แอพพลิเคชั่นสำหรับการระบุตำแหน่งของลูกค้าภายในห้างสรรพสินค้า ด้วย VLC

APPLICATION OF LOCATION FINDING OF CUSTOMER IN DEPARTMENT STORE USING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION

พัชร ลิมปิสุข
PATCHARA LIMPISUK

ภูมินันท์ พรหมมาก
PUMINAN PROMMARK

อลิสา เลิศดิษยวรรณ
ALISA LERTDISAYAWAN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

แอพพลิเคชั่นสำหรับการระบุตำแหน่งของลูกค้าภายในห้างสรรพสินค้า ด้วย VLC

APPLICATION OF LOCATION FINDING OF CUSTOMER IN DEPARTMENT STORE USING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION

พัชร ลิมปิสุข
PATCHARA LIMPISUK

ภูมินันท์ พรหมมาก
PUMINAN PROMMARK

อลิสา เลิศดิษยวรรณ
ALISA LERTDISAYAWAN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION OF LOCATION FINDING OF CUSTOMER IN DEPARTMENT STORE USING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION

PATCHARA LIMPISUK

PUMINAN PROMMARK

ALISA LERTDISAYAWAN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	แอพพลิเคชั่นสำหรับการระบุตำแหน่งของลูกค้าภายในห้างสรรพสินค้าด้วย VLC
รายชื่อนักศึกษา	นายพัชร ลิมปิสุข รหัสนักศึกษา 53011084
	นายภูมินันท์ พรหมมาก รหัสนักศึกษา 53011275
	นางสาวอลิสา เลิศดิษยวรรณ รหัสนักศึกษา 53011902
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

....

(ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	แอพพลิเคชั่นสำหรับการระบุตำแหน่งของลูกค้าภายในห้างสรรพสินค้าด้วย VLC	
รายชื่อนักศึกษา	นายพัชร ลิมปิสุข	รหัสนักศึกษา 53011084
	นายภูมินันท์ พรหมมาก	รหัสนักศึกษา 53011275
	นางสาวอลิสา เลิศดิษยวรรณ	รหัสนักศึกษา 53011902
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่มองเห็นได้มาประยุกต์ใช้งานจริง โดยนำมาประยุกต์ใช้ภายในห้างสรรพสินค้าสำหรับการระบุตำแหน่งของลูกค้าและแสดงโปรโมชั่นของสินค้า ณ ตำแหน่งนั้นๆ ดำเนินการโดย ภาคส่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการส่งข้อมูลระบุตำแหน่งแก่หลอดแอลอีดี ด้วยการผสมสัญญาณข้อมูลระบุตำแหน่งกับสัญญาณเชิงแสงแบบ ออน-ออฟคีย์อิ้ง และในส่วนภาครับจะใช้โฟโต้ไดโอดในการตรวจจับข้อมูลแสง และส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อแปลงสัญญาณแสงกลับเป็นข้อมูลระบุตำแหน่ง จากนั้นส่งข้อมูลที่ได้ผ่านไปยังเซิร์ฟเวอร์ เพื่อดึงข้อมูลโปรโมชั่นสินค้าจากฐานข้อมูลมาแสดงผล จากผลการทดลองสามารถแสดงข้อมูลตำแหน่งลูกค้าและแจ้งโปรโมชั่นสินค้าได้ในระยะห่างระหว่างหลอดไฟแอลอีดีถึงอุปกรณ์ภาครับสัญญาณไม่เกิน 210 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Application of Location Finding of Customer in Department Store using Visible Light Communication
Student	Mr. Patchara Limpisuk Student ID. 53011084
	Mr. Puminan Prommark Student ID. 53011275
	Miss Alisa Lertdisayawan Student ID. 53011902
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2013
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Panarat Cherntanomwong

ABSTRACT

Visible Light Communication (VLC) Technology can be applied to identify position of people or objects. For this thesis, VLC is used to identify the position of customers and show product promotion in the department store. In this system, signal data is transmitted via LED by microcontroller that assigns ID to each LED and controls transmitted signal data of LED with On-off keying Modulation (OOK). Then, signal is detected by photodiode and passed through microcontroller for converting light signal to ID. Finally, ID is sent to server to select promotion from database to demonstrate its result. From the experiment, this system can get ID and show product promotion for distance between LED spotlight to receiver limit at 210 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีหากปราศจากบุคคลที่คอยช่วยเหลือชี้แนะและสนับสนุนดังต่อไปนี้

ผู้จัดทำขอขอบขอบคุณ ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่คอยให้คำปรึกษา คอยตรวจทานโครงงานและชี้จุดบกพร่องที่ควรแก้ไข รวมทั้งให้กำลังใจตลอดการทำโครงงานชิ้นนี้

ขอขอบคุณ ผศ.อรลาภ เหลืองอรุณ ที่คอยให้ความรู้และช่วยเหลือที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณ นายกฤษณ์ ศรีวิลาศ นายณัฐพล นาคราช นายธนพงษ์ ชื่นอุระจิตร และนายวิศรุต จันทรเสนา รุ่นพี่หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์สารสนเทศ ที่ช่วยให้ความรู้ความเข้าใจในการทำโครงงาน คอยให้คำปรึกษาและช่วยหาวิธีแก้ไขปัญหาต่างๆตลอดการทำโครงงาน

ขอบคุณเพื่อนๆที่คอยให้คำปรึกษาความช่วยเหลือต่างๆ และให้กำลังใจในการทำโครงงานชิ้นนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัว ที่คอยอบรมสั่งสอน ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำโครงงานเสมอมา และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในความสำเร็จของปริญญานิพนธ์เล่มนี้ซึ่งไม่สามารถกล่าวมา ณ ที่นี้ได้ทั้งหมด ผู้จัดทำมีความซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายพัชร ลิมปิสุข
นายภูมินันท์ พรหมมาก
นางสาวอลิสา เลิศดิษยวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ....II
กิตติกรรมประกาศ....III
สารบัญ....IV
สารบัญตาราง....VIII
สารบัญรูป....IX
บทที่ 1 บทนำ....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา....1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์....2
1.3 การประยุกต์ใช้งาน....2
1.4 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์....2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ....2
1.6 อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้ในปริญญานิพนธ์....3
1.6.1 Hardware....3
1.6.2 Software....3
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน....4

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน....5
2.1 บทนำ....5
2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของระบบการสื่อสารผ่านแสงที่มองเห็นได้....5
2.3 แอลอีดี (Light Emitting Diode,LED)....6
2.4 โฟโต้ไดโอด (Photodiode)....8
2.5 สวิตช์ควบคุมด้วยแสง (Opto - Isolator)....9
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)....9
2.6.1 PIC (Peripheral Interface Controller)....10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.7 แสงสี....15

2.7.1 แสงที่มองเห็นได้ (Visible Light)....15

2.7.2 สเปกตรัมของแสงขาว (colors of visible light)....16

2.7.3 หน่วยวัดแสง....16

2.7.4 การส่องสว่างและการเปรียบเทียบแสง....17

2.8 สัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิทัล....17

2.9 การผสมสัญญาณเชิงแสง....18

2.9.1 การผสมสัญญาณเชิงแสงโดยใช้การตรวจจับแบบโดยตรง (Direct Detection)....18

2.10 ประเภทการมอดูเลชั่น....19

2.10.1 ออน-ออฟคีย์อิ้ง (On-Off Keying; OOK)....19

2.11 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม....20

2.11.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส....21

2.11.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส....21

2.11.3 มาตรฐานอนุกรมแบบ RS - 232....23

2.11.4 ระดับแรงดัน TTL....23

2.11.5 IC MAX 232....24

2.11.6 ขั้วต่อสำหรับพอร์ต RS232 และการเชื่อมต่อ....25

2.11.7 มาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (USART)....28

2.12 C# Programming Language....28

2.13 .NET Framework....29

2.14 SQL (Structured Query Language)....29

2.14.1 ประเภทของคำสั่งภาษา SQL....29

2.15 SQL Server....30

2.16 Wi-Fi(Wireless Fidelity)....30

2.16.1 มาตรฐาน IEEE 802.11b....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.16.2 มาตรฐาน IEEE 802.11g 31

2.17 รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย 31

2.17.1 Peer – to – Peer (Adhoc Mode) 31

2.17.2 Client/Server (Infrastructure Mode) 32

2.18 Visual Studio 33

บทที่ 3 โครงสร้างของระบบและการออกแบบ 34

3.1 บทนำ 34

3.2 โครงสร้างของระบบ 34

3.3 ชุดอุปกรณ์ส่งข้อมูลผ่านแสงจากแอลอีดี 36

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ 36

3.3.2 การออกแบบวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดี 36

3.4 ชุดอุปกรณ์รับข้อมูลจากแสง 40

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ 40

3.4.2 การออกแบบวงจรรับข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดี 40

3.5 การรับส่งข้อมูลจากชุดการทดลอง 42

3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 43

3.6.1 การควบคุมการส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ 43

3.6.2 การควบคุมการรับข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ 44

3.7 โปรแกรมติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) 45

3.7.1 โปรแกรมติดต่อลูกค้า (Client Interface) 45

3.7.2 โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล (Database Management Interface) 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 53

4.1 บทนำ 53

4.2 การทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรจากหลอดแอลอีดีไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสง 53

4.2.1 สรุปผลการทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรจากหลอดแอลอีดีไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสง 55

4.3 การทดลองวัดระยะทางในการส่งข้อมูล ID ไปยังภาครับพร้อมแสดงโปรโมชั่นสินค้า 55

4.3.1 สรุปผลการทดลองวัดระยะทางในการส่งข้อมูล ID ไปยังภาครับพร้อมแสดงโปรโมชั่นสินค้า 58

4.4 การทดลองวัดค่าความเข้มแสงเพื่อหาพื้นที่ครอบคลุมในการส่งข้อมูลของหลอดไฟแต่ละดวง 63

4.4.1 สรุปผลการทดลองวัดค่าความเข้มแสงเพื่อหาพื้นที่ครอบคลุมในการส่งข้อมูลของหลอดไฟแต่ละดวง 64

