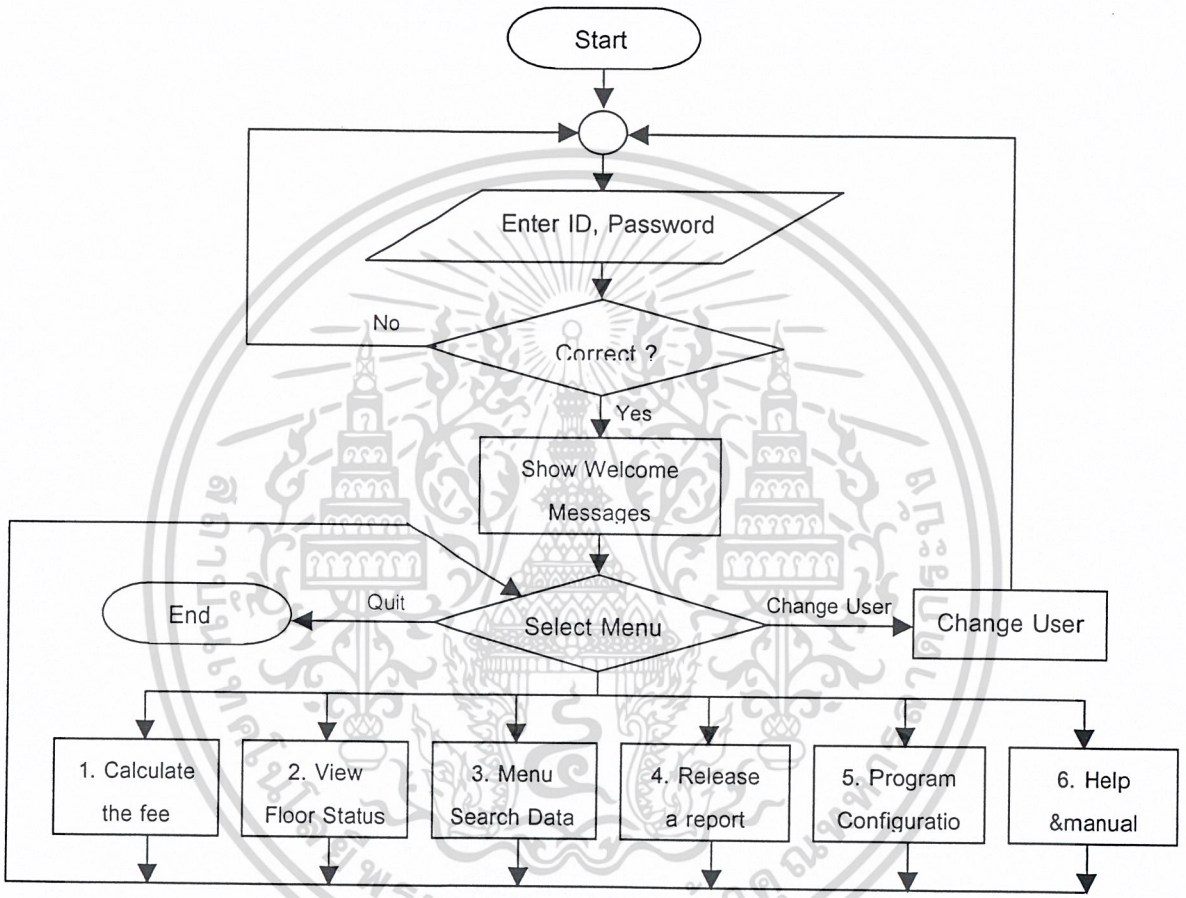


รูปที่ 3-17 Flow chart การเขียนโปรแกรมของ MCS-51 ตัว แสดงผล (7-Segments)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

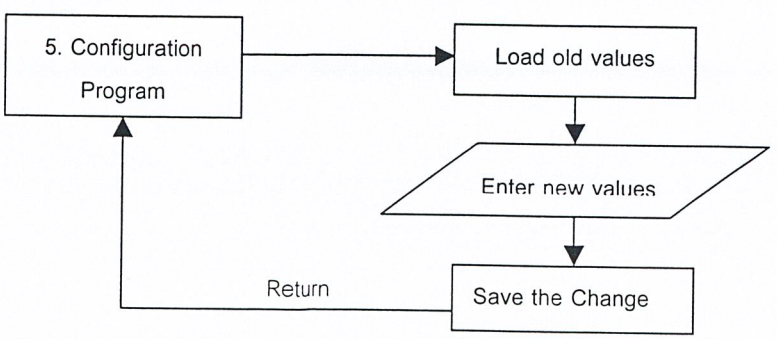
3.3.6 การออกแบบโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่ใช้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนประมวลผลหลัก (Server)

3.3.6.1 Flow Chart โปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า



รูปที่ 3-18 Flow Chart โปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า

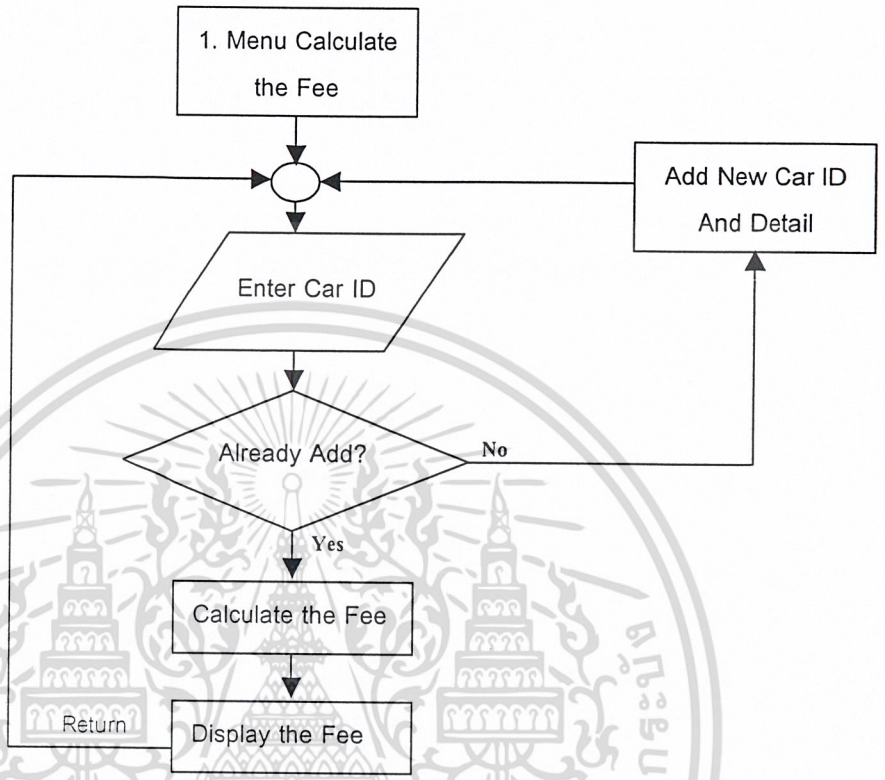
- Flow Chart โปรแกรมส่วนเปลี่ยนแปลงค่าการใช้งาน



รูปที่ 3-19 Flow Chart แสดงโปรแกรมส่วนเปลี่ยนแปลงค่าการใช้งาน

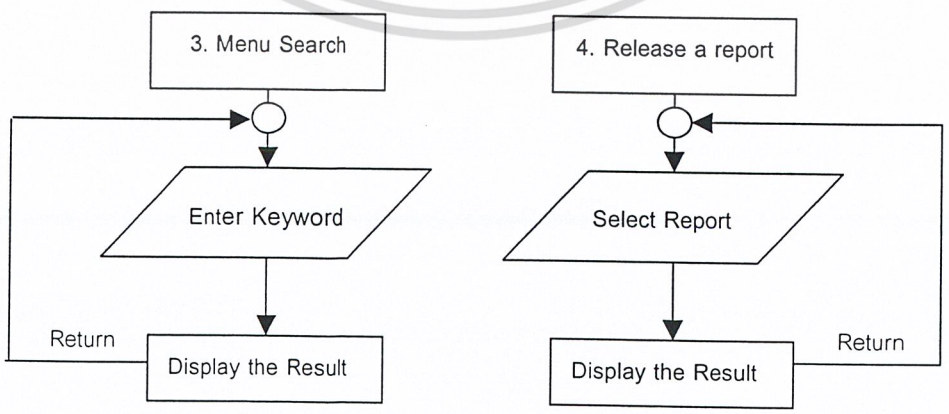
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Flow Chart โปรแกรมส่วนคำนวณค่าใช้บริการ



รูปที่ 3-20 Flow Chart แสดงโปรแกรมส่วนคำนวณค่าใช้บริการ

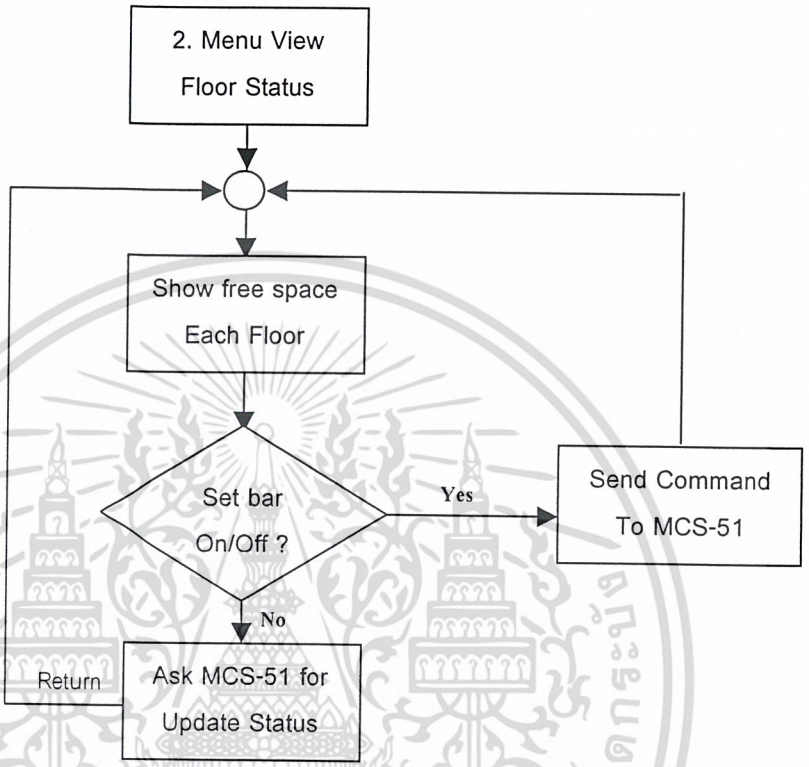
- Flow Chart โปรแกรมส่วนค้นหาข้อมูลการใช้บริการ



รูปที่ 3-21 Flow Chart แสดงโปรแกรมส่วนค้นหาข้อมูลการใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Flow Cart โปรแกรมส่วนช่วยจัดการที่จอดรถ**

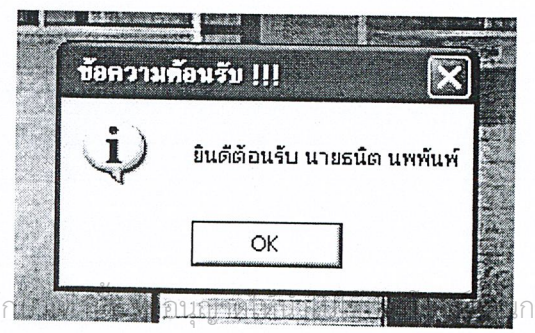


รูปที่ 3-22 Flow Chart แสดงโปรแกรมส่วนช่วยจัดการที่จอดรถ

3.3.6.2 การออกแบบ GUI (Graphic User Interface) ของโปรแกรม

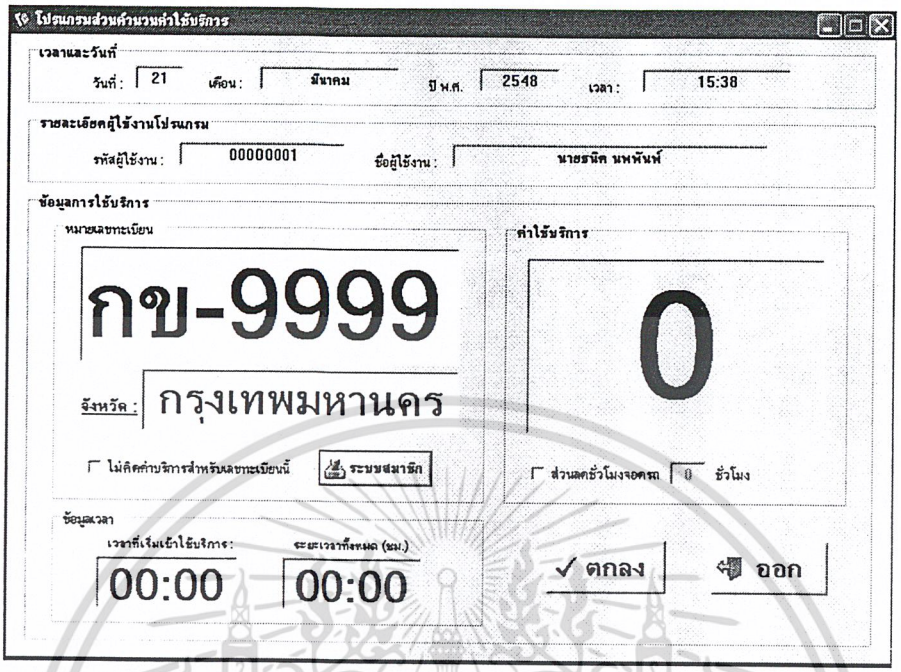
ในขั้นตอนของการออกแบบ เมื่อเราได้ Flow Chart ของการเขียนโปรแกรมมาแล้ว ในขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นขั้นตอนการออกแบบ GUI เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพรวมของโปรแกรมที่สมบูรณ์ได้ อีกทั้งยังทำให้สามารถทราบแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมต่อไป