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์...65

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 65

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข 65

5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป..66

บรรณานุกรม..67

ภาคผนวก...70

ภาคผนวก ก. โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาคส่งสัญญาณ 71

ภาคผนวก ข. โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาครับสัญญาณ 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
2.1 คุณสมบัติไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722 11
2.2 ความยาวคลื่นและความถี่คลื่นของแสงสีที่แตกต่างกัน 16
2.3 การจัดขาของของสัญญาณพอร์ตอนุกรมในแบบต่างๆ และหน้าที่การทำงาน 26
4.1 ผลการทดลองวัดระยะทางในการส่งข้อมูล ID ไปยังภาครับพร้อมแสดงโปรโมชั่นสินค้า 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

1.1 การทำงานของระบบ 2

2.1 การสื่อสารไร้สายเชิงแสง 6

2.2 หลอดแอลอีดี ชนิด Super Bright 7

2.3 Spotlight 8

2.4 โฟโต้ไดโอดในรูปแบบต่างๆ 8

2.5 สวิตช์ควบคุมด้วยแสง (Opto-Isolator) 9

2.6 โครงสร้างบอร์ด ET-PIC STAMP 18F8722 12

2.7 ขั้วต่อพอร์ต RS232 ช่องที่ 2 13

2.8 ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ VDC +5V แบบ 2 Pin 13

2.9 ขั้วต่อพอร์ต RS232 ช่องที่ 1 13

2.10 จัมเปอร์สำหรับเลือกการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง ขาสัญญาณ I/O 13

2.11 วงจรการเชื่อมต่อของจัมเปอร์ RS232 / I/O 14

2.12 สวิตช์เลือกโหมด RUN และ PGM 14

2.13 สเปคตรัมของแสงเมื่อแสงขาวเดินทางผ่านปริซึม 15

2.14 วงล้อสี(color wheel) 16

2.15 สัญญาณแอนะล็อก และ สัญญาณดิจิทัล 17

2.16 รูปแบบการผสมสัญญาณเชิงแสงโดยใช้การตรวจจับแบบโดยตรง 19

2.17 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบออน-ออฟคีย์อิ้ง 20

2.18 ลักษณะของสัญญาณออน-ออฟคีย์อิ้ง 20

2.19 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส 21

2.20 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 22

2.21 การเปรียบเทียบระดับแรงดันTTL กับ ระดับแรงดัน RS232 23

2.22 ระดับแรงดันTTL และ LVTTL 24

2.23 การสื่อสารระหว่างแรงดัน RS232 กับ แรงดัน TTL โดยใช้ IC MAX232 24

2.24 การต่อIC MAX232 โดยแปลงระดับแรงดัน TTL 0-5V เป็น RS232 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.25 การต่อIC MAX232 โดยแปลงระดับแรงดัน LVTTL 0-3.3V เป็น RS232 25
2.26 ขั้วต่ออนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9 25
2.27 ขั้วต่ออนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25 26
2.28 การต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมรูปแบบ Null Modem 27
2.29 การต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมใช้สายสัญญาณ 3 เส้น 27
2.30 เวอร์ชั่นของ Visual Studio จากเริ่มต้น จนถึงปัจจุบัน 33
3.1 โครงสร้างของระบบ 34
3.2 กระบวนการทำงานโดยรวม 35
3.3 วงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากแอลอีดี 36
3.4 วงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดีบนบอร์ดไข่ปลา 37
3.5 การทดลองจ่ายไฟเข้าวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดีบนบอร์ดไข่ปลา 37
3.6 การเพิ่มโคมของหลอดไฟเพื่อบีบลำแสงให้มีกำลังวัตต์มากขึ้น 38
3.7 ภาพด้านข้างของหลอดไฟเมื่อทำการติดตั้งบนโครงเหล็กจำลอง 38
3.8 แบบจำลองระบบภายในห้างสรรพสินค้าเมื่อทำการติดตั้งหลอดแอลอีดีแล้ว 39
3.9 วงจรรับข้อมูลแสงจากหลอดแอลอีดี 40
3.10 วงจรรับข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดีบนบอร์ดไข่ปลา 40
3.11 ชุดอุปกรณ์รับสัญญาณ 41
3.12 หน้าจอสำหรับแสดงโปรโมชั่นสินค้าและตำแหน่งของลูกค้า 41
3.13 การทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรจากหลอดแอลอีดีไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสง 42
3.14 การควบคุมการทำงานของวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ 43
3.15 การควบคุมการทำงานของวงจรรับข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ 44
3.16 หน้าตาโปรแกรมติดต่อลูกค้า (Client Interface) ตอนเริ่มต้นโปรแกรม 45
3.17 หน้าตาโปรแกรมเมื่อลูกค้าอยู่ภายในบริเวณแผนกเบเกอร์รี่ 45
3.18 หน้าตาโปรแกรมเมื่อลูกค้าอยู่ภายในบริเวณแผนกเสื้อผ้า 46
3.19 หน้าตาโปรแกรมเมื่อลูกค้าอยู่ภายในบริเวณแผนกอาหารแช่แข็ง 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.20 หน้าตาโปรแกรมเมื่อลูกค้าอยู่ภายในบริเวณแผนกเนื้อสัตว์.....47
3.21 ผังการทำงานของโปรแกรมติดต่อลูกค้า (Client Interface).....48
3.22 หน้าตาโปรแกรมในส่วนการ Login เพื่อใช้งานการจัดการฐานข้อมูล.....49
3.23 หน้าตาโปรแกรมในส่วนการจัดการฐานข้อมูล.....49
3.24 ลำดับการทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล (Database Manager Interface) ในส่วนการเพิ่มข้อมูล.....50
3.25 ลำดับการทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล (Database Manager Interface) ในส่วนการลบและปรับปรุงข้อมูล.....51
3.26 ลำดับการทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล (Database Manager Interface) ในส่วนการค้นหาข้อมูล.....52
4.1 การทดลองส่งข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดีไปยังวงจรรับสัญญาณแสง.....54
4.2 รูปสัญญาณจากวงจรส่งสัญญาณแสงและวงจรรับสัญญาณแสง.....54
4.3 การทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 130 เซนติเมตร.....56
4.4 การทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 170 เซนติเมตร.....56
4.5 การทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 210 เซนติเมตร.....57
4.6 การทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 252 เซนติเมตร.....57
4.7 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 130 เซนติเมตร.....58
4.8 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 170 เซนติเมตร.....59
4.9 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 210 เซนติเมตร.....59
4.10 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 252 เซนติเมตร.....60
4.11 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 1.....60
4.12 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 2.....61
4.13 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 3.....61
4.14 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 4.....62
4.15 พื้นที่ครอบคลุมของการรับส่งข้อมูลในหลอดไฟแต่ละดวงที่น่าจะเป็น.....63
4.16 พื้นที่ครอบคลุมของหลอดไฟแต่ละดวงที่สามารถรับส่งข้อมูลได้จริง.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

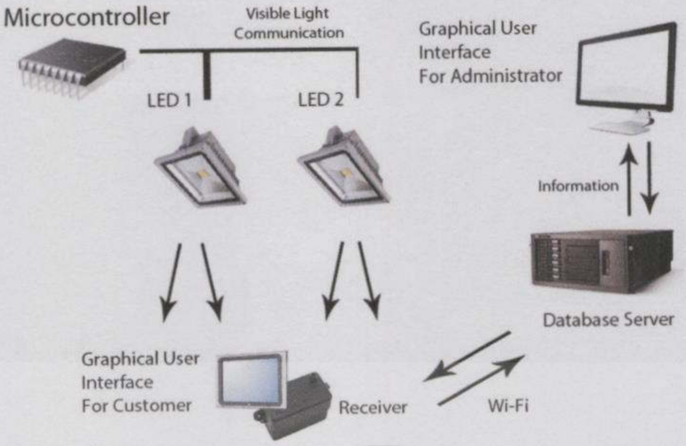
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่สามารถนำไปใช้ในการระบุตำแหน่งได้มากมาย เช่น เทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth), จีพีเอส (GPS) และอาร์เอฟไอดี (RFID) เป็นต้น แต่เทคโนโลยีที่กล่าวข้างต้นล้วนอาศัยคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งคลื่นความถี่วิทยุมีข้อจำกัด ด้านความจุของช่องสัญญาณในการสื่อสารและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายจึงทำให้มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก โดยจำนวนผู้ใช้งานเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหากับระบบการสื่อสารด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล และการรบกวนกันของสัญญาณ เป็นต้น ดังนั้นในโครงงานนี้เสนอเทคโนโลยีที่เป็นทางเลือกใหม่ คือเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ (Visible Light Communication; VLC) ซึ่งเทคโนโลยีนี้สามารถใช้ในการระบุตำแหน่งได้เช่นเดียวกับเทคโนโลยีอื่นๆ โดยโครงงานนี้จะนำมาประยุกต์ใช้กับห้างสรรพสินค้าด้วยการทำแอพพลิเคชั่นบนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก อาทิเช่น เฟรนลี่อาร์ม (Friendly ARM), ทินไคลแอนท์ (Thin client), ราซเบอร์รี่ไพน์ (Raspberry Pi) เป็นต้น แสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าในการส่งข้อมูล มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 750 นาโนเมตร ในการส่งสัญญาณข้อมูล โครงงานนี้ใช้หลอดแอลอีดี (Light-Emitting Diode; LED) เป็นตัวส่งสัญญาณและใช้อิมเมจเซ็นเซอร์ (Image Sensor) หรือโฟโต้ไดโอด (Photo Diode) ในการรับสัญญาณจากหลอดแอลอีดีซึ่งจะกระพริบด้วยความถี่ที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเพียงป้อนข้อมูลทั้งหมดส่งผ่านไปยังแหล่งกำเนิดแสง ผู้ใช้จะเห็นเป็นเหมือนกับหลอดไฟธรรมดา และเนื่องจากสิ่งที่จำเป็นในส่วนเครื่องรับจะมีเพียงเซ็นเซอร์เท่านั้น ดังนั้นเทคโนโลยีนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ไร้สายแบบพกพาได้หลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค แท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน (Smartphone)