ซึ่งในขั้นตอนแรกเป็นการออกแบบในส่วนของหน้าจอการ Login เพื่อเข้าใช้งาน โปรแกรมโดยที่ต้องมีการใส่รหัสผ่านก่อน ซึ่งหารหัสผ่านถูกต้องก็จะมีข้อความต้อนรับดังรูปที่ 3-22

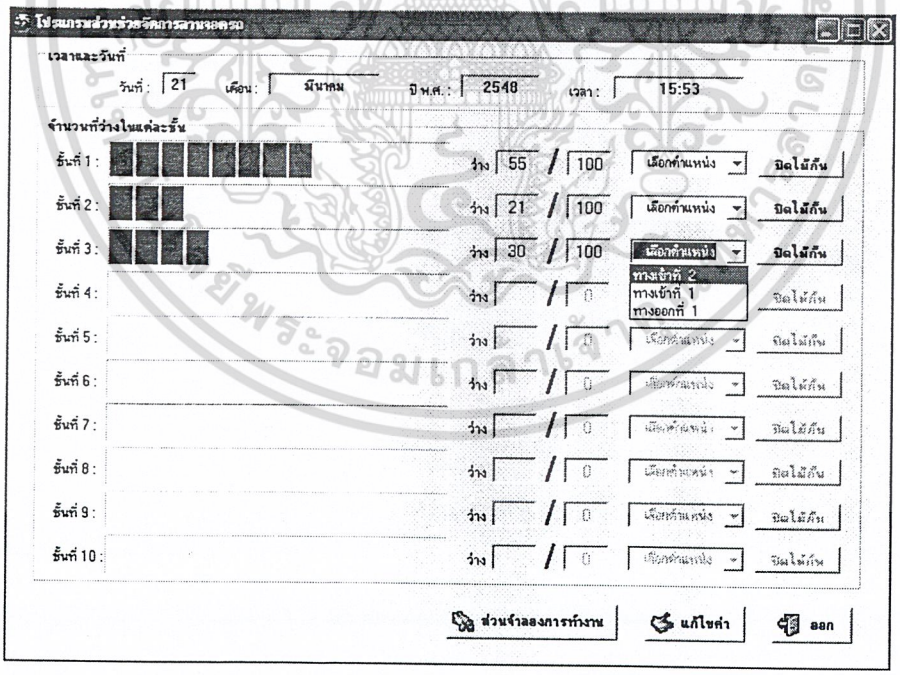


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-23 หน้าจอการ Login และข้อความต้อนรับ



รูปที่ 3-24 หน้าโปรแกรมส่วนของการคิดคำนวณค่าใช้บริการ



รูปที่ 3-25 หน้าการคิดคำนวณค่าใช้บริการ

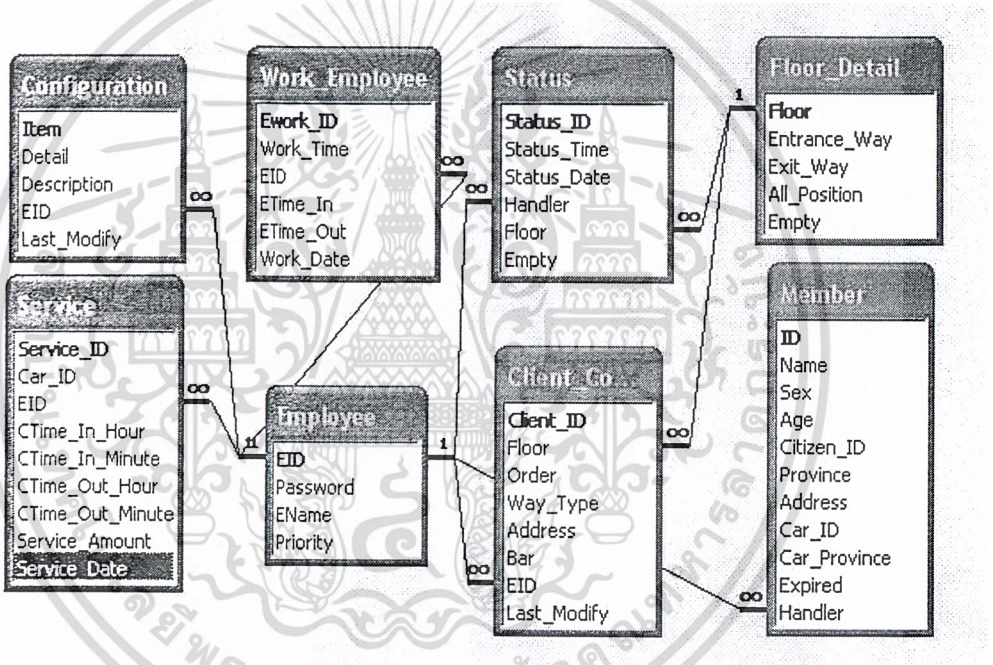
ต่อมาก็จะเป็นขั้นตอนการออกแบบในส่วนของโปรแกรมที่ใช้งาน ซึ่งได้แก่ โปรแกรมส่วนของการคิดคำนวณค่าใช้บริการ และการคิดคำนวณค่าใช้บริการดังรูปที่ 3-23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6.3 การออกแบบระบบฐานข้อมูลของโปรแกรม

ในการทำงานของโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าจำเป็นที่จะต้องมีการใช้งานฐานข้อมูลออยู่ตลอด อาทิเช่น การตรวจสอบข้อมูลของผู้เข้ามาให้งานและรหัสผ่าน การบันทึกสถานะของจำนวนที่จอดรถที่ว่างในแต่ละชั้น รวมไปถึงการบันทึกรายละเอียดของรถยนต์ที่เข้ามาใช้บริการด้วย

ด้วยเหตุนี้ในการจัดเก็บข้อมูลต่างของโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าจึงต้องมีการออกแบบให้มีการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระบบ เพื่อความง่ายต่อการเรียกดู หรือการแก้ไขข้อมูลต่อไป ซึ่งจากการออกแบบฐานข้อมูลของโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าจะได้ฐานข้อมูลที่มีลักษณะดังรูปที่ 3-25



รูปที่ 3-26 ตารางทั้งหมดที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลของโปรแกรม

โดยแต่ละตารางจะมีรางละเอียดดังต่อไปนี้

- ตาราง Service

จะเก็บรายละเอียดของการมาใช้บริการทั้งหมดซึ่งได้แก่ หมายเลขทะเบียนรถ (Car_ID), วันและเวลาที่เริ่มเข้าใช้บริการ, เวลาออกจากการใช้บริการ, ค่าบริการทั้งหมด, รหัสผู้ใช้งาน (EID) โดยตารางนี้จะมี Service_ID เป็น Primary key

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตาราง Client Configuration

สร้างเพื่อจัดเก็บรายละเอียดในการควบคุมและติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวที่ต่อยู่กับวงจรตรวจจับรถยนต์ โดยตารางนี้จะจัดเก็บรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ ค่าแอดเดรสที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหลัก, รายละเอียดของตำแหน่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ (ชั้น, รูปแบบของช่องทาง, ลำดับของช่องทาง) และสถานะของไม้กั้น โดยมีชื่อของชั้น, ลำดับของช่องทาง, รหัสผู้ใช้งาน (EID) และรูปแบบช่องทางร่วมกันเป็น Primary key

- ตาราง Floor_Detail

สร้างขึ้นเพื่อจัดเก็บข้อมูลของแต่ละชั้นของลานจอดรถซึ่งได้แก่จำนวนของทางเข้าและจำนวนช่องทางออก จำนวนที่จอดรถทั้งหมด โดยมีชื่อของชั้นเป็น Primary key

- ตาราง Status

สร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลของสถานะของการใช้งานลานจอดรถในแต่ละชั้น ได้แก่ จำนวนที่จอดรถที่ว่าง รหัสผู้ใช้งาน (EID) วันที่ทำการเก็บสถานะ และเวลาที่ทำการจัดเก็บสถานะ โดยมีหมายเลขของการจัดเก็บสถานะเป็น Primary key

- ตาราง Configuration

สร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลในการใช้งานและการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆของโปรแกรม โดยจะจัดเก็บรายละเอียดในการใช้งานต่างๆเอาไว้ และเก็บรหัสผู้ใช้งาน (EID) โดยมีเลขของแต่ละ Item เป็น Primary key

- ตาราง Employee

สร้างขึ้นเพื่อจัดเก็บรายละเอียดข้อมูลของผู้ใช้งานซึ่งได้แก่ รหัสผู้ใช้งาน, ชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่านในการเข้าใช้งาน โดยมีรหัสผู้ใช้งานเป็น Primary key

- ตาราง Work_Employee

สร้างขึ้นเพื่อจัดเก็บรายละเอียดในการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้งานแต่ละคนโดยรายละเอียดที่จะจัดเก็บไว้ ได้แก่ รหัสผู้ใช้งาน, เวลาที่เข้าใช้งาน, เวลาที่ออกจากการใช้งาน, เวลาในการใช้งานทั้งหมด โดยมีหมายเลขของการใช้งานเป็น Primary key

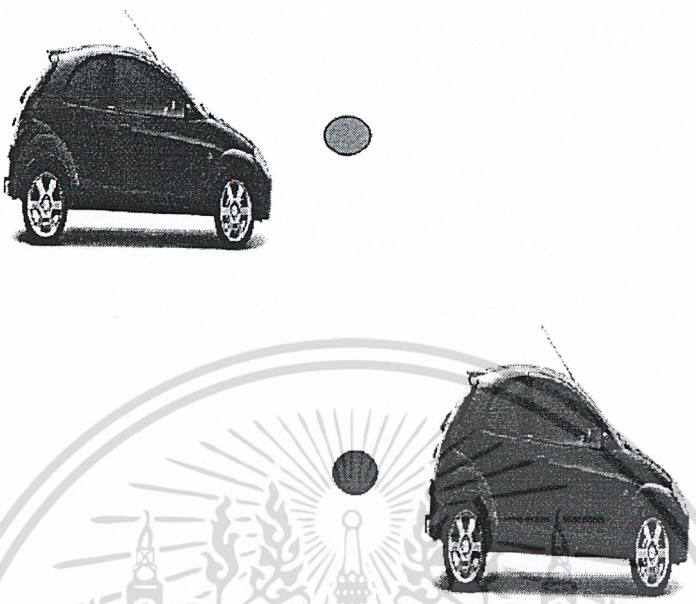
3.4 การออกแบบรูปแบบในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อการนำไปใช้งานจริง

ในการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อใช้ตรวจจับการผ่านของรถยนต์นั้น มีรูปแบบในการติดตั้งอยู่มากมาย ซึ่งแต่ละรูปแบบนั้นก็ล้วนแต่มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ดังนั้นเราจึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพื่อหารูปแบบในการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่จะทำให้ประสิทธิภาพในการตรวจสอบรถยนต์ที่ผ่านไปมีมากที่สุด ซึ่งก็คือต้องสามารถตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด อีกทั้งยังต้องเป็นวิธีที่ สิ้นเปลืองทรัพยากรน้อยที่สุดด้วย

วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบต่างๆที่ได้ทำการศึกษามานั้น มีรูปแบบการติดตั้งและ ข้อดี ข้อเสีย ตั้งต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 วิธีติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 1 ตัว



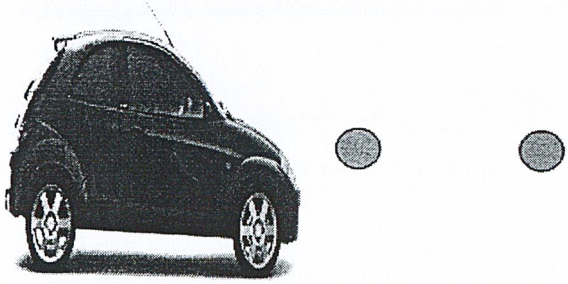
รูปที่ 3-27 วิธีติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 1 ตัว

วิธีนี้เป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุดและเราสามารถพบเห็นได้บ่อยที่สุด หากแต่กลับเป็นวิธีที่มีข้อผิดพลาดมากที่สุดเนื่องจากหากมีวัตถุใดๆ ไม่ว่าจะเป็น คน , รถเข็นสินค้า, รถจักรยานยนต์, หรือ วัตถุอื่นๆ ผ่านเข้าไปแล้ว วิธีการติดเซ็นเซอร์ในรูปแบบนี้ก็จะไม่สามารถตรวจจับและแยกแยะให้ได้ว่าวัตถุเหล่านี้ไม่ใช่รถยนต์ ดังนั้นในการนำเอารูปแบบวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบอันเดียวนี้ ควรที่จะต้องมั่นใจได้ว่า ณ จุดใดๆ ที่เราติดตั้งเซ็นเซอร์ลงไปนั้น สิ่งที่จะผ่านเซ็นเซอร์ที่จุดนั้น จะมีแต่เพียงเฉพาะรถยนต์เท่านั้น จึงจะทำให้เซ็นเซอร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องที่สุด

3.4.2 วิธีการติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว

วิธีการติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัวนี้มีรูปแบบในการวางตำแหน่งเซ็นเซอร์ย่อยอีกสามวิธี ได้แก่

3.4.2.1 ติดเซ็นเซอร์สองตัวให้อยู่ในแนวเดียวกัน

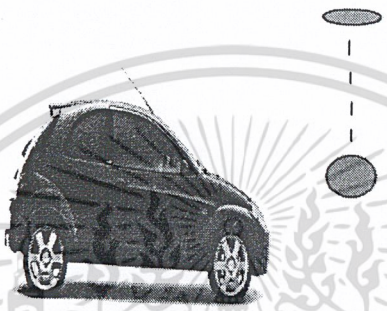


รูปที่ 3-28 วิธีการติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว โดยติดเซ็นเซอร์สองตัวให้อยู่ในแนวเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตั้งตั้งให้ระยะห่างของเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวเท่ากับระยะความยาวของรถยนต์ ซึ่งวิธีนี้จะทำงานได้ดีกว่าแบบที่ใช้เซ็นเซอร์เพียงตัวเดียว เนื่องจากวัตถุที่จะผ่านการตรวจสอบว่าเป็นรถยนต์ได้นั้นจะต้องมีความยาวที่เท่ากับหรือมากกว่าระยะระหว่างเซ็นเซอร์ทั้งสองตัว ดังนั้นหากวัตถุที่ผ่านเข้ามาเป็นคน เพียงคนเดียวหรือรถเข็นสินค้าที่มีความยาวสั้นกว่าระยะระหว่างเซ็นเซอร์สองตัวนั้น เซ็นเซอร์ก้อจะสามารถที่จะแยกแยะได้

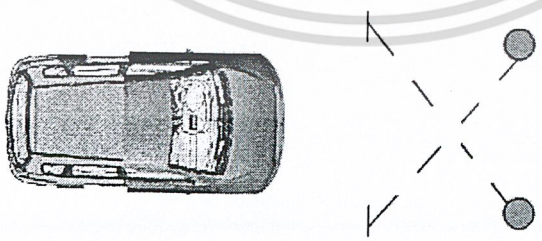
3.4.2.2 ติดเซ็นเซอร์ที่จุดด้านข้างและด้านบนของตำแหน่งที่กลางตัวรถจะผ่าน



รูปที่ 3-29 วิธีการติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว โดยติดเซ็นเซอร์ที่จุดด้านข้าง และด้านบนของตำแหน่งที่กลางตัวรถจะผ่าน

เนื่องจากวิธีการติดเซ็นเซอร์ในแนวเดียวกันนั้น อาจมีปัญหาในกรณีที่มีคนเดินมาหลายคน และระยะห่างของกลุ่มคนนั้นเท่ากับระยะที่ติดตั้งเซ็นเซอร์สองตัวนั้นไว้พอดี ซึ่งในความเป็นจริงอาจจะเกิดเหตุการณ์ในลักษณะนี้ได้น้อย หากแต่ถ้ามีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยเกิดขึ้นแล้ว อาจทำให้การทำงานของทั้งระบบมีปัญหาขึ้นได้ ดังนั้นวิธีการหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือ ติดเซ็นเซอร์ที่ด้านข้าง และด้านบนของจุดที่รถจะผ่าน เพื่อให้การตรวจสอบสามารถทำได้ครอบคลุมที่สุด

3.4.2.3 ติดเซ็นเซอร์ในแนวทแยงมุมกัน



รูปที่ 3-30 วิธีการติดตั้งโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว โดยติดเซ็นเซอร์ในแนวทแยงกัน

วิธีนี้ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้ผลดีในระดับหนึ่ง โดยจะใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัวหรือมากกว่าในการติดลักษณะทแยงมุมกัน เพื่อในแน่ใจได้ว่าสามารถตรวจสอบได้ว่าสิ่งที่ผ่านไปเป็นรถยนต์หรือไม่ หากแต่ก็มีจุดผิดพลาดในกรณีที่วัตถุผ่านจุดตัดของเส้นทแยงมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์โดยใช้เซ็นเซอร์ตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป

การติดแบบนี้มามารถกระทำได้หลายวิธี ซึ่งเป็นการนำเอารูปแบบการติดแบบ สองตัว มาผสมกันเช่นติดสี่ตัวโดยติดสองตัวอยู่ด้านข้างในระดับเดียวกัน และอีกสองตัวอยู่ด้านบนของรถ เป็นต้น ซึ่งหากจะกล่าวโดยสรุปแล้วการติดในรูปแบบนี้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการติดเพียงสองตัว เนื่องจากป้องกันกรณีพิเศษต่างๆได้มากกว่า หากแต่สิ่งที่ตามมานั้นก็คือความสิ้นเปลืองนั่นเอง เพราะอุปกรณ์เซ็นเซอร์แต่ละตัวนั้นมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นในการนำเอารูปแบบการติดตั้งไปประยุกต์ใช้งาน ย่อมขึ้นอยู่กับว่าต้องการประสิทธิภาพในการตรวจสอบและความคุ้มค่าของราคาเท่าไหร่

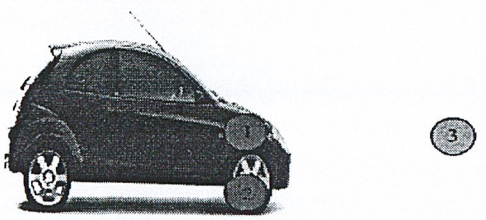
3.4.4 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ

รูปแบบการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบนี้เป็นการคิดค้นที่นำเอาข้อดีของรูปแบบการติดตั้งในวิธีต่างๆมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการตรวจสอบที่สมบูรณ์ที่สุด และขณะเดียวกันก็พยายามลดจำนวน เซ็นเซอร์ที่จำเป็นต้องใช้ลงให้เหลือน้อยที่สุด โดยได้อาศัยหลักวิธีการเขียนโปรแกรมเข้ามาช่วย

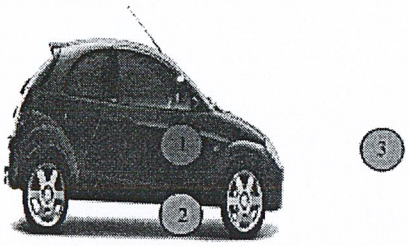
ซึ่งวิธีการติดเซ็นเซอร์แบบนี้ใช้เซ็นเซอร์ทั้งหมดสามตัวดังรูป และมีรูปแบบและรายละเอียดขั้นตอนการทำงานดังนี้

รูปที่ 3-31 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ สถานะที่ 0

- สถานะที่ 0: เป็นสถานะที่รถกำลังเคลื่อนที่เข้ามายังจุดทั้งสามที่เราได้ติดตั้งเซ็นเซอร์เอาไว้ แต่ยังไม่ได้โดนเซ็นเซอร์ใดๆ ดังนั้นลอจิกของเซ็นเซอร์ตัวที่ 1, 2, 3 เป็น “0” ทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-32 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ สถานะที่ 1

- สถานะที่ 1: เป็นสถานะที่เซ็นเซอร์ตัวที่ 1 และ 2 ทำงานเมื่อมีวัตถุผ่านเข้ามาโดยวัตถุต้องผ่านเซ็นเซอร์ทั้งสองตัว และทำให้ลอจิกของทั้งเซ็นเซอร์ 1 และ 2 เป็น " 1 " จึงจะเข้าสู่สถานะนี้ได้ ซึ่งเมื่อผ่านสถานะนี้แล้วลอจิกของเซ็นเซอร์ 1 จะต้องเป็น " 1 " ค้างไว้ตลอด ชั่วระยะเวลาหนึ่งจนกว่าเซ็นเซอร์ตัวที่ 3 จะทำงาน

รูปที่ 3-33 วิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ สถานะที่ 2

- สถานะที่ 2: ที่สถานะนี้เซ็นเซอร์ 3 จะทำงาน ซึ่งที่สถานะนี้ เซ็นเซอร์ 2 ที่มีลอจิกเป็น " 0 " ในสถานะที่ 1 จะทำงานอีกครั้งเพราะมีวัตถุผ่านโดยจะกลับมีลอจิกเป็น " 1 " อีกครั้ง

ซึ่งการที่วัตถุใดๆจะผ่านการตรวจสอบได้นั้นจะต้องมีลักษณะของการเคลื่อนที่เป็นไปตามลำดับนับตั้งแต่สถานะที่ 0 เรื่อยมาจนกระทั่งถึงสถานะที่ 2 โดยที่ไม่ขัดแย้ง ต่อการทำงานในสถานะใดๆเลย

โดยวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบนี้สามารถที่จะตรวจสอบการผ่านของรถยนต์ได้เป็นอย่างดีโดยที่สามารถรองรับกับ กรณีพิเศษต่างๆอาทิเช่นรถเข็นผ่าน คนเดินผ่าน 1 คนหรือหลายคน รถมอเตอร์ไซค์ผ่าน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการทดสอบ

4.1 บทนำ

การดำเนินการทดลองและทดสอบ คือ การทดสอบการทำงานของแต่ละส่วนของระบบในที่นี้นั้นจะเป็นการทดสอบโมดูลที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ Client แต่ละโมดูลว่าทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ และเมื่อนำแต่ละโมดูลมารวมกันนั้นสามารถทำงานได้หรือไม่

4.2 เงื่อนไขการทดสอบและทดลองในส่วนของโมดูลอุปกรณ์ Client

ในการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ Client แต่ละตัวนั้น จะมีการทดสอบแต่ละฟังก์ชันการทำงานต่างๆของอุปกรณ์ Client แต่ละตัวว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยได้แบ่งส่วนของการทดสอบอุปกรณ์ Client ใน 3 ฟังก์ชันการทำงานดังนี้

4.2.1 ทดสอบการทำงานของตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ (Sensor)

ในส่วนของวงจรตัวรับส่งสัญญาณเป็นวงจรที่ใช้แสงมาควบคุมให้รีเลย์เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า คือ เมื่อ Photo transistor ได้รับแสงวงจรจะสั่งให้รีเลย์ทำงาน แต่เมื่อใดที่ไม่มีแสงมากระทบ Photo Transistor วงจรก็จะสั่งให้รีเลย์หยุดทำงาน อุปกรณ์ไฟฟ้าก็หยุดทำงานพอดี

การทำงานของวงจร(จากวงจร) TR1เป็นตัวตรวจจับแสงที่มากระทบ Photo transistor เมื่อมีแสงมาตกกระทบ Photo transistor ความต้านทานภายในของ Photo transistor จะลดลงทำให้ขา B ของ TR1 มีแรงดันไฟฟ้าขึ้น TR1 ก็จะทำงานดังนั้น TR2 ก็จะทำงานด้วย รีเลย์จะดูดหน้าสัมผัสให้ต่อกัน พร้อมกับ LED จะติดแสดงว่าตอนนี้รีเลย์ทำงานแล้ว แต่เมื่อใดที่แสงมากระทบ Photo transistor หมดไป ความต้านทานภายในของ Photo transistor จะเพิ่มขึ้นแรงไฟที่ขา B จะต่ำลงจนทำให้ TR1 ไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้น TR2 ก็จะไม่สามารถทำงานได้รีเลย์จึงปล่อยหน้าสัมผัส และ LED ก็จะดับตามไปด้วย

การทำการทดสอบ โดยการจ่ายไฟ 12 โวลต์ เข้าวงจร ขั้วบวกต่อที่ +12V ขั้วลบต่อที่ Ground หัน Photo transistor ให้รับแสง รีเลย์จะทำงานโดยมีเสียงดังมาจากรีเลย์ และ LED จะติด เอามือปิด Photo transistor ไม่ให้ได้รับแสง รีเลย์จะหยุดทำงานโดยมีเสียงดังมาจากรีเลย์ จากนั้น LED จะดับ