ผลจากการที่เทคโนโลยี VLC นอกจากจะให้ความสว่างจากหลอดแอลอีดีที่มีอยู่เฉพาะภายในร้านค้าแล้ว ยังสามารถนำมาประยุกต์ในการสื่อสารได้อีกด้วย โดยไม่ต้องกังวลเรื่องการรบกวนของระบบการสื่อสารในบริเวณรอบข้าง และปริมาณความจุช่องสัญญาณ ทั้งนี้ยังมีความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูล เนื่องจากเซ็นเซอร์ของอุปกรณ์ที่ใช้รับแสงนั้นจะทำงานเฉพาะคลื่นความถี่ในช่วงที่ตาของมนุษย์มองเห็นได้ ซึ่งในโครงงานนี้มีกระบวนการทำงาน ดังรูปที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 การทำงานของระบบ

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

- เพื่อพัฒนาการระบุตำแหน่งด้วยการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้
- เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้สามารถระบุตำแหน่งและให้ข้อมูลโปรโมชั่นแก่ลูกค้าได้

1.3 การประยุกต์ใช้งาน

- ผู้ประกอบการให้ข้อมูลโปรโมชั่นของร้านค้าแก่ลูกค้าผ่านแอพพลิเคชั่น
- ผู้ใช้บริการได้รับข้อมูลตำแหน่งและโปรโมชั่นของร้านค้าผ่านแอพพลิเคชั่น

1.4 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

- สามารถส่งข้อมูลด้วยการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้
- สามารถกำหนดไอดีให้กับแหล่งกำเนิดแสงเพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งได้
- สามารถแจ้งโปรโมชั่นของร้านค้าผ่านทางแอพพลิเคชั่นบนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กได้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้
- ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเขียนแอพพลิเคชั่นเพื่อใช้ในการระบุตำแหน่ง
- สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้งานจริงภายในห้างสรรพสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

1.6.1 Hardware

- ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ใช้เพื่อทำการวัดค่าสัญญาณพัลส์ (Pulse) จำนวน 1 เครื่อง
- ตัวกำเนิดฟังก์ชั่น (Function Generator) จำลองการป้อนสัญญาณเข้าสู่ระบบ จำนวน 1 เครื่อง
- อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ไมโครคอนโทรลเลอร์
    - PIC18F8722 จำนวน 1 ตัว
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์คอนโทรลเลอร์แบบอื่นๆ
    - IC 74121 ผสมสัญญาณข้อมูลกับคลื่นพาห์แบบ PPM จำนวน 1 ตัว
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ขับแสง
    - Spotlight LED ขนาด 30 W จำนวน 4 หลอด
- อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์รับแสง
    - โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) จำนวน 1 ตัว
- สาย ET-USB TO RS232 จำนวน 1 สาย
- อุปกรณ์แสดงผลติดต่อกับผู้ใช้งาน
    - บอร์ดFriendlyArm9 mini2440SDK จำนวน 1 เครื่อง
- อุปกรณ์เชื่อมต่อฐานข้อมูลบนเชิร์ฟเวอร์
    - USB Wifi Dongle จำนวน 1 ตัว
- วงจรแปลงแรงดันไฟ DC – DC ขนาด 3A
    - DC to DC Step Down LM2596 Module (3A) จำนวน 1 ตัว
- แบตเตอร์รี่แห้ง 12V 5.4Ah จำนวน 1 ตัว

1.6.2 Software

- PIC C Complier ใช้เขียนโปรแกรมควบคุม PIC
- PICKit2 ใช้ลงโปรแกรมให้กับ PIC
- AccessPort ใช้แสดงผลข้อมูลที่รับได้
- Visual C# 2012 ใช้ปรับปรุงการทำงานของฐานข้อมูล
- Visual C# 2008 ใช้ออกแบบและสร้าง GUI
- MS SQL Server 2008 R2 ใช้ทำระบบฐานข้อมูลของเชิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน

แผนดำเนินงาน	2556							2557		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ศึกษาและวางแผนการทำงานระบบ	↔	↔								
ออกแบบและจัดเตรียมอุปกรณ์	↔	↔	↔							
ทดลองการรับส่งข้อมูล		↔	↔	↔						
ระบุ ID ให้แก่แหล่งกำเนิดแสง			↔	↔						
ติดตั้งอุปกรณ์และทำแบบจำลอง			↔	↔	↔					
จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับติดต่อกับผู้ใช้งาน(Friendly ARM)					↔	↔	↔			
เขียนแอพพลิเคชั่นเพื่อให้แจ้งโปรโมชั่นได้						↔	↔	↔		
ปรับปรุงวิธีการรับ - ส่งข้อมูล ID ให้มีความถูกต้องและรวดเร็วขึ้น					↔	↔	↔	↔		
ทดสอบแอพพลิเคชั่นในคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Friendly ARM)								↔		
ปรับปรุง interface ของแอพพลิเคชั่น								↔		
ปรับปรุงฐานข้อมูล และทดสอบแอพพลิเคชั่นผ่าน Wi - Fi							↔	↔		
จัดทำแพ็คเกตอุปกรณ์ภาครับ								↔	↔	
ทดสอบแอพพลิเคชั่นและการทำงานทั้งหมด								↔	↔	
เปรียบเทียบ วิเคราะห์และสรุปผล									↔	↔
จัดทำเอกสาร	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 บทนำ

ในปัจจุบันระบบการสื่อสารไร้สายที่พบเห็นนั้นส่วนใหญ่จะเป็นการสื่อสารโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้อย่างกว้างขวาง และยังสามารถส่งข้อมูลได้แม้จะเป็นบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางอยู่ นอกจากนี้อุปกรณ์ในการรับ-ส่งข้อมูลก็มีประสิทธิภาพที่ดี อย่างไรก็ตาม การสื่อสารด้วยความถี่คลื่นวิทยุก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของแบนด์วิดธ์ (Bandwidth) เนื่องมาจากสเปกตรัม (Spectrum) การใช้งานถูกจำกัดและมีสัญญาณรบกวน

ฉะนั้นในปริญญานิพนธ์นี้จึงพิจารณาคลื่นแสงที่ตามองเห็นได้ซึ่งมีสเปกตรัมที่มากกว่าคลื่นความถี่วิทยุ นำมาใช้ในการสื่อสารไร้สายแทนระบบการสื่อสารโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ ดังจะกล่าวถึงหลักการต่างๆในหัวข้อถัดไป

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของระบบการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้

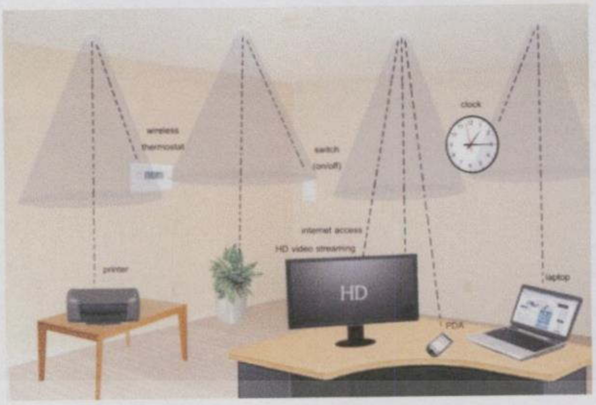
การสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ (Visible light communication; VLC) คือ การสื่อสารข้อมูลโดยใช้ แสงที่ตามองเห็นได้ โดยมีความยาวคลื่นระหว่าง 375 – 780 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่เป็นอันตรายต่อสายตา

เทคโนโลยีนี้จะใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นตัวส่งสัญญาณโดยมีความเร็วในการส่งสัญญาณที่ 10 kbit/s หรือหลอดแอลอีดี ที่มีความเร็วในการส่งสัญญาณสูงถึง 500 Mbit/s และใช้โฟโต้ไดโอด หรือ อิมเมจเซ็นเซอร์ ในการรับสัญญาณแสงจากแหล่งกำเนิด มีการทดลองติดต่อสื่อสารที่ระยะทาง 1 กิโลเมตร และ 2 กิโลเมตร พบว่ามีอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่ต่ำ

เทคโนโลยี VLC มีการนำไปประยุกต์ใช้งานที่หลากหลายเนื่องจากสามารถผลิตเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสื่อได้มากมาย เช่น หลอดไฟตามร้านต่างๆ ทีวี สัญญาณไฟจราจร ป้ายโฆษณา ไฟหน้ารถ/ท้ายรถ ด้วยเหตุนี้ทำให้เทคโนโลยี VLC สามารถนำไปใช้งานได้ในทุกๆที่

สำหรับต้นแบบ VLC ของเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยใช้แผงหลอดแอลอีดีกำลังสูงเป็นแหล่งกำเนิดแสงและส่งข้อมูล ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การสื่อสารไร้สายเชิงแสง [9]

2.3 แอลอีดี (Light Emitting Diode; LED)

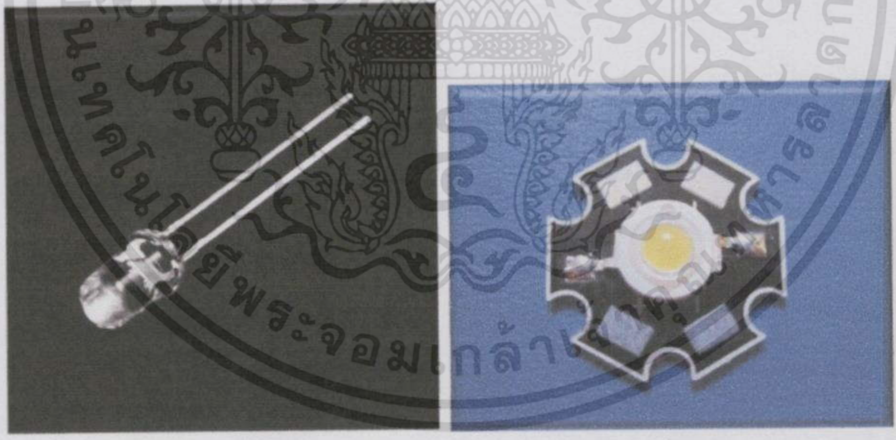
ไดโอดเปล่งแสง หรือ แอลอีดี (light-emitting diode; LED) คือ ไดโอดที่สามารถเปล่งแสงออกมาได้ แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน ซึ่งต่างกับแสงธรรมดาที่ตาคนมองเห็น โดยหลอดแอลอีดีสามารถเปล่งแสงได้เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างก็ยังดีกว่าหลอดไฟขนาดเล็กทั่วๆไป แอลอีดีมีลักษณะเหมือนไดโอดทั่ว ๆ ไปที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ประกบกันมีผิวข้างหนึ่งเรียบเป็นมันคล้ายกระจก เมื่อมีการให้ไบแอสตรงแก่ไดโอดจะทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลใน P ต่อให้เกิดพลังงานในรูปของประจุโฟตอน ซึ่งจะส่งแสงออกมา การนำแอลอีดีไปประยุกต์ใช้งานส่วนมากใช้ในภาคแสดงผล (LED display) แอลอีดีโดยทั่วไปมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ แอลอีดีชนิดที่ตาคนเห็นได้ กับชนิดที่ตาคนมองไม่เห็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวรับแสงแทนตาคน

ปัจจุบันจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ ทำให้เทคโนโลยีของแอลอีดีก้าวหน้าอย่างรวดเร็วตามไปด้วย ได้มีการนำแอลอีดีมาใช้ประโยชน์แพร่หลายมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ในเครื่องคิดเลข สัญญาณจราจร ไฟท้ายรถยนต์ ป้ายสัญญาณต่างๆ ไฟฉาย ไฟให้สัญญาณของประภาคาร จอภาพยนตร์ขนาดใหญ่ ยิ่งไปกว่านั้น หน้าจอแอลซีดีของโทรศัพท์มือถือที่เราใช้กันทั่วไป เกือบทั้งหมดจะให้แสงสว่างด้วยแอลอีดี

แอลอีดีนับเป็นอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์แบบหนึ่งที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านและจะปล่อยแสงสว่างออกมา ความจริงแล้วแอลอีดีไม่ใช่เรื่องใหม่แต่อย่างใด โดยนักวิทยาศาสตร์ได้สังเกตมาตั้งแต่ปี 2450 ว่าเซมิคอนดักเตอร์จะเปล่งแสงออกมาเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน อย่างไรก็ตามแสงที่เปล่งออกมามีปริมาณน้อยมาก จึงทำให้เทคโนโลยีนี้ไม่ได้รับความสนใจการนำเทคโนโลยีแอลอีดีมาใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์โดยเริ่มต้นขึ้นเมื่อนาย Nick Holonyak นักวิจัยแห่งบริษัท GE ประสบผลสำเร็จเมื่อปี 2505 ในการประดิษฐ์แอลอีดีที่สามารถเปล่งแสงสีแดงที่มีความสว่างออกมามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ทั่วโลกเริ่มมีการตื่นตัววิจัยและพัฒนาในด้านนี้อย่างจริงจัง อย่างไรก็ตาม แอลอีดีที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาในช่วงนั้นยังเปล่งแสงสว่างน้อยมาก จึงไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปให้แสงสว่างแต่อย่างใด ส่วนใหญ่นำไปใช้เป็นปุ่มสัญญาณแสงสีต่างๆใน อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้นว่า หลอดแอลอีดีขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุดได้ติดตั้งในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้สัญญาณว่าเครื่องกำลังเปิดหรือปิด เดิมแสงจากแอลอีดีจะเป็นสีต่างๆไม่ได้เป็นสีขาว จึงมีข้อจำกัดในการนำมาให้แสงสว่างแทนหลอดไฟ สำหรับบุคคลสำคัญที่สามารถแก้ไขปัญหานี้ คือ นาย Shuji Nakamura แห่งบริษัท Nichia Chemical ของญี่ปุ่น ได้ประสบผลสำเร็จในการประดิษฐ์ แอลอีดีสีน้ำเงินที่มีความสว่างจ้า จากนั้นได้นำแอลอีดีสีน้ำเงินไปเคลือบด้วยสารเคลือบเรืองแสงสีเหลือง จะทำให้แสงจากแอลอีดีที่ออกมากลายเป็นสีขาว สามารถนำไปใช้ในรูปให้แสงสว่าง โดยได้เริ่มวางตลาดแอลอีดีสีขาวนับตั้งแต่ปี 2536 เป็นต้นมา ปัจจุบันจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ ทำให้เทคโนโลยีของแอลอีดีก้าวหน้าอย่างรวดเร็วตามไปด้วย ได้มีการนำแอลอีดีมาใช้ประโยชน์แพร่หลายมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ในเครื่องคิดเลข สัญญาณจราจร ไฟท้ายรถยนต์ ป้ายสัญญาณต่างๆ ไฟฉาย ไฟให้สัญญาณของประภาคาร จอภาพยนตร์ขนาดใหญ่ ยิ่งไปกว่านั้น หน้าจอแอลซีดีของโทรศัพท์มือถือที่เราใช้กันทั่วไปเกือบทั้งหมดจะให้แสงสว่างด้วยแอลอีดี ตัวอย่างของหลอดแอลอีดีได้แก่ หลอดแอลอีดีชนิด Super Bright และ หลอดแอลอีดีชนิด Spotlight ดังรูปที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ



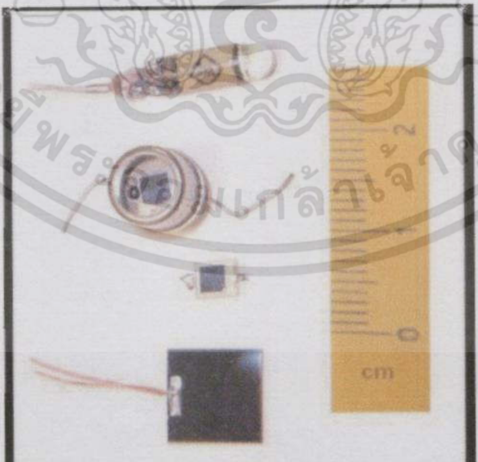
รูปที่ 2.2 หลอดแอลอีดีชนิด Super Bright [22, 6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 หลอดแอลอีดีชนิด Spotlight Led [11]

2.4 โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)

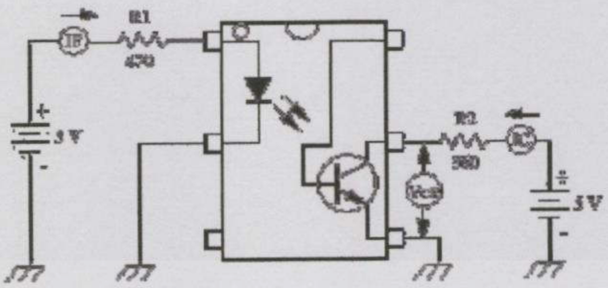
โฟโต้ไดโอด (Photodiode) เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่งที่สามารถแปลงความถี่หรือความยาวคลื่นแสงเป็นกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าได้ ขึ้นอยู่กับโหมดของการทำงานตัวอย่างเช่น เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ถูกใช้ในการกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้เช่น กระจกใส โฟโต้ไดโอด มีอยู่ 2 แบบคือ 1.แบบตอบสนองต่อแสงที่เรามองเห็น 2.แบบตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรด (IR Photo Diode) ตัวอย่างของโฟโต้ไดโอดชนิดต่างๆแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โฟโต้ไดโอดในรูปแบบต่างๆ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สวิตช์ควบคุมด้วยแสง (Opto-Isolator)



รูปที่ 2.5 สวิตช์ควบคุมด้วยแสง (Opto-Isolator) [17]

อุปกรณ์สวิตช์ควบคุมด้วยแสง (Opto-Isolator) หรือที่เรียกว่า ออปโต้คัปเปลอร์ (Opto-Coupler) เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบควบคุมไฟฟ้า โดยใช้หลักการกระแสต่ำควบคุมกระแสสูง และแรงดันไฟฟ้าต่ำควบคุมแรงดันไฟฟ้าสูง จากแนวคิดนี้เราสามารถนำไปออกแบบวงจรควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องกลได้ โดยข้อดีที่สำคัญของออปโต้คัปเปลอร์ (Opto-Coupler) นี้ คือ กราวน์แยกออกจากกันทำให้ไม่มีการรบกวนกันทั้งสองฝั่งที่ต้องการความมีเสถียรของการควบคุมหรือใช้กับความถี่ต่างๆ ที่ต้องการควบคุมได้แม่นยำ จากรูปที่ 2.5 เป็นตัวอย่างการใช้ควบคุมจากไฟ 5 V และใช้หลักการ กระแสไฟต่ำควบคุมกระแสสูงที่ IC นั้นเอง

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่ ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งทั้งหมดถูกบรรจุรวมเข้าไว้ภายใต้ตัวถังเดียวกัน

ซีพียูจะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมเพื่ออ่านคำสั่งที่ระบุไว้ โดยต้องทำการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำผ่านสายสัญญาณที่เรียกว่า บัสแอดเดรส (address bus) แล้วทำการอ่านข้อมูลคำสั่งออกมาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแอดเดรสนั้นๆจากนั้นทำการประมวลผล โดยมีหน่วยความจำข้อมูลแรมเป็นที่พักของข้อมูลที่อยู่ในระหว่างการประมวลผล ข้อมูลในการประมวลผลจะส่งผ่านสายสัญญาณที่เรียกว่าบัสข้อมูล(data bus) แล้วส่งต่อไปยังอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

สำหรับโครงงานนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของวงจรทั้งวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ และวงจรรับข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ โดยใช้ Peripheral Interface Controller หรือ PIC ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 PIC (Peripheral Interface Controller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีสถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ด (Harvard architecture) ซึ่งสถาปัตยกรรมแบบนี้จะมีการแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน มีบัสสำหรับติดต่อแยกกัน ซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมด้วยบัสของแอดเดรส 13 บิต และบัสของข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรม 14 บิต ในขณะที่บัสติดต่อหน่วยความจำข้อมูลและรีจิสเตอร์ภายในแบบ 8 บิต