4.2.2 ทดสอบการทำงานของวงจรขับมอเตอร์

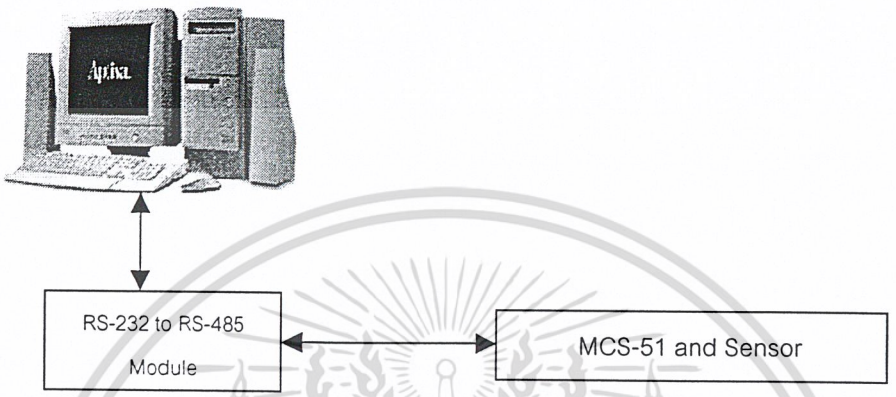
วงจรมอเตอร์จะใช้รีเลย์มาควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยการตัดต่อการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งการ Trig รีเลย์จะต้องขับด้วย Transistor การทดลองก็ทำการจ่ายไฟให้วงจร เมื่อ Transistor ทำงาน รีเลย์ก็จะทำงาน และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้

4.2.3 ทดสอบการส่งค่าติดต่อกับเครื่อง Server

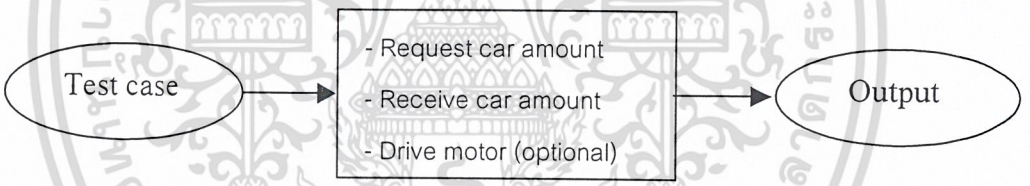
โดยการทดสอบการส่งค่าติดต่อกับเครื่อง Server ของโมดูลอุปกรณ์ Client นั้น จะนำโมดูลอุปกรณ์ client แต่ละตัวมาต่อเข้ากับ เครื่อง server (คอมพิวเตอร์) แล้วทำการติดต่อสื่อสารกันโดยให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่อง server ส่งคำสั่งต่างๆที่สามารถทำได้ (Input) เช่น ส่งคำสั่ง request ไปขอจำนวนรถยนต์ที่อุปกรณ์ client สามารถตรวจจับได้, ส่งคำสั่งให้ motor ทำงาน, ส่งคำสั่งให้ทำการลบค่าจำนวนรถยนต์ที่สามารถตรวจจับได้ เป็นต้น แล้วโมดูลอุปกรณ์ client นั้นสามารถที่จะทำงาน (Output) ได้ตามที่สั่งไปหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 แสดงรูปแบบวิธีการเชื่อมต่อโมดูลอุปกรณ์ Client แต่ละตัว



รูปที่ 4-2 แสดงวิธีการทดสอบการทำงานของแต่ละโมดูล

- ผลการทดสอบการทำงานของตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ (Sensor)

ในกรณีวงจรตรวจจับตรวจพบสิ่งกีดขวาง (Sensor ดับ) ผลที่ได้คือ แรงดันจาก Output จะมีค่าประมาณ 3 V ส่วนในกรณีวงจรตรวจจับไม่พบสิ่งกีดขวาง (Sensor ติด) ผลที่ได้คือ แรงดันจาก Output จะมีค่าประมาณ 4.5 V

จากการทดลองทำให้ทราบระดับแรงดันที่ได้จาก Output ของวงจรตรวจจับ แต่เนื่องจากการรับสัญญาณinputของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีข้อกำหนด คือจะให้ Logic "0" เมื่อมีแรงดันเท่ากับ 0 V และ Logic "1" เมื่อแรงดันเท่ากับ 4.5-5 V ดังนั้นจึงต้องมีการต่อวงจร Comparator เพื่อปรับระดับแรงดันจากoutputที่วัดได้ 3 Vให้เท่ากับ 0 V และแรงดันที่วัดได้ 4.5 Vให้เท่ากับ 5 V

- ผลการทดสอบมอเตอร์

เมื่อทำการจ่ายไฟให้วงจร เมื่อ Transistor ทำงาน รีเลย์ก็จะทำงาน และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

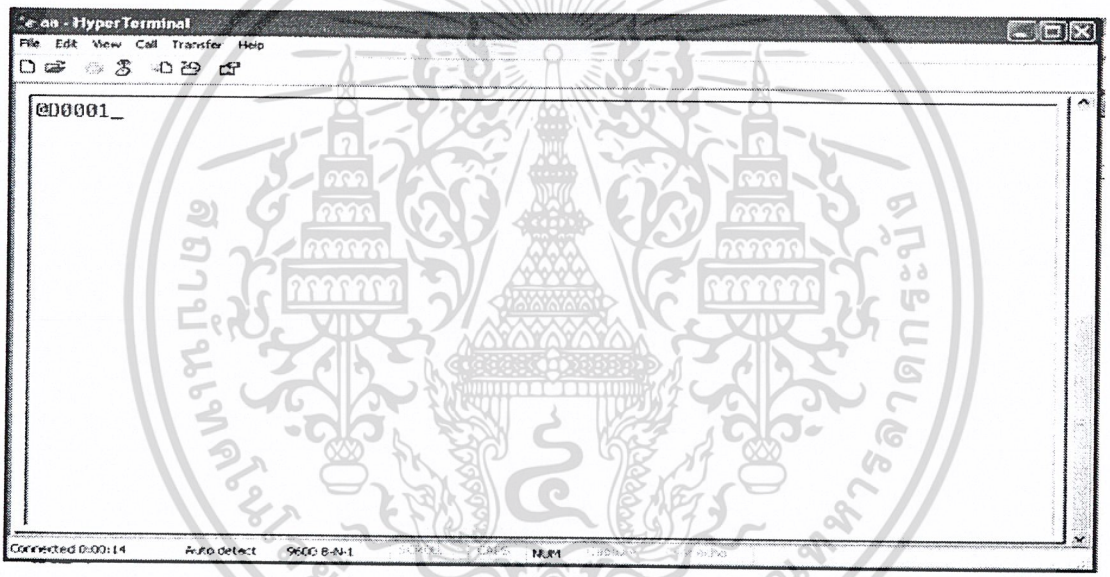
- ผลการทดสอบการรับส่งข้อมูล

เราทดสอบการรับส่งข้อมูลด้วยโปรแกรม Hyper Terminal โดยมีการทดสอบดังนี้

ถ้าต้องการ Request จำนวนรถยนต์ เราจะทำการส่งเฟรมข้อมูลที่มี Header เป็น address ของ client ที่เราต้องการ แล้วต่อด้วยคำสั่ง "R" เพื่อใช้ในการอ่านข้อมูลมา จากนั้นเมื่อclient ได้รับเฟรมข้อมูลนี้ก็จะตอบกลับด้วยจำนวนรถที่ตรวจจับได้ ดังรูปที่ 4-3

ถ้าต้องการสั่งให้มอเตอร์ทำงาน เราจะทำการส่งเฟรมข้อมูลที่มี Header เป็น address ของclientที่เราต้องการ แล้วต่อด้วยคำสั่ง ซึ่งจะมี 2 คำสั่งคือ "U" และ "D" เพื่อใช้ในการสั่งให้มอเตอร์หมุนให้ไม้กั้นเลื่อนขึ้น และเลื่อนลงตามลำดับ ผลที่ได้มอเตอร์ทำงานได้ตามที่สั่งไป

ถ้าต้องการ Clear ค่า เราจะทำการส่งเฟรมข้อมูลที่มี Header เป็น address ของclientที่เราต้องการ แล้วต่อด้วยคำสั่ง "C" ผลที่ได้คือค่าจำนวนที่ถูกตรวจจับได้จะถูกclearไปให้เป็น 0



รูปที่ 4-3 แสดงการติดต่อเพื่อขอจำนวนรถที่ตรวจจับได้จากโมดูล Client ตัวเดียว

จากรูปที่4-3 จะแสดงจำนวนรถที่ตรวจจับได้ของ Client ที่มี address "D" ซึ่งตรวจจับได้จำนวน 1 คัน

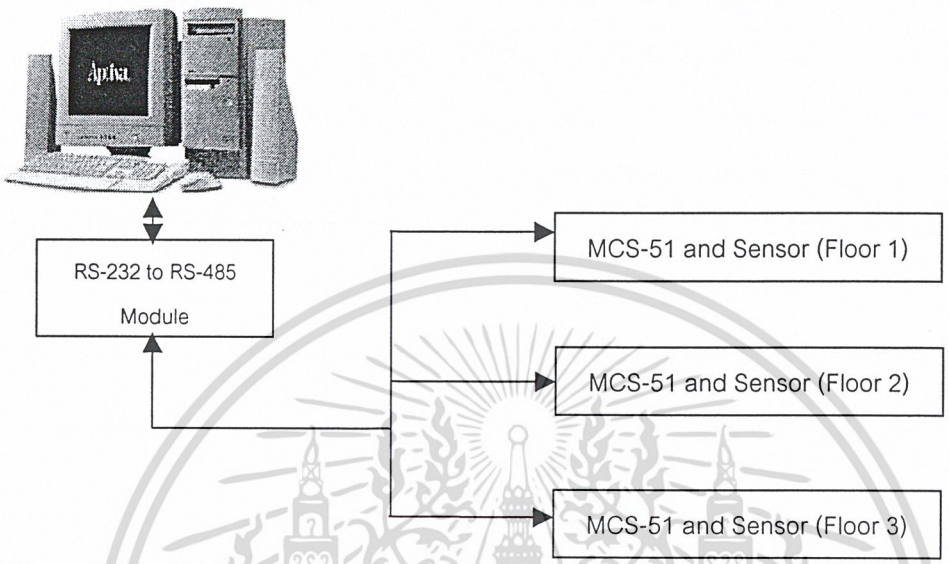
4.3 การทดสอบการรวมแต่ละโมดูลอุปกรณ์ Client เข้าด้วยกัน

เมื่อทำการทดสอบแต่ละโมดูลอุปกรณ์ Client ย่อยๆ เสร็จแล้วในลำดับต่อไปก็จะทำการทดสอบระบบโดยทำการรวมระบบเข้าทีละส่วนเพื่อทำการทดสอบการติดต่อ และ การทำงานร่วมกันของแต่ละโมดูล

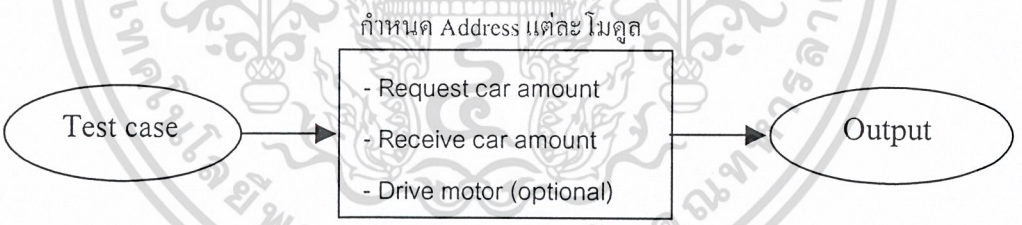
โดยเมื่อนำโมดูลอุปกรณ์ Client แต่ละตัวมาต่อเชื่อมกันเป็นเครือข่ายที่จะทำการติดต่อกันและกำหนดค่า address ให้แต่ละโมดูลแล้ว ก็ให้เครื่อง Server ทำการติดต่อไปยังโมดูลอุปกรณ์ client แต่ละตัว โดยจะทำการส่งค่าคำสั่งต่างๆไปยังอุปกรณ์ client แต่ละตัวแล้วจากนั้น โมดูล อุปกรณ์ client ตัวนั้นๆ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถที่จะทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ เช่น เครื่อง server ส่งค่าคำสั่ง request ไปเพื่อขอค่าจำนวนรถที่ตรวจจับได้ จากโมดูลอุปกรณ์ clientที่อยู่ที่ชั้นที่ 1 ตัวโมดูลอุปกรณ์ client ที่อยู่ที่ชั้นที่ 1 เท่านั้นที่จะส่งค่ามายังเครื่อง server โดยที่โมดูลอุปกรณ์ client ตัวอื่นๆจะไม่ส่งค่ามายัง server เลย เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4-2



รูปที่ 4.4 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อโมดูลอุปกรณ์ Client แต่ละส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกัน

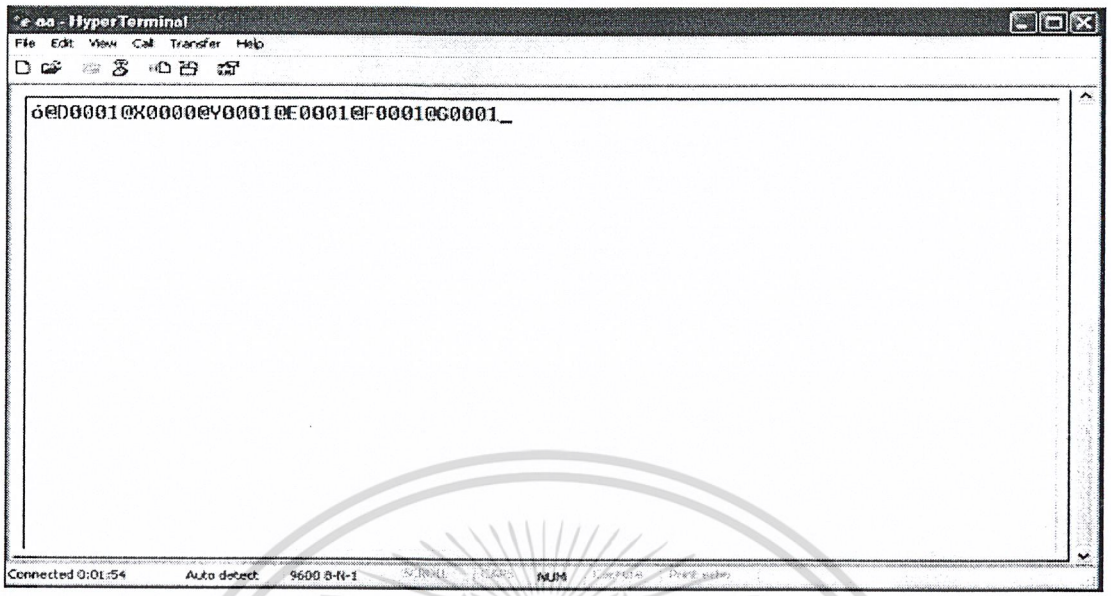


รูปที่ 4-5 แสดงวิธีการทดสอบระบบโดยทำการรวมโมดูลทั้งหมดเข้าด้วยกัน

ผลการทดสอบ : การทดสอบการรวมแต่ละโมดูลเข้าด้วยกัน

การทดลองให้มีการติดต่อระหว่างกันโดยส่งเฟรมข้อมูลเหมือนการทดสอบการรับส่งข้อมูลแต่ละโมดูล แต่ครั้งนี้เราจะทำการส่งไปทุกโมดูลที่ทำการติดต่อกันอยู่ แล้วผลที่ได้ก็จะทำได้ถูกต้อง อย่างเช่น การ Request จำนวนรถยนต์ โดยส่งไปทุกโมดูล เป็นต้น ดังรูปที่4-6

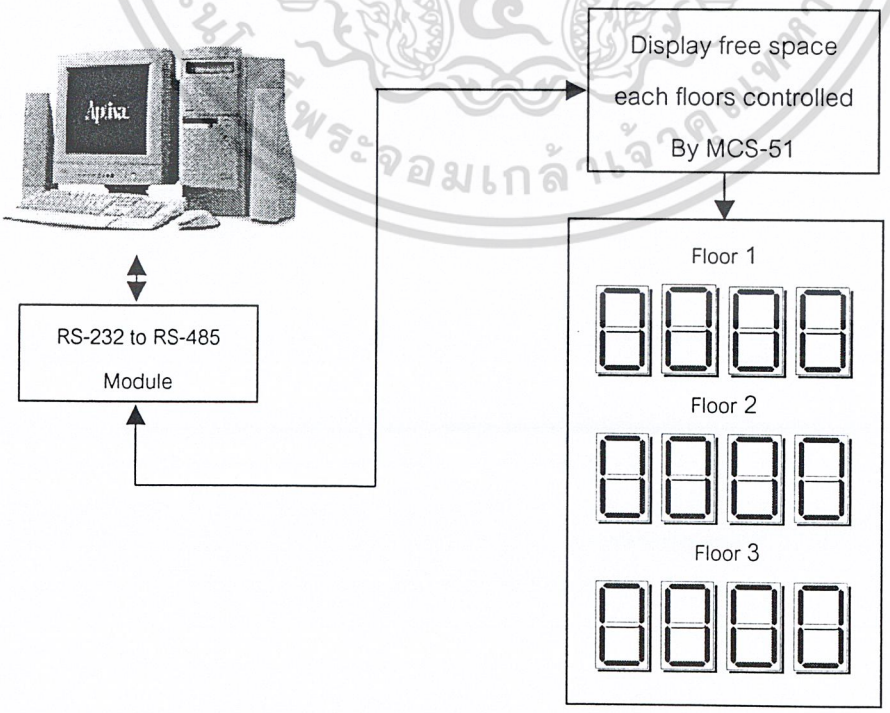
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-6 แสดงการติดต่อเพื่อขอจำนวนรถที่ตรวจจับได้จากโมดูล Client ที่ต่อรวมกัน

4.4 การทดสอบส่วนของการแสดงผล

ในส่วนการทดสอบส่วนของการแสดงผลนั้นก็ทดสอบโดยการนำส่วนของที่แสดงผลมาต่อเข้ากับ เครื่อง Server แล้วให้ เครื่อง Server ส่งข้อมูลออกไปแสดงผลที่ส่วนของตัวแสดงผลว่าได้หรือไม่ เช่น เมื่อเครื่อง server ส่งค่า “0010” ออกไป (ด้วยโปรแกรม Visual Basic.NET) ตัวแสดงผลก็สามารถที่จะแสดงตัวเลข “0010” ได้ตามที่ส่งไป ดังรูปที่ 4-6



รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อส่วนแสดงผลและเครื่อง Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-8 แสดงวิธีการทดสอบของส่วนแสดงผลโดยสั่งจากเครื่อง Server

ผลการทดสอบ : การทดสอบส่วนของการแสดงผล

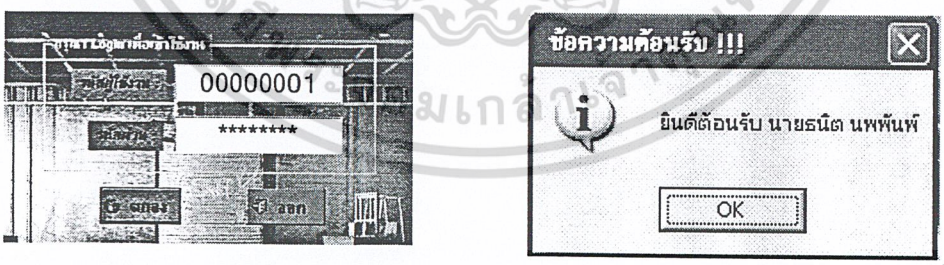
ในการทดสอบการทำงานของส่วนแสดงผลด้วย 7-Segments นั้นทำโดยการส่งค่าจำนวนที่ว่างแต่ละชั้นจากเครื่อง Server ไปให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการแสดงผลด้วย 7-Segments ซึ่งแสดงได้ถูกต้อง

4.5 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมบนเครื่อง Server

ในส่วนของโปรแกรมบนเครื่อง Server ที่เขียนโดยใช้ภาษา VB.NET นั้นจะมีการแบ่งการทำงานของโปรแกรมออกเป็นส่วนๆ โดยในการทดสอบโปรแกรมบนเครื่อง Server นี้ จะมีการทดสอบแต่ละส่วนดังนี้

4.5.1 ส่วนของการลงชื่อเข้าใช้งาน

ในการเริ่มต้นการเข้าใช้งานโปรแกรมระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านี้ จำเป็นจะต้องมีการลงชื่อเข้าใช้งานก่อน (Sign in) โดยจะมีการใส่ทั้งในส่วนของ Username และ Password ซึ่งในการทดลองส่วนของการลงชื่อเข้าใช้งานนี้ก็ได้มีการทดสอบโดยการป้อนข้อมูลของ Username และ Password ซึ่งการจะเข้าใช้งานได้นั้นต้องใส่ Username และ Password ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลเท่านั้น

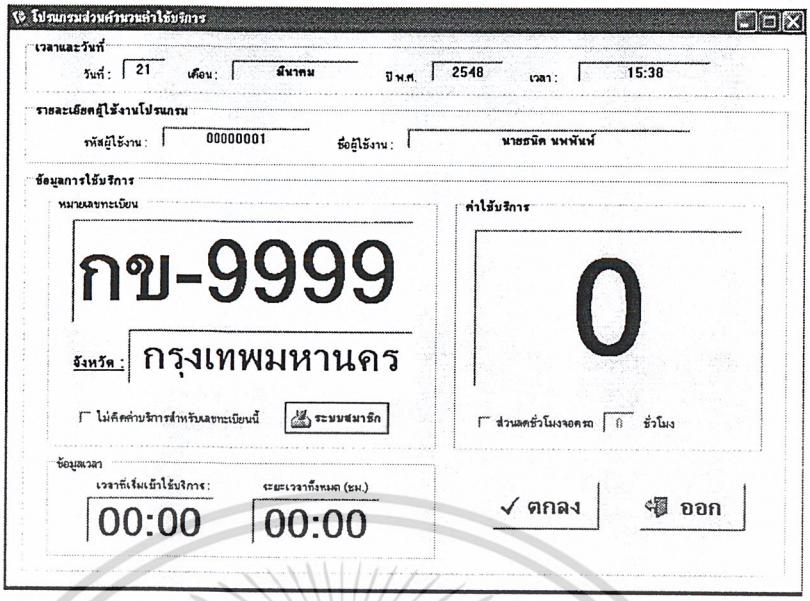


รูปที่ 4-9 หน้าจอในส่วนของการลงชื่อเข้าใช้งาน

4.5.2 ส่วนของฟังก์ชันคิดค่าบริการ

ในส่วนของฟังก์ชันคิดค่าบริการนั้น ส่วนของการทำงานนั้นผู้ใช้จะทำการป้อนค่าของหมายเลขทะเบียนรถ ซึ่งจะถูกจัดเก็บพร้อมกับเวลาที่เข้าใช้งานลงฐานข้อมูล และในขั้นตอนการทดสอบ ก็จะทำการป้อนค่าข้อมูลตัวอย่างของเลขทะเบียนรถ ซึ่งหลังจากทำการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลแล้วโปรแกรมก็จะแจ้งให้ทราบ และหากว่าเป็นการป้อนข้อมูลทะเบียนรถในทางออก โปรแกรมก็จะคำนวณค่าบริการแล้วแสดงผลค่าบริการให้ทราบ

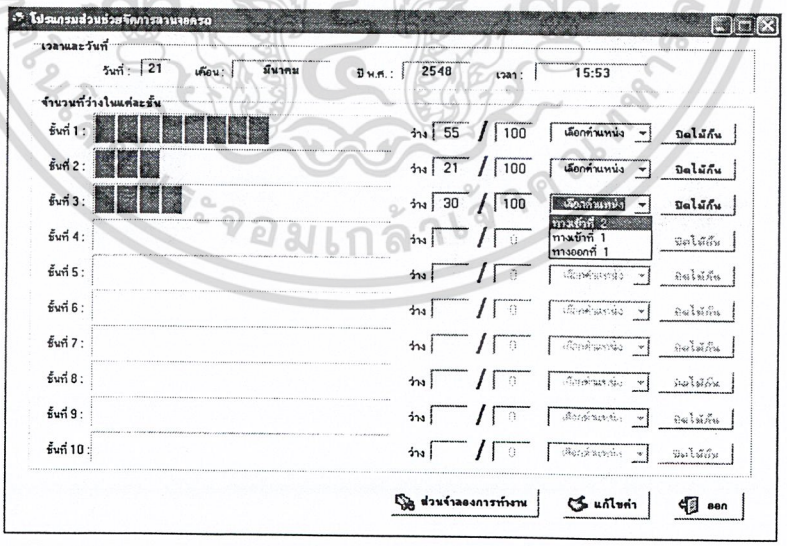
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-10 ภาพแสดงฟังก์ชันคิดค่าบริการ

4.5.3 ส่วนของฟังก์ชันควบคุมการทำงานของระบบ

ในส่วนของฟังก์ชันควบคุมการทำงานของระบบนั้น การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มจากเครื่อง Server ส่งสัญญาณไปถามที่อุปกรณ์ Client แต่ละตัวว่ามีรถผ่านไปกี่คันแล้ว จากนั้นนำค่าข้อมูลที่ได้รับมาทำการคำนวณหาจำนวนที่ว่างในแต่ละชั้นและส่งค่าออกมาที่อุปกรณ์แสดงผลต่อไป โดยการทำงานจะเป็นลูปวนไปในลักษณะดังกล่าวนี้