นอกจากการจัดสถาปัตยกรรมแบบนี้แล้วการกระทำคำสั่งทำงานขอไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ยังใช้กระบวนการที่เรียกว่า ไปป์ไลน์ (pipeline) ทำให้สามารถเฟตช์คำสั่งถัดไป ในขณะที่กำลังประมวลผลคำสั่งในปัจจุบันอยู่ ส่งผลให้ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของความสามารถในการกระทำคำสั่ง 1 คำสั่งภายในสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก (กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นกระบวนการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลคำสั่งนั้นให้เกิดผลลัพธ์ตามที่คำสั่งนั้นๆ กำหนด)

สำหรับในโครงงานนี้จะใช้ ET-PIC STAMP 18F8722 ในการควบคุมการส่งข้อมูลแสงของหลอด LED ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.6.1.1 ET-PIC STAMP 18F8722

ET-PIC STAMP 18F8722 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก ที่นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC18F8722 ขนาด 80-Pin แบบ TQFP ของบริษัท Microchip มาจัดวงจรใช้งานให้มีขนาดกะทัดรัดโดยเน้นการใช้งานทรัพยากรของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองเป็นหลัก ซึ่งมีการออกแบบพอร์ตสัญญาณสำหรับการโปรแกรมเป็นแบบ ICD2 ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องโปรแกรมภายนอกได้ เช่น เครื่องโปรแกรม ET-PGM PIC USB เป็นต้น สำหรับคุณสมบัติของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-PIC STAMP 18F8722 มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722 [10]

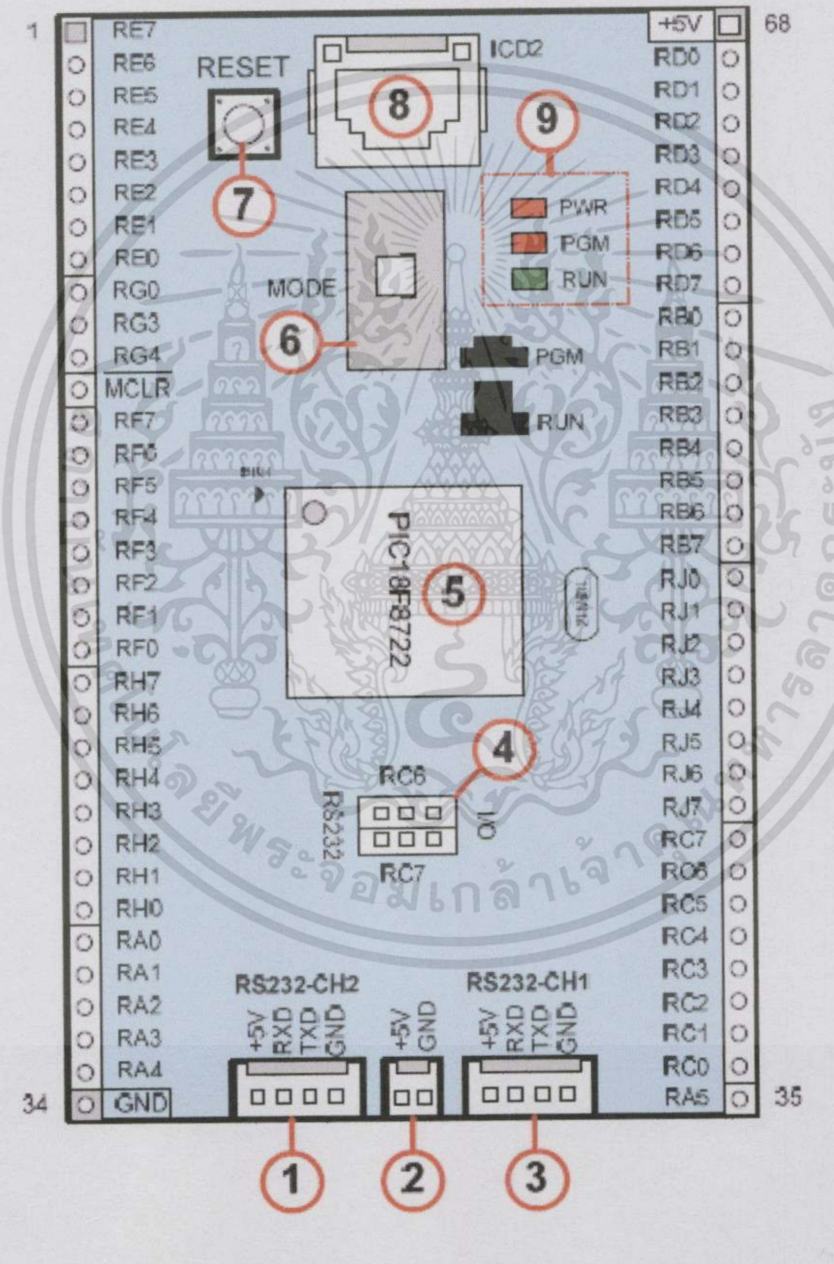
คุณสมบัติ	PIC18F8722
Operating Frequency	DC – 40 MHz
Program Memory (Bytes)	128K
Data Memory (Bytes)	3936
Data EEPROM Memory (Bytes)	1024
Interrupt Sources	29
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E, F, G, H, J
Timers	5
Capture/Compare/PWM Modules	2
Enhanced Capture/Compare/ PWM Modules	3
Enhanced USART	2
Serial Communications	MSSP, Enhanced USART
Parallel Communications (PSP)	Yes
10-bit Analog-to-Digital Module	16 Input Channels
Resets (and Delays)	POR, BOR,RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT
Programmable High/Low-Voltage Detect	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes
Instruction Set	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled
Packages	80-pin TQFP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของบอร์ด ET-PIC STAMP 18F8722

- ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ขนาด 80 PIN คือ PIC18F8722
- สัญญาณนาฬิกาคริสตอลออสซิลเลเตอร์ขนาด 10 MHz สามารถใช้ x4 จาก PLL ได้ 40 MHz
- ชุดวงจรไดร์เวอร์ RS232 จำนวน 2 พอร์ต
- พอร์ตดาวน์โหลดแบบ ICD2 รองรับเครื่องโปรแกรมจากภายนอก (ET-PGMPIC USB)
- ขั้วต่อแรงดันไฟ +5V และ GND

โครงสร้างบอร์ด ET-PIC STAMP 18F8722 แสดงดังรูปที่ 2.6

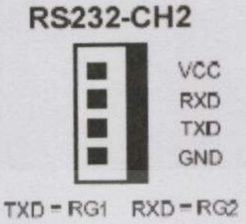


รูปที่ 2.6 โครงสร้างบอร์ด ET-PIC STAMP 18F8722 [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

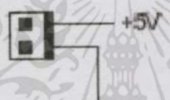
อธิบายรายละเอียดตามหมายเลขต่างๆภายในบอร์ด ET-PIC STAMP 18F8722 ดังนี้

- หมายเลข 1 ขั้วต่อพอร์ต RS232 ช่องที่ 2 แสดงดังรูปที่ 2.7



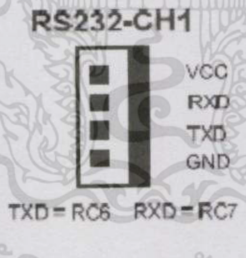
รูปที่ 2.7 ขั้วต่อพอร์ต RS232 ช่องที่ 2 [10]

- หมายเลข 2 ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ VDC +5V แบบ 2 Pin ใช้จ่ายไฟให้กับบอร์ด แสดงดังรูปที่ 2.8



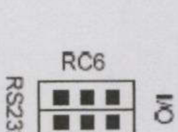
รูปที่ 2.8 ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ VDC +5V แบบ 2 Pin [10]

- หมายเลข 3 ขั้วต่อพอร์ต RS232 ช่องที่ 1 แสดงดังรูปที่ 2.9



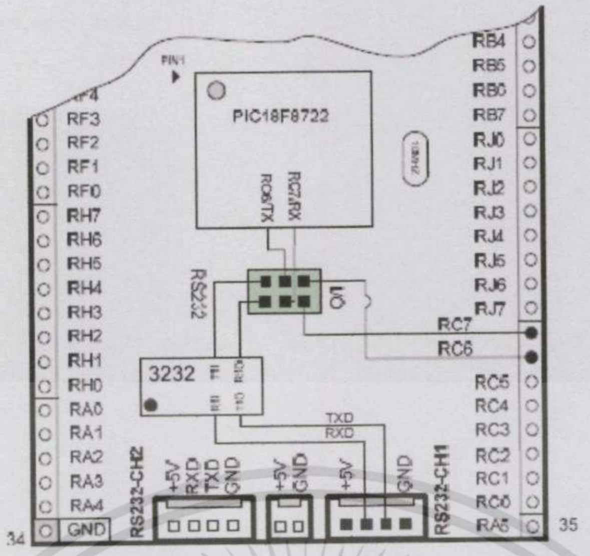
รูปที่ 2.9 ขั้วต่อพอร์ต RS232 ช่องที่ 1 [10]

- หมายเลข 4 จัมเปอร์สำหรับเลือกการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างขาสัญญาณ I/O คือ RC6/Tx และ RC7/Rx กับวงจรไดร์เวอร์ 3232 แสดงดังรูปที่ 2.10 และ 2.11 ตามลำดับ



รูปที่ 2.10 จัมเปอร์สำหรับเลือกการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง ขาสัญญาณ I/O [10]

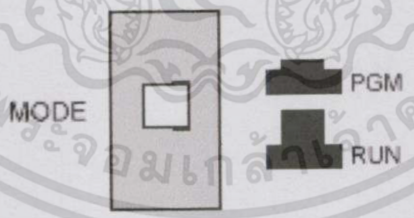
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 วงจรการเชื่อมต่อของจัมเปอร์ RS232 / I/O [10]

- หมายเลข 5 ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC18F8722
- หมายเลข 6 สวิตช์เลือกโหมด RUN และ PGM