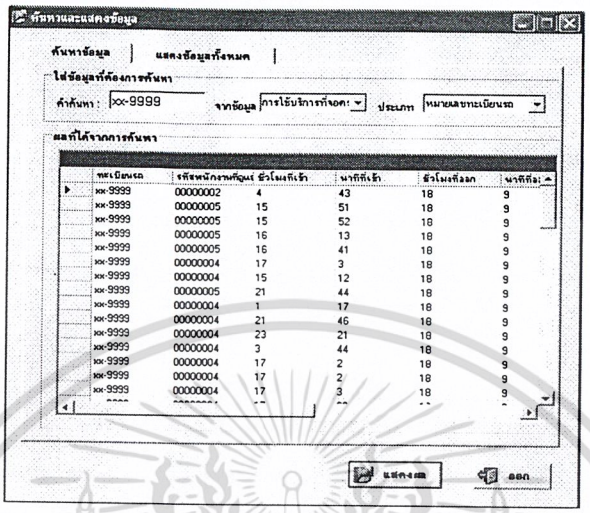
รูปที่ 4-11 ภาพแสดงฟังก์ชันควบคุมการทำงานของระบบ

4.5.4 ส่วนของฟังก์ชันการค้นหาข้อมูล

ในส่วนของฟังก์ชันการค้นหาข้อมูลนั้น เป็นการค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานระบบช่วยจัดการลานจอดรถในห้างสรรพสินค้าจากฐานข้อมูลที่มีอยู่ อาทิเช่น ค้นหาข้อมูลผู้ใช้งานระบบ , ค้นหาหมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

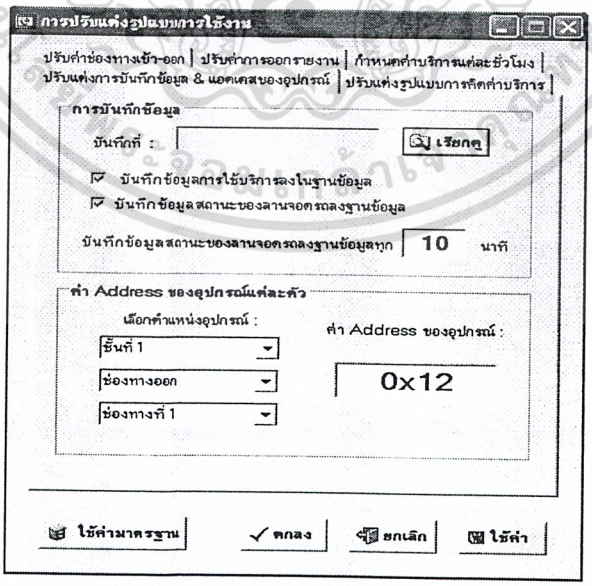
ทะเบียนรถที่เข้ามาใช้งาน เป็นต้น ซึ่งจะทำการทดลองโดยใส่ค่าการค้นหาที่ไม่มีลงไปในช่องที่ให้กรอกเพื่อการค้นหา ก็จะต้องไม่มีข้อมูลดังกล่าวขึ้นมา



รูปที่ 4-12 ภาพแสดงฟังก์ชันการค้นหาข้อมูล

4.5.5 ส่วนของฟังก์ชันการปรับแต่งค่าโปรแกรม

ในส่วนของฟังก์ชันการปรับแต่งค่าโปรแกรมนี้ เป็นฟังก์ชันการทำงานพิเศษที่ให้ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถปรับแต่งโปรแกรมเพื่อการใช้งานระบบที่เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งจะทำการทดสอบโดยเปลี่ยนแปลงค่าแล้วลองเข้าไปใช้งานอีกครั้ง

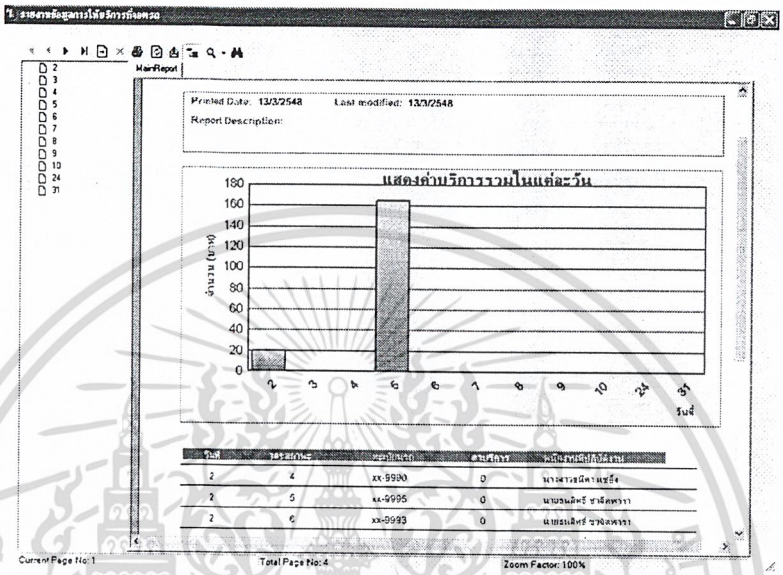


รูปที่ 4-13 ภาพแสดงฟังก์ชันการปรับแต่งค่าโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.6 ส่วนของฟังก์ชันการออกรายงาน

ในส่วนของฟังก์ชันการออกรายงานนี้ เป็นฟังก์ชันที่มีไว้เพื่อการออกรายงานทั้งหมด โดยรายงานที่จะเลือกออกรายงานนั้นอาทิเช่น รายงานการเข้าใช้งานโปรแกรม , รายงานรายได้จากรายรับค่าใช้บริการที่จอดรถ เป็นต้น ซึ่งสามารถเลือกช่วงเวลาที่ต้องการทำการออกรายงานได้



รูปที่ 4-14 ภาพแสดงฟังก์ชันการออกรายงาน

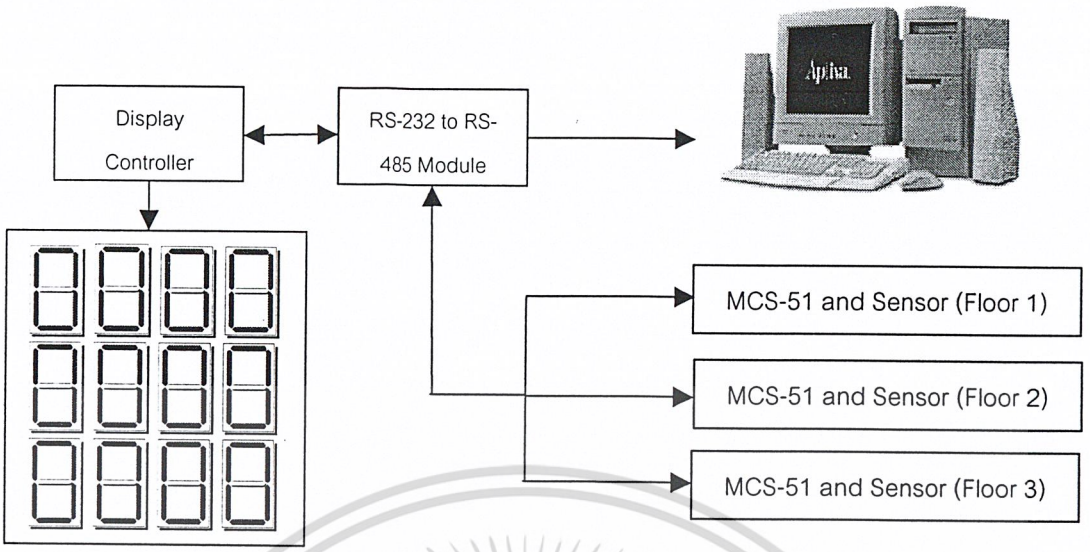
4.5.7 ส่วนของฟังก์ชันระบบเพื่อผู้บริหาร (MIS)

ในส่วนของฟังก์ชันระบบเพื่อผู้บริหาร (MIS) เป็นฟังก์ชันที่มีไว้เพื่อการออกรายงานบางส่วนที่มีความจำเป็นและเป็นประโยชน์สำหรับผู้บริหารในการใช้เพื่อการบริหารจัดการ โดยรายงานที่จะเลือกออกรายงานนั้นอาทิเช่น รายงานพนักงานที่ทำงานมากที่สุด, รายงานรายได้จากรายรับค่าใช้บริการที่จอดรถ เป็นต้น ซึ่งสามารถที่จะเลือกช่วงเวลาที่ต้องการทำการออกรายงานได้

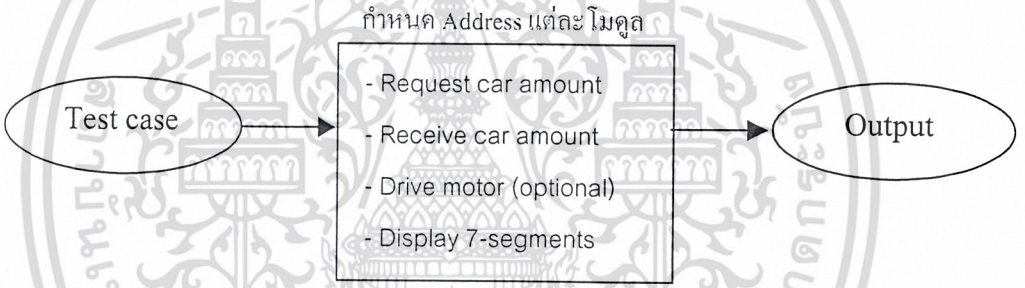
4.6 การทดสอบการทำงานของระบบรวมทั้งหมด

เมื่อได้ทำการทดสอบแต่ละส่วนย่อยของระบบแล้ว ในขั้นตอนสุดท้ายนี้ก็จะเป็นการนำเอาระบบรวมทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกัน ได้แก่ โมดูลอุปกรณ์ Client ซึ่งมีทั้ง Sensor และส่วนควบคุมมอเตอร์ประกอบอยู่, อุปกรณ์ส่วนควบคุมการแสดงผล 7-Segments โดยควบคุมการทำงานจากโปรแกรมที่รันอยู่บนเครื่อง Server แล้วทำการทดสอบรวมทั้งระบบตาม Test Case ที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบรวมทั้งหมด



รูปที่ 4-16 แสดงวิธีการทดสอบการทำงานของระบบรวมทั้งหมด

ผลการทดสอบ : การทดสอบการการทำงานของระบบรวมทั้งหมด

หลังจากที่เราทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกส่วนของระบบรวมกันทั้งหมดแล้ว ก็ได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบโดยเริ่มจากการทดลองรันโปรแกรมบนเครื่อง Server ขึ้นมา จากนั้นทดลองนำรถจำลองวิ่งผ่าน Sensor สักครู่เลขจำนวนชั้นที่แสดงที่ 7-Segments ก็จะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่าตำแหน่งของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตัวนั้นถูกติดตั้งไว้อยู่ที่ใด

4.7 การทดสอบการทำงานของวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ

จากการที่ได้มีการเลือกใช้อินฟราเรดเซ็นเซอร์เพื่อที่จะนำมาใช้งานตรวจสอบว่าวัตถุที่ผ่านไปนั้นเป็นรถยนต์หรือไม่ และในการเลือกใช้อินฟราเรดเซ็นเซอร์นี้จะต้องมีการติดตัวเซ็นเซอร์ไว้ที่ละ 3 จุด โดยที่จะมีรูปแบบในการติดตั้งเซ็นเซอร์ตามรูปแบบของวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ ดังรูปที่ 3-31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการที่จะเลือกเอาวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษนี้มาใช้งานนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบการทำงานว่า วิธีการติดตั้งแบบนี้สามารถทำงานโดยสามารถที่จะระบุได้ว่ามีรถยนต์ผ่านไปหรือไม่ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในการทดลองนี้ ได้ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ แต่ละจุด ดังรูปที่ 4-17

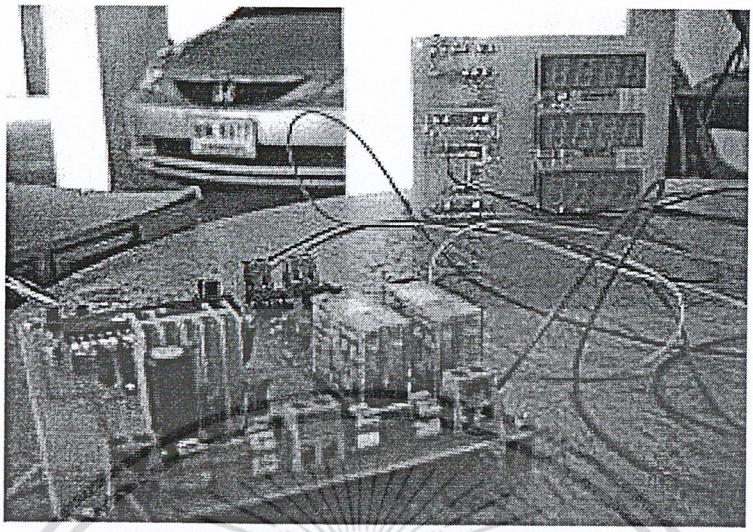
รูปที่ 4-17 แสดงตำแหน่งในการติดตั้งเซ็นเซอร์แต่ละจุดของวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ

เมื่อทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ตามจุดต่างๆ ตามวิธีการของการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษแล้ว ในการทำการทดลองนั้น ก็ได้มีการใช้วัตถุต่างๆเข้ามาวิ่งผ่าน จุดที่ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ ซึ่งวัตถุที่ได้เลือกมาเพื่อทำการทดลองมีดังนี้

- รถปิคอัพ , รถเก๋ง
- รถจักรยานยนต์ , รถจักรยาน
- คนเดินผ่าน , กลุ่มคนเดินผ่าน

โดยในกระบวนการของการทดลองนั้นก็ได้ให้วัตถุผ่านจุดที่ติดเซ็นเซอร์ไว้ ซึ่งในการทำงานจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานซึ่งจะต่ออยู่กับเซ็นเซอร์แต่ละตัว และเมื่อได้รับค่าสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงจากเซ็นเซอร์แต่ละตัวแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะนำเอาสัญญาณเหล่านี้มาทำการประมวลผลเพื่อหาว่าวัตถุที่ผ่านไปนั้นเป็นรถยนต์หรือไม่ ซึ่งหากเป็นรถยนต์ก็จะแสดงผลด้วยการสั่งให้ LED ติด ซึ่งก็จะทำการคงสถานะนั้นเพื่อรอการกด switch ให้ LED ดับ และทำการแสดงผลจำนวนที่ว่างด้วย 7-Segments โดยจะแสดงผลเป็นค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อสามารถตรวจสอบได้ว่าวัตถุที่ผ่านไปนั้นเป็นรถยนต์ ซึ่งสามารถดูได้ในรูปที่ 4-18 นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-18 แสดงส่วนที่ทำการประมวลผล และทำการแสดงผลในการทดสอบการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ

ผลการทดสอบ : การทดสอบการการทำงานของระบบรวมทั้งหมด

ในการทดลองนำเอาวัตถุผ่านจุดที่ติดตั้งเซ็นเซอร์นั้น เมื่อเสร็จแต่ละวัตถุแล้วก็จะมีการบันทึกค่าไว้ว่าสามารถที่จะตรวจสอบได้อย่างถูกต้องหรือไม่ โดยสามารถแสดงผลของการทดสอบได้ในรูปแบบของตาราง ดังตารางที่ 4 – 1

ชนิดของวัตถุที่ผ่าน	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้ถูก	% ความถูกต้อง
- รถปิคอัพ	10	8	80 %
- รถเก๋ง	10	9	90 %
- รถจักรยานยนต์	10	9	90 %
- รถจักรยาน	10	10	100 %
- คนเดิน(คนเดียว)	10	10	100 %
- คนเดิน(เป็นกลุ่ม)	10	10	100 %

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการทำงานของการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษ

จากข้อมูลของตารางแสดงผลการทดสอบนั้น จะเห็นได้ว่า การตรวจสอบรถยนต์ที่ผ่านเข้ามาโดยวิธีการติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพิเศษนี้ ยังคงมีข้อผิดพลาดในการตรวจจับอยู่บ้าง ซึ่งคิดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์จากจำนวนรถยนต์ที่นำมาใช้ตรวจสอบทั้งหมด

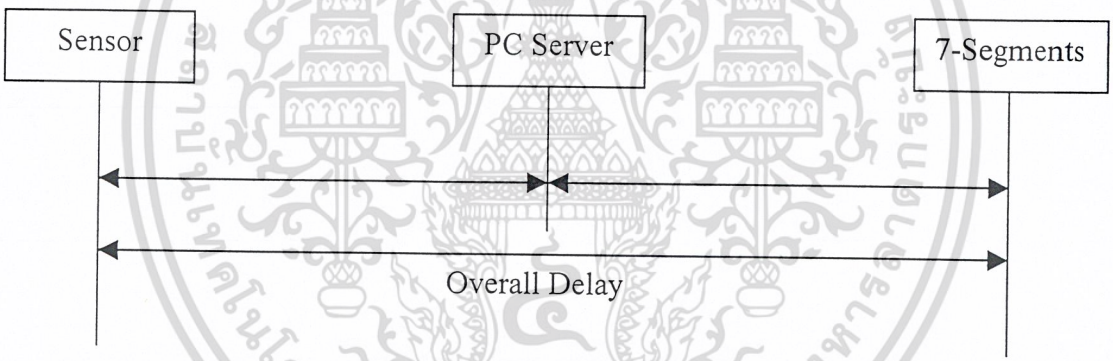
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุของความผิดพลาดในการตรวจจับรถยนต์นั้น น่าจะเป็นในเรื่องของการที่รถแต่ละคันเข้ามาด้วยความเร็วไม่เท่ากัน เพราะในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้การตรวจสอบโดยการใช้ค่า Delay เฉลี่ย ของระยะจากช่วงล้อหน้า ถึงช่วงล้อหลัง ซึ่งเมื่อรถยนต์แต่ละคันเข้ามาด้วยความเร็วที่ต่างกัน ดังนั้นในบางครั้งการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเกิดความผิดพลาดขึ้น

4.8 การทดสอบการทำงานของระบบในเชิงปัญหา Delay time

ในการทำงานของระบบช่วยจัดการลาดจอดรถของห้างสรรพสินค้านั้น มีการใช้อุปกรณ์หลายอย่างเพื่อทำหน้าที่แต่ละส่วน ซึ่งเมื่อมีการใช้อุปกรณ์หลายๆอย่างมาทำงานร่วมกันนั้น ก็อาจจะเกิด Delay ขึ้นในระบบได้ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการคำนวณเพื่อจะได้รู้ว่าค่า Delay นี้จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบมากน้อยเพียงใด

ในการทดลองนั้นจะเป็นการวัดค่า Delay ที่เกิดขึ้นเริ่มตั้งแต่ในขณะที่เซ็นเซอร์ทำการตรวจจับรถยนต์ได้ จนถึงขณะที่ 7 – Segments มีการเปลี่ยนแปลงค่าสถานะของชั้นนั้นๆ ซึ่งค่า Delay นี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุปกรณ์โมดูล Client เข้าไปในระบบมากขึ้น



รูปที่ 4.19 แสดงระยะเวลา Delay ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ผลการทดสอบ : การทดสอบการการทำงานของระบบในเชิงปัญหา Delay time

จากผลการทดสอบวัดค่า Delay time ของระบบ โดยในครั้งแรกใช้วงจรโมดูล Client เพียงชุดเดียว ค่า Delay ที่เกิดขึ้นมีค่า ประมาณ 0.15 วินาที (เป็นการวัดค่าโดยใช้โปรแกรม VB.NET)

จากนั้นทำการเพิ่มอุปกรณ์โมดูล Client เข้าไปทีละตัว แล้ววัดค่า Delay ที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งได้ผลว่า ในการเพิ่มอุปกรณ์โมดูล Client เข้าไปในระบบ 1 ชุดนั้น ค่า Delay ที่เกิดขึ้น จะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาน 0.15 วินาที

จากผลการทดลองที่ได้นั้นแสดงให้เห็นว่า ยิ่งจำนวนช่องทางเข้าออกที่จะทำการติดอุปกรณ์ตรวจจับไว้มีมากขึ้นเท่าไหร่ ก็ย่อมทำให้ระบบทำงานได้ช้าลงไปด้วยมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งวิธีการแก้ไขนั้นอาจทำได้โดยการ Optimize code ของโปรแกรมให้ทำงานได้เร็วขึ้น และอาจจะเลือกส่งข้อมูลที่ความเร็วที่สูงกว่า 9600 bps แต่ก็อาจจะมีปัญหาตามมาในเรื่องของการรองรับของอุปกรณ์รับส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์ และ สรุปผล

5.1 สรุปผลที่ได้จากการดำเนินงาน

โครงงานนี้เป็นการออกแบบระบบที่จอดรถอัตโนมัติ ซึ่งจะออกแบบและทดสอบระบบเบื้องต้น โดยจะเน้นการทำงานที่สัมพันธ์กันทั้งระบบซึ่งทั้งในส่วนของอุปกรณ์ Hardware และ ส่วนของโปรแกรม Software นั้นจะต้องทำงานร่วมกันได้อย่างไม่มีข้อผิดพลาด ซึ่งในที่สุดแล้วระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าจะสามารถทำงานได้ดังนี้

5.1.1 ในส่วนของ Hardware

1. ในการทำงานของระหว่างอุปกรณ์จะเป็นในลักษณะของการสื่อสารแบบ Client-Server โดยการรับส่งข้อมูลระหว่าง server กับ client สามารถที่จะส่งได้อย่างถูกต้อง

2. อุปกรณ์ Sensor สามารถที่จะตรวจจับรถยนต์ที่เข้ามายังลานจอดรถได้

3. อุปกรณ์ Client สามารถที่จะทำคำตามสั่งต่างๆที่มาจากเครื่อง Server ได้อย่างถูกต้อง เช่น การขับมอเตอร์ การเคลียร์ค่าจำนวนรถ

4. อุปกรณ์ควบคุมชุดแสดงผล 7-Segments สามารถทำการแสดงค่าของจำนวนที่ว่างในแต่ละชั้นออกมาได้อย่างถูกต้อง

5.1.2 ในส่วนของ Software

1. ที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหลักในระบบจะมีโปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาด้วยภาษา Visual Basic .NET เพื่อจะทำแสดงและการบันทึกค่าของปริมาณรถในแต่ละชั้นในช่วงเวลาต่างๆ เอาไว้ โดยในการเข้าใช้งานจะต้องมีการ Login ก่อนด้วยการใส่หมายเลขผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน นอกจากนี้โปรแกรมดังกล่าว ยังสามารถใช้เพื่อคำนวณหาระยะเวลาที่จอดของรถยนต์แต่ละคันเพื่อนำมาคำนวณค่าใช้บริการตามระยะเวลาที่จอด ซึ่งสามารถแก้ไขเงื่อนไขของค่าบริการ และอัตราค่าใช้บริการต่อชั่วโมงได้เพื่อให้สามารถนำระบบดังกล่าวนี้ไปประยุกต์ใช้กับอาคารจอดรถอื่นๆ

2. โปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า จะสามารถถูกปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขค่าบางส่วนเพื่อให้การใช้งานมีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยการแก้ไขค่าของการใช้งานนี้ จะถูกแก้ไขได้โดยผู้ใช้ที่มีสิทธิเท่านั้น ตามหลักการของการกำหนดสิทธิในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคน

3. นอกจากนี้โปรแกรมช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้า ยังมีส่วนของการค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล โดยที่ผู้ใช้จะสามารถเลือกค้นหาได้จากกลุ่มคำต่างๆได้แก่ หมายเลขผู้ใช้งาน วันที่ใช้งาน ทะเบียนรถ และข้อมูลที่จัดเก็บอื่นๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการเรียกดูข้อมูลการใช้บริการได้ภายหลัง

4. มีฟังก์ชันการออกรายงาน โดยจะเป็นการแสดงรายละเอียดของข้อมูลต่างๆ ที่ถูกจัดเก็บไว้ในระบบ โดยสามารถเลือกออกรายงานเป็นรายงานทั้งหมด หรือเป็นรายงานเฉพาะสำหรับผู้บริหารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน

ในการจัดทำระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านี้ พบปัญหาและอุปสรรคในบางส่วนของขั้นตอนการทำงาน ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการหาข้อมูล วิเคราะห์ปัญหา และทำการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยปัญหาที่พบ มีดังต่อไปนี้

5.2.1 ปัญหาการรบกวนจากแสงภายนอก

ในส่วนของอุปกรณ์ Sensor ตัวตรวจจับ จากการที่ได้เลือกใช้ Infrared Sensor นั้นเกิดปัญหาเนื่องจาก มีแสงจากสภาพแวดล้อมภายนอกเข้ามารบกวนการรับ – ส่งข้อมูลของ Infrared Sensor ทำให้อุปกรณ์ตรวจจับรับข้อมูลได้บ้าง ไม่ได้บ้าง

วิธีแก้ปัญหา จากปัญหาดังกล่าว สามารถแก้ไขได้โดยติดตั้งค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ลงไป และในการนำไปใช้งาน จะต้องมีการปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ ให้เหมาะกับแต่ละสภาพแวด ล้อมทางแสงของแต่ละสถานที่ ที่จะนำเอาอุปกรณ์ไปติดตั้ง

นอกจากนี้ ในส่วนของอุปกรณ์ Sensor นั้น การที่ตัว Photo Transistor นั้นถูกรบกวนจากแสงภายนอก ดังนั้น จึงได้มีการนำท่อสีดำหรือกระดาษสีดำม้วนเป็นทรงกระบอกคลอบตัว Photo transistor ไว้ เพื่อให้ลำแสงเข้าโดยตรงที่ Photo transistor ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความไวให้กับวงจรและเป็นการป้องกันแสงรบกวนด้านข้างอีกด้วย