สวิตช์นี้ เมื่อกดมาที่ตำแหน่ง PGM จะทำหน้าที่ตัดต่อขาสัญญาณที่ใช้ในการโปรแกรมโค้ดข้อมูลเข้ากับเครื่องโปรแกรม เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลโปรแกรมที่เราออกแบบ และ เมื่อกดปล่อยกลับมาที่ตำแหน่ง RUN ขาสัญญาณต่างๆ จะกลับมาเป็น I/O ใช้งานได้ตามปกติ แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 สวิตช์เลือกโหมด RUN และ PGM [10]

- หมายเลข 7 สวิตช์ รีเซตโปรแกรม (RESET Switch)
- หมายเลข 8 ขั้วต่อสัญญาณการโปรแกรม จัดเรียงขาสัญญาณต่างๆ ตามรูปแบบมาตรฐานของ ICD2สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องโปรแกรมต่างๆ ที่มีมาตรฐานเดียวกันกับ ICD2 เช่น เครื่องโปรแกรม ET-PGM PIC USB ของ บริษัท อีทีที เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หมายเลข 9 แอลอีดี แสดงสถานะต่างๆ ดังนี้

1. PWR แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ
2. PGM แสดงสถานะของโหมดการโปรแกรม (Programming Mode)
3. RUN แสดงสถานะของโหมด RUN (Running Mode)

2.7 แสงสี

แสง เป็นพลังงานรังสี (Radiation Energy) ที่ตารับรู้และมีปฏิกิริยาตอบสนองด้วยกระบวนการ วิเคราะห์แยกแยะของสมอง ตาสามารถวิเคราะห์พลังงานแสงโดยการรับรู้วัตถุสัมพันธ์กับตำแหน่ง ทิศทาง ระยะทาง ความเข้มของแสง และความยาวคลื่นที่มองเห็นได้

2.7.1 แสงที่มองเห็นได้(Visible light)

แสงขาวแท้จริงแล้วประกอบด้วยแสงสีที่รวมกันเรียกว่า "สเปกตรัม (Spectrum)" ประกอบด้วยเจ็ดสีได้แก่ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง โดยสีม่วงจะมีพลังงานมากสุด (ความยาวคลื่นสั้นสุด) และพลังงานจะลดลงเรื่อยๆตามลำดับจนกระทั่งสีแดงที่มีพลังงานต่ำสุด (ความยาวคลื่นยาวสุด)

ปรากฏการณ์การเกิดสเปกตรัมของแสงขาวเช่น ถ้าเราเอาปริซึมไปวางให้แสงส่องผ่าน เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีดัชนีหักเหแตกต่างกัน ความยาวคลื่นที่ต่างกันจะหักเหด้วยมุมที่ไม่เท่ากัน เราจึงมองเห็นสีแสงขาวแยกสเปกตรัมเป็นสีต่างๆได้เมื่อนำฉากไปรับ ปรากฏการณ์ธรรมชาติอีกอย่างหนึ่งได้แก่ การเกิดรุ้ง ซึ่งเกิดจากการที่แสงเดินทางผ่านหยดไอน้ำในอากาศทำให้เกิดการหักเหของแสง เกิดเป็นสเปกตรัมของแสงขาวขึ้นนั่นเอง สเปคตรัมของแสงเมื่อแสงขาวเดินทางผ่านปริซึมแสดงได้ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 สเปคตรัมของแสงเมื่อแสงขาวเดินทางผ่านปริซึม [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

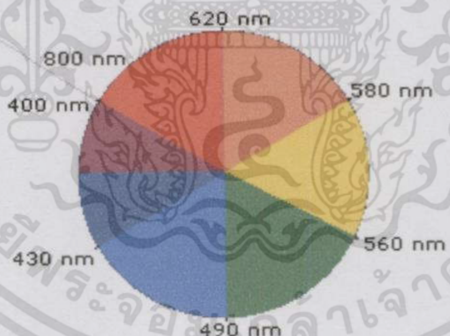
ความยาวคลื่นและความถี่คลื่นของแสงสีต่างๆหลังการเกิดสเปกตรัมของแสงขาว แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความยาวคลื่นและความถี่คลื่นของแสงสีที่แตกต่างกัน [9]

แสงสี	ความยาวคลื่น(m.)	ความถี่(Hz.)
ม่วง	$3.9 - 4.5\times10^{-7}$	$6.7 - 7.7.\times10^{14}$
น้ำเงิน	$4.5 - 4.9\times10^{-7}$	$6.1 - 6.7\times10^{14}$
เขียว	$4.9 - 5.8\times10^{-7}$	$5.3 - 6.1\times10^{14}$
เหลือง	$5.8 - 6.0\times10^{-7}$	$5.1 - 5.3\times10^{14}$
ส้ม	$6.0 - 6.2\times10^{-7}$	$4.8 - 5.1\times10^{14}$
แดง	$6.2 - 7.7\times10^{-7}$	$3.9 - 4.8\times10^{14}$

2.7.2 สเปกตรัมของแสงขาว (colors of visible light)

คลื่นแสงที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้อยู่ในช่วงประมาณ 400-800 นาโนเมตร ถ้านัยน์ตาถูกกระตุ้นด้วยแสงตลอดทั้งช่วงความยาวคลื่น (400-800 นาโนเมตร) ผลก็คือจะมองเห็นแสงนั้นเป็นแสงขาว แต่ถ้าคลื่นแสงถูกดูดกลืนแสงไปบางส่วน แสงที่ตามองเห็นจะเป็นสีผสม (complementary) หรือสีที่อยู่ตรงข้ามของสีที่ถูกดูดกลืนเมื่อเทียบตามวงล้อสี ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 วงล้อสี (color wheel) [8]

จากวงล้อสีจะพบว่า เมื่อแสงขาวถูกดูดกลืนคลื่นแสงไปบางส่วน สีที่ปรากฏจะเป็นสีที่อยู่ตรงข้ามของวงล้อสี

2.7.3 หน่วยวัดแสง

หน่วยที่ใช้ในการวัดแสงได้แก่

- ความจ้า (Brightness) หรืออุณหภูมิ (Temperature)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความสว่าง (Illumination) หน่วย SI คือ ลักซ์ (Lux)
- ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux) หน่วย SI คือ ลูเมน (Lumen)
- ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) หน่วย SI คือ แคนเดลา (Candela)
- ความสุกใสของแสง (Brilliance) หรือแอมปลิจูด (Amplitude)
- สี (Color) หรือความถี่ (Frequency)
- โพลาไรเซชั่น (Polarization) หรือมุมการแกว่งของคลื่น (Angle Of Vibration)

2.7.4 การส่องสว่างและการเปรียบเทียบความเข้มแสง

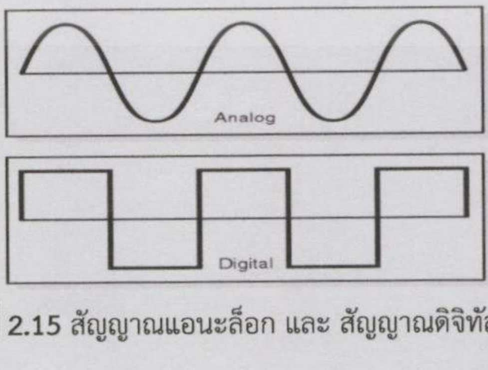
แสงเป็นพลังงาน สามารถทำให้เกิดความสว่างบนผิววัตถุ โดยปริมาณการส่องสว่างของแสงจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงของแหล่งกำเนิด ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงกับพื้นที่ที่แสงตกกระทบ และมุมตกกระทบของรังสีแสง

ความสว่าง (Illuminance) ของผิวใด ๆ หมายถึงค่าความสว่างที่ตกบนพื้นที่ผิวต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ถ้าพิจารณาผิวที่อยู่ห่างจากหลอดไฟที่มีกาลังส่องสว่าง 1 แคลเดลลา เป็นระยะทาง 1 เมตร ความเข้มของการส่องสว่าง จะมีค่า 1 ลักซ์ (lux) โดยความเข้มของการส่องสว่างจะแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง

2.8 สัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิทัล

สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal) เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า ที่มีความต่อเนื่องทางขนาดในช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยที่แต่ละคลื่นจะมีความถี่และความเข้มของสัญญาณที่ต่างกัน เมื่อนำสัญญาณข้อมูลเหล่านี้ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณและแปลงสัญญาณก็จะได้ข้อมูลที่ต้องการ ตัวอย่างของการส่งข้อมูลที่มีสัญญาณแบบแอนะล็อก คือ การส่งผ่านระบบโทรศัพท์

สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) หมายถึง สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) ที่มีขนาดแน่นอนซึ่งขนาดดังกล่าวอาจกระโดดไปมาระหว่างค่าสองค่า คือ สัญญาณระดับสูงสุดและสัญญาณระดับต่ำสุด ซึ่งสัญญาณดิจิตอลนี้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงานและติดต่อสื่อสารกัน ตัวอย่างสัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิทัล แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 สัญญาณแอนะล็อก และ สัญญาณดิจิทัล [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การผสมสัญญาณเชิงแสง