5.2.2 ปัญหาพลังงานไฟสำหรับมอเตอร์ไม่พอ

ในส่วนของการขับมอเตอร์ถ้าใช้ไฟจากแหล่งจ่ายเดียวกันหมด คือที่ผ่าน Regulator มา เมื่อมอเตอร์ทำงานจะดึงกระแสจากแหล่งจ่ายมาก ซึ่งทำให้ Transistor หยุดทำงาน และจะทำให้มอเตอร์หยุดทำงานไปด้วย

วิธีแก้ปัญหา จากปัญหาดังกล่าวนี้ สามารถแก้ไขได้โดยการต่อแหล่งจ่ายให้กับมอเตอร์แยกกับส่วนอื่นของวงจรดังจะเห็นได้ว่าส่วนของการแสดงผลด้วย 7-Segments และส่วนการทำงานของ อุปกรณ์ Motor นั้นจะมีการจ่ายพลังงานจากคนละแหล่งจ่าย ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการต่อ สายสัญญาณ ground เชื่อต่อกันระหว่างแต่ละ อุปกรณ์ด้วย

5.2.3 ปัญหาสัญญาณรบกวนภายในสายส่งสัญญาณ

ในส่วนของการส่งข้อมูลติดต่อสื่อสารกันระหว่างโมดูลอุปกรณ์ Client แต่ละตัวกับเครื่อง Server นั้นจะมี noise รบกวน ในสายส่งบางส่วน ซึ่งทำให้ได้รับค่าข้อมูลผิดพลาดในบางครั้ง

วิธีแก้ปัญหา จากปัญหาดังกล่าว จึงต้องมีการแก้ไขโดยใช้วิธีการ ต่อตัวต้านทานคร่อมระหว่างขา A กับ B ทั้งในฝั่งของส่วนส่งข้อมูลทั้งจากเครื่อง Server และจากโมดูลอุปกรณ์ Client ตัวที่อยู่ปลายสาย

5.2.4 ปัญหาความผิดพลาดในการตรวจสอบรถยนต์ของเซ็นเซอร์

สาเหตุของความผิดพลาดในการตรวจจับรถยนต์นั้น น่าจะเป็นในเรื่องของการที่รถแต่ละคันเข้ามาด้วยความเร็วไม่เท่ากัน เพราะในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้การตรวจสอบโดยการใช้ค่า Delay เฉลี่ย ของระยะจากช่วงล้อหน้า ถึงช่วงล้อหลัง ซึ่งเมื่อรถยนต์แต่ละคันเข้ามาด้วยความเร็วที่ต่างกัน ดังนั้นในบางครั้งการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเกิดความผิดพลาดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการแก้ปัญหา จากปัญหาที่พบดังกล่าวนั้น ในการแก้ไขนั้นสามารถทำได้มีการคำนวณระยะของช่วงเวลา Delay ให้เป็นมาตรฐาน และนอกจากนี้ยังควรให้มีการควบคุมความเร็วของรถในการเข้าสู่จุดที่จะใช้ตรวจจับรถยนต์ โดยในการนำไปใช้งานจริงตามห้างสรรพสินค้าอาจทำได้โดยการใช้การสร้างเนินลูกระนาด เพื่อลดความเร็วของรถก่อนที่จะเข้าสู่จุดที่จะใช้ตรวจสอบ

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

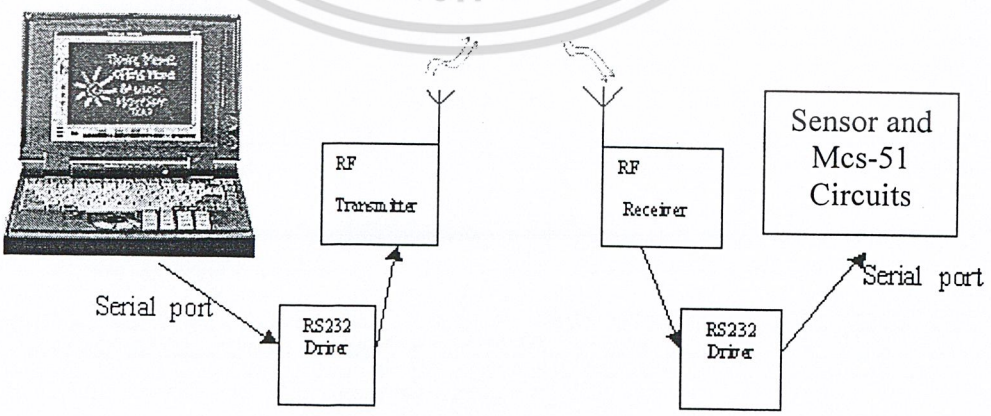
ในการจัดทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "ระบบช่วยจัดการลานจอดรถในห้างสรรพสินค้า" นี้ ในบางเรื่องมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถทำการทดลองและนำมาใช้งานได้ ด้วยความขัดข้องบางประการ ดังนั้นผู้จัดทำจึงขอเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาต่อเพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้สนใจนำไปใช้เพื่อเพิ่มความสามารถการทำงานของระบบให้ดียิ่งขึ้นได้

5.3.1 การสื่อสารข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์

ในการใช้งานของระบบช่วยจัดการลานจอดรถในห้างสรรพสินค้านั้น จะต้องมีการติดเซ็นเซอร์ไว้ที่ทุกๆ จุดเข้า – ออก ของแต่ละชั้น และจะต้องมีการติดต่อกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ดูแลเซ็นเซอร์แต่ละตัวกับเครื่องคอมพิวเตอร์หลักที่ใช้ในการประมวลผล ซึ่งจากการสำรวจพบว่าห้างสรรพสินค้าบางแห่ง มีจุดเข้า – ออก อยู่ห่างกันมาก นอกจากนี้ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เจริญมากขึ้นทำให้มีวิธีในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ห่างกันอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียและความเหมาะสมในรูปแบบของงานแตกต่างกันไป ซึ่งแนวทางในการพัฒนาต่อในเรื่องการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์นี้ เราอาจจะเลือกพัฒนาระบบโดยใช้วิธีการสื่อสารข้อมูลดังต่อไปนี้ได้

5.3.1.1 การสื่อสารด้วยอุปกรณ์คลื่นวิทยุ (RF Module)

วิธีนี้จะใช้คลื่นวิทยุเป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสารข้อมูล ซึ่งทำให้ไม่ต้องทำการเดินสาย โดยจะใช้อุปกรณ์ตัวส่งคลื่นวิทยุและอุปกรณ์ตัวรับคลื่นวิทยุติดอยู่ประจำจุดต่างๆ และเป็นตัวทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลกัน โดยในการใช้งานจะมีการเชื่อมต่อกันในลักษณะดังนี้



รูปที่ 5-1 การติดต่อสื่อสารด้วยอุปกรณ์คลื่นวิทยุ

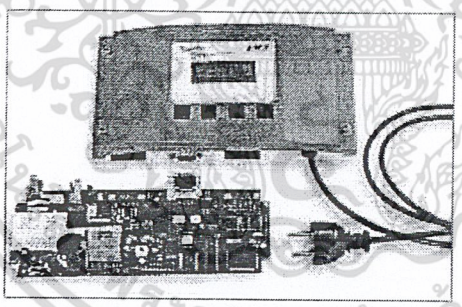
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานเริ่มจากการส่งข้อมูลจาก Serial port ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ไปยัง RS 232 Driver ซึ่งสัญญาณจะถูกปรับแรงดันไฟฟ้าแล้วจะส่งต่อไปยังวงจร RF Transmitter เมื่อได้แล้ว RF Transmitter จะทำการส่งข้อมูลให้อยู่ในรูปคลื่นวิทยุไปยัง RF Receiver ซึ่งเป็นเครื่องรับ จากนั้น RF Receiver จะรับสัญญาณแล้วจะแปลงสัญญาณวิทยุให้อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งต่อไปยัง RS -232 Driver แล้วสุดท้ายจึงส่งต่อไปยังชุดอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

5.3.1.2 การสื่อสารผ่านทางสายสัญญาณไฟฟ้า (Power Line Carrier Communication)

การในการสื่อสารข้อมูลโดยการใช้สายสัญญาณตามวิธีการในข้อแรก มีอุปสรรคสำคัญข้อหนึ่งคือการติดตั้งสายสัญญาณเพื่อใช้ในการส่งข้อมูล ซึ่งเป็นการยากมากที่จะวางสายสัญญาณใหม่ทั้งอาคาร อีกทั้งยังสิ้นเปลืองงบประมาณ ดังนั้น ในบางครั้ง การวางสายสัญญาณใหม่เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลโดยเฉพาะจึงเป็นเรื่องที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติในบางอาคาร

การสื่อสารผ่านทางสายไฟฟ้า (Power-Line Carrier - PLC) เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยแก้ปัญหาการเดินสายเคเบิล เนื่องจากในอาคารทุกแห่ง จะมีสายไฟฟ้าติดตั้งอยู่ตั้งแต่แรกแล้ว การทำให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถติดต่อกันได้โดยผ่านทางสายไฟฟ้า จะทำให้ตัดปัญหาการที่ต้องติดตั้งสายสัญญาณเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลเฉพาะระบบได้



รูปที่ 5-2 PLC Modules

5.3.2 การใช้ "Image Processing" เพื่อรับค่าหมายเลขทะเบียนรถ

ในการใช้ระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านี้ เมื่อผู้ใช้บริการเข้ามาแล้ว จะมีการบันทึกหมายเลขทะเบียนของรถที่เข้ามาใช้บริการไว้ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีพนักงานกรอกข้อมูลซึ่งในบางครั้งข้อมูลที่ได้อาจจะเกิดความผิดพลาดจากตัวบุคคลขึ้นได้ นอกจากนี้ค่าจ้างแรงงานในปัจจุบันเพิ่มขึ้นดังนั้นอาจเป็นการไม่คุ้มค่าหากต้องจ้างพนักงานเพื่อทำหน้าที่นี้ ดังนั้นหนทางในการปรับปรุงและพัฒนาระบบทางหนึ่งคือการใช้ "Image Processing" เพื่อใช้ช่วยรับ Input ของหมายเลขทะเบียนรถ ทั้งจากทางเข้าและทางออก แล้วแปลงค่าเพื่อจัดเก็บข้อมูลเป็นตัวอักษร เพื่อนำไปใช้งานต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 การเลือกใช้ Sensor ชนิดอื่น

ในการทำงานของระบบช่วยจัดการลานจอดรถของห้างสรรพสินค้านั้น ส่วนที่เป็นปัจจัยสำคัญที่สุกส่วนหนึ่งได้แก่ อุปกรณ์ Sensor ที่ประกอบอยู่กับอุปกรณ์ Client แต่ละตัวเพื่อที่จะตรวจสอบการผ่านไปของรถยนต์ในแต่ละจุด ซึ่งในการจัดทำระบบช่วยจัดการลานจอดรุของห้างสรรพสินค้านี้ได้เลือกใช้ Infrared sensor ซึ่งยังมีข้อเสียอยู่บ้างในเรื่องของแสงรบกวน ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาต่อไปทางหนึ่งคือ การเลือกใช้ Sensor ชนิดอื่นที่ให้ความเที่ยงตรงในการตรวจจับรถยนต์มากกว่า แต่ก็อาจจะต้องแลกมาด้วยราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช" , บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด , กรุงเทพฯ ,หน้า 214.

[2] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , "คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์" , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , กรุงเทพฯ , 2538 , หน้า 125-128.

[3] ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด , "ไมโครโปรเซสเซอร์2" , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , กรุงเทพฯ , 2539 ,หน้า 169.

[4] ธีรวัฒน์ ประกอบผล , "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์" , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , บริษัทแซทโฟร์ พริ้นติ้ง จำกัด , กรุงเทพฯ 2541 , หน้า 77-89

[5] Microcontroller 8051

http://www.semiconductors.philips.com/acrobat/datasheets/89C51_89C52_89C54_89C58_10.pdf

[6] Sensor

- Load cell : http://800loadcel.com/esp/esp-load-cell.htm
- LASER : http://www.lasermate.com/T15FXYZWM.html

http://www.arrowscales.com/loadcells.htm

- LDR : http://intania.kku.ac.th/projects/2003/COE2003-03/build01_2.html
- Infrared : http://plan.cs.drexel.edu/projects/legorobots/hardware/sensors/ir.html

http://www.reconnsworld.com/ir_ultrasonic_555timer40khzir.html

http://www.discovercircuits.com/I/infrared.htm

[7] Communication Method

- RF Module : http://www.glolab.com/tm1modules/tm1rm1.pdf

http://www.aerocomm.com/Main/matrix.htm

http://www.sss-mag.com/rfsales.html

- PLC : http://www.nectec.or.th/rd/telecom/bt305-45/bt305-45.php

http://www.gaiam.com/retail/product.asp?product_id=27859

[8] RS-485/RS-422

http://www.quatech.com/support/comm-over-rs-422.php

http://industrial.se-ed.com/itr115/itr115_128.asp

http://board.dserver.org/A/ADISAK51/00000484.html

http://www.automation-solution.com/article_files/ConNet.htm

http://www.parallax.com/dl/docs/prod/appkit/rs485Communication.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้