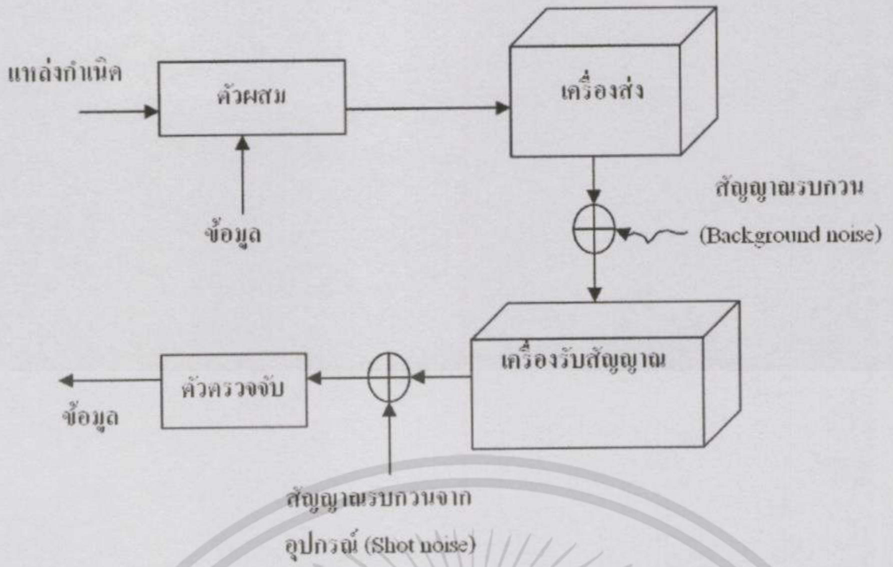
วิธีการผสมสัญญาณสำหรับการสื่อสารเชิงแสงแบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลัก ได้แก่ เทคนิคการผสมสัญญาณแบบตรวจจับโดยตรง (Direct Detection) และเทคนิคการผสมสัญญาณแบบร่วมนัย (Coherent Detection) ซึ่งการตรวจจับโดยตรงเป็นการส่งสัญญาณแบบเบสแบนด์ (Baseband Transmissions) ที่มีสถานะเป็น "1" และ "0" สำหรับแหล่งกำเนิดแสง (Optical Source) เลเซอร์จะทำการส่งในลักษณะของการกระพริบเลเซอร์ เปิด และ ปิด ตามลำดับ ส่วนเทคนิคการตรวจจับแบบร่วมนัยเป็นเทคนิคการผสมสัญญาณที่เหมือนกับการสื่อสารที่ใช้ความถี่คลื่นวิทยุ ซึ่งสัญญาณที่ตกกระทบที่ส่วนหน้า (Front End) เป็นการรวมกันของสัญญาณที่เข้ามากับสัญญาณที่กำเนิดจาก Local Oscillator โดยการกระทำการตรวจจับแบบร่วมนัย จะได้ความไว (Sensitivity) ในการตรวจจับสัญญาณที่สูงกว่าแบบการตรวจจับโดยตรง

2.9.1 การผสมสัญญาณเชิงแสงโดยใช้การตรวจจับแบบโดยตรง (Direct Detection)

โมเดลของระบบการสื่อสารแบบการตรวจจับโดยตรงแสดงได้ดังรูปที่ 2.16 โดยข่าวสารที่จะทำการส่งจะถูกผสมกับคลื่นพาห์ทางแสงที่ส่วนของตัวผสมสัญญาณและส่งไปยังภาครับ จากนั้นระบบของเลนส์และตัวตรวจจับสัญญาณแสงจะทำการตรวจจับกำลังงานชั่วขณะ (Instantaneous Power) ที่มาถึงภาครับโดยตรง

การผสมสัญญาณแบบการตรวจจับโดยตรงสัญญาณไบนารี่จะอยู่ในลักษณะ เปิด และ ปิด ของสัญญาณที่ภาคส่ง ซึ่งบอกถึงความแตกต่างของรูปแบบของคลื่นสัญญาณ โดยรูปแบบคลื่นทั่วไปของการตรวจจับโดยตรงจะเป็นการผสมสัญญาณแบบ Pulse Code Modulation (PCM) ที่เข้ารหัสแบบ NRZ (Non Return to Zero) หรือแบบ RZ (Return to Zero) สำหรับการสื่อสารเชิงแสงทั่วไปใช้แบบ Bi Phase (Manchester) ซึ่งคุณสมบัติของรูปคลื่นมีองค์ประกอบสัญญาณ DC ต่ำ มี Symbol/Bit Synchronization ในตัวเอง บางครั้งเรียกว่า Self-Clocking Code แต่จะมีข้อเสียคือมีการขยายของแบนด์วิดท์จึงไม่ได้รับความนิยมในการสื่อสารที่ต้องการความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 รูปแบบการผสมสัญญาณเชิงแสงโดยใช้การตรวจจับแบบโดยตรง [9]

2.10 ประเภทการมอดูเลชั่น

2.10.1 ออน-ออฟคีย์อิ้ง (On-Off Keying, OOK)

ออน-ออฟคีย์อิ้ง คือ การใช้ช่วงเวลาการเปิดปิดการส่งสัญญาณที่แตกต่างกันในการแทนข้อมูล ใช้หลักการเดียวกับการส่งรหัสมอร์ส (Morse Code) กรณีที่พิจารณาระบบสื่อสารที่มีการส่งสัญญาณแบบออน-ออฟคีย์อิ้ง ที่มีลักษณะในการส่งสัญญาณข้อมูล เพื่อแสดงถึงข้อมูลดิจิทัล "0" หรือ "1" ดังสมการที่ (2.1)

$$r(t) = \begin{cases} 0, & if\ 0\ is\ transmitted \\ s(t), & if\ 1\ is\ transmitted \end{cases} \quad \text{........... (2.1)}$$

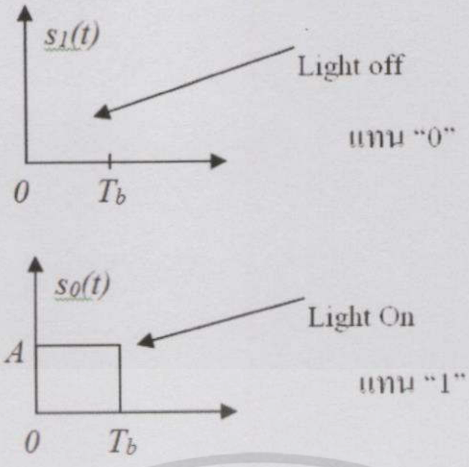
เมื่อ $s(t)$ เป็นรูปแบบของสัญญาณซึ่งถูกใช้เพื่อแสดงถึงข้อมูลดิจิทัล "1" ที่มีการส่งข้อมูลด้วยพลังงาน ดังนั้น จะพบว่าลักษณะของสัญญาณข้อมูลที่ถูกตรวจจับได้ที่ภาครับมีลักษณะดังสมการที่ (2.2)

$$r(t) = \begin{cases} n(t), & if\ 0\ is\ transmitted \\ s(t) + n(t), & if\ 1\ is\ transmitted \end{cases} \quad \text{........... (2.2)}$$

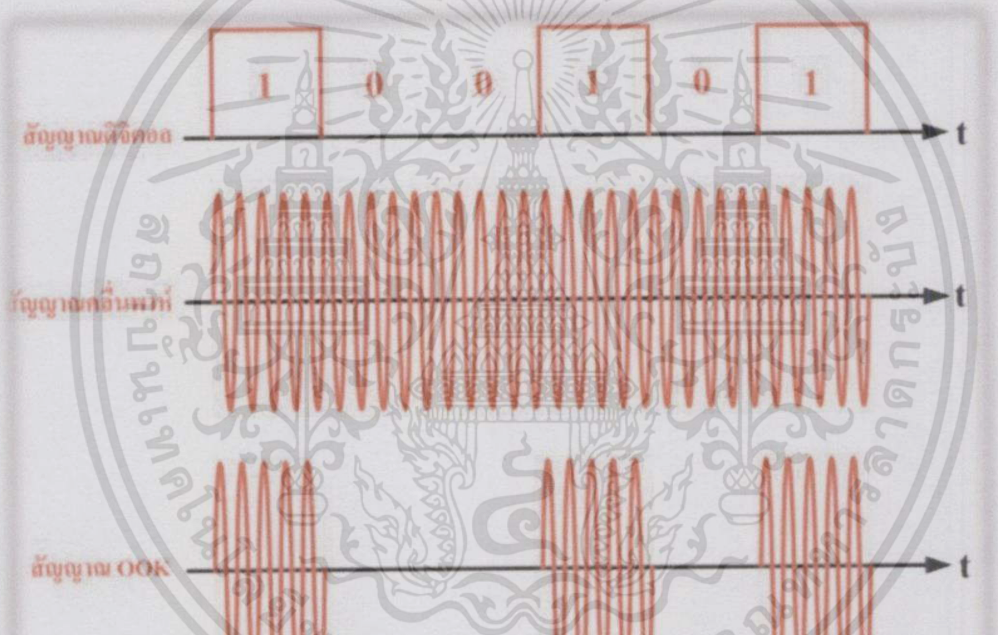
โดย $n(t)$ แสดงถึงผลของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในช่องสัญญาณ

รูปแบบของสัญญาณข้อมูลดิจิทัลที่ส่งออกไป และลักษณะของสัญญาณออน-ออฟคีย์อิ้งที่เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะข้อมูลดิจิทัลที่ส่งออกมา แสดงได้ดังรูปที่ 2.17 และ 2.18 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 รูปแบบการส่งสัญญาณแบบออน-ออฟคีย์อิ้ง[9]



รูปที่ 2.18 ลักษณะของสัญญาณออน-ออฟคีย์อิ้ง [9]

2.11 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม

การรับส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกหรือการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกันมี 2 รูปแบบคือ รับส่งข้อมูลแบบขนานและรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการรับและส่งข้อมูลคราวละ 4-8 บิตในเวลาเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลมีความเร็วสูง แต่จำนวนสายที่ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูลมีมากเท่ากับจำนวนบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

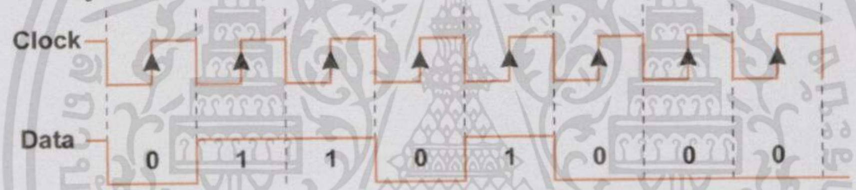
ของข้อมูลที่จะทำการถ่ายทอด นอกจากนั้นยังมีสายที่ใช้สาหรับการควบคุมและตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจต้องใช้จำนวนสายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลก็ได้

ในขณะที่การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเป็นการรับและส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต โดยมีรูปแบบการรับส่งข้อมูลที่เป็นมาตรฐาน ต้องมีการตรวจสอบความพร้อมในการรับและส่งข้อมูลของตัวส่งและตัวรับ

การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การสื่อสารแบบอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

2.11.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมกันอยู่กับการรับและส่งสัญญาณ ตัวอย่างของการส่งแบบซิงโครนัส ได้แก่ คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีสายเส้นหนึ่งเป็นสายของนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นหนึ่งจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูล และกราวด์ รูปที่ 2.19 แสดงให้เห็นถึงการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส



รูปที่ 2.19 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส [9]

2.11.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือ การรับและส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกามาร่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดอัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราความเร็วนี้ว่าอัตราบอด (Baud Rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

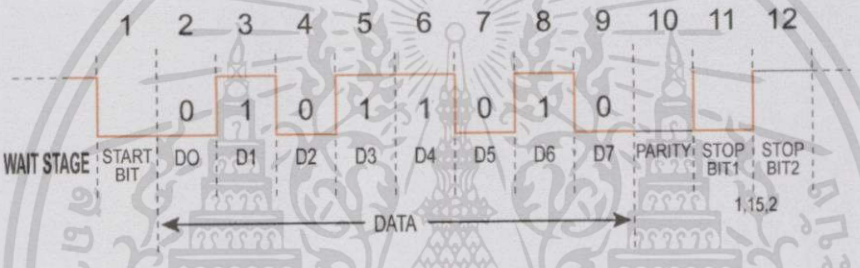
1) บิตเริ่มต้น (Start Bit)
2) บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
3) บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มีบิต
4) บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (Stop Bit) มีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต

รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก “1” เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (Waiting State) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการที่ขา DATA มีลอจิก “0” ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit, LSB) ก่อน ข้อมูลที่ต้องการส่งอาจมีจำนวน 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยพาริตี้บิต เพื่อใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล และบิตสุดท้ายก่อนที่จะส่งก็คือ บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด โดยจะเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก “1” อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อัตราบอดที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ได้แก่ 110 150 300 600 1,200 2,400 4,800 9,600 และ 19,200 บิตต่อวินาที โดยมีค่ามากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอัตราบอดคือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์ จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้อัตราบอดในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที



รูปที่ 2.20 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส [9]

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดเป็นแบบคี่ (Odd) หรือแบบคู่ (Even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ พาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่แสดงถึงจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์ที่มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าของพาริตี้บิตจะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้ากำหนดพาริตี้เป็นคี่ ค่าของพาริตี้บิตจะต้องมีค่าลอจิกเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูลไบต์รวมทั้งบิตเป็นพาริตี้คี่

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ทางภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ที่ตรงกันเอาไว้ว่า จะตรวจสอบพาริตี้คี่ หรือพาริตี้คู่ โดยการนับจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดรวมทั้งพาริตี้บิตด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ส่วนทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้รับทราบ กระบวนการดังกล่าวเป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะสามารถตรวจสอบได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่งจะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

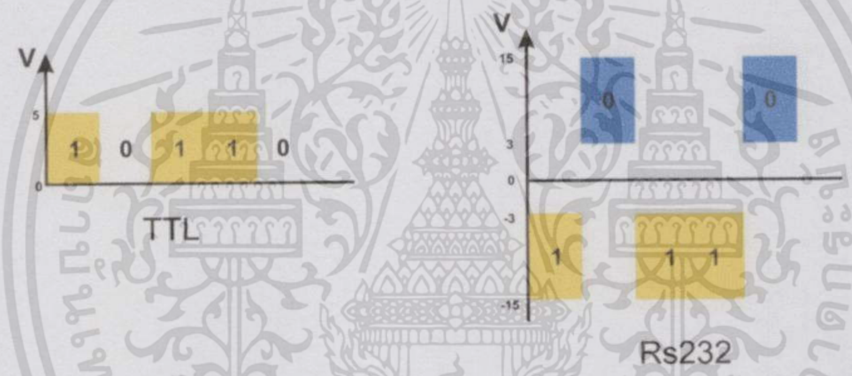
2.11.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS232(Recommended Standard 232)

RS232 คือ มาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบ Serial ใช้เพื่อเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูลแบบ Serial ให้สามารถส่งได้ระยะทางที่มากขึ้น โดยมีการเปลี่ยนระดับแรงดันของลอจิก จากเดิมที่จะอยู่ในช่วง 0-5 V หรือ 0-3.3 V(แรงดันระดับ TTL) เป็นช่วง -15 ถึง 15 V (แรงดันระดับRS232) โดยมีรายละเอียดดังนี้

Logic 0 ของ RS232 จะอยู่ในช่วง 3 ถึง 15V

Logic 1 ของ RS232 จะอยู่ในช่วง -3 ถึง -15V

โดยภาพที่ 2.21 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างแรงดันระดับ TTL กับ แรงดัน RS232



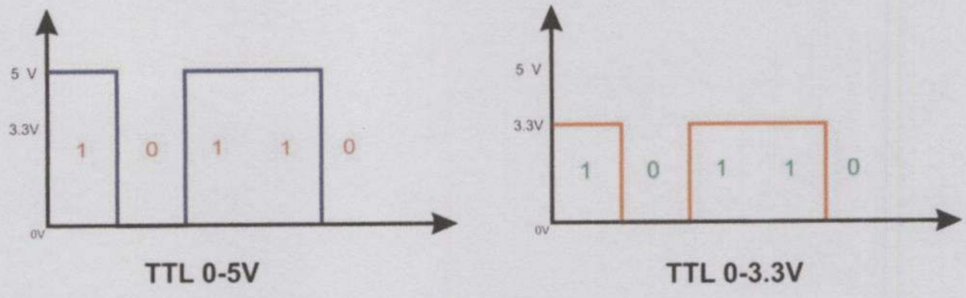
รูปที่ 2.21 การเปรียบเทียบระดับแรงดันTTL กับ ระดับแรงดัน RS232 [7]

จากรูปที่ 2.21 จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 ระดับแรงดันส่ง Data เหมือนกัน แต่ระดับแรงดันที่ใช้ต่างกันมากหากนำอุปกรณ์ที่เป็นระดับแรงดัน TTL ไปต่อกับ RS232 ก็จะเกิดความเสียหายตามมาได้ ซึ่งการแก้ไขปัญหานี้สามารถแก้ไขโดยใช้อุปกรณ์ IC MAX232 ซึ่งก็คือ IC ที่เปลี่ยนระดับแรงดัน TTL เป็น ระดับแรงดัน RS232 และเปลี่ยนระดับแรงดัน RS232 กลับมาเป็นระดับแรงดัน TTL ได้

2.11.4 ระดับแรงดัน TTL(Transistor-Transistor Logic)

TTL เป็นระดับแรงดันที่ถูกกำหนดขึ้นในยุคแรกๆเพื่อใช้ระหว่าง Transistor กับ Transistor ภายในวงจรรวม (IC) ดังนั้น TTL จะใช้ระดับแรงดัน อยู่ที่ 0 – 5 V แต่ในปัจจุบันมีอุปกรณ์หลายเบอร์ที่ทำงานในช่วง 0 – 3.3 V (เรียกแรงดันระดับนี้ว่า LVTTL) ซึ่งผู้ใช้ควรตรวจสอบจาก Datasheet ของอุปกรณ์ที่ใช้เสียก่อนว่าเป็นระดับแรงดันแบบใด เพราะหากใช้ผิดประเภทจะทำให้อุปกรณ์เสียหาย ตัวอย่างระดับแรงดัน TTL และ LVTTL แสดงดังรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ระดับแรงดันTTL และ LVTTL [7]

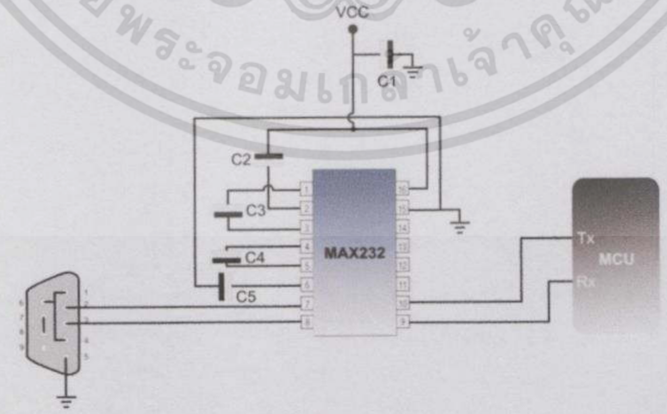
2.11.5 IC MAX 232

IC MAX 232 เป็น IC ที่ใช้เปลี่ยน TTL เป็น RS232 ในฝั่งส่ง และ เปลี่ยน RS232 เป็น TTL ในฝั่งรับ ดังรูปที่ 2.23

รูปที่ 2.23 การสื่อสารระหว่างแรงดัน RS232 กับ แรงดัน TTL โดยใช้ IC MAX232 [7]

2.11.5.1 วิธีต่อใช้งาน MAX232 กรณีใช้แปลงระดับแรงดัน TTL 0-5V เป็น RS232

วิธีต่อใช้งาน MAX232 กรณีใช้แปลงระดับแรงดัน TTL 0-5V เป็น RS232 แสดงได้ดังรูปที่ 2.24



Vcc = 5V

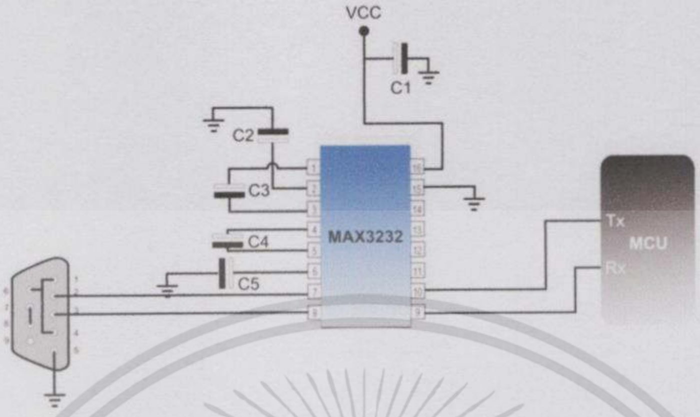
C1 – C5 = 10 uF

รูปที่ 2.24 การต่อIC MAX232 โดยแปลงระดับแรงดัน TTL 0-5V เป็น RS232 [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.5.2 วิธีต่อใช้งาน MAX232 กรณีใช้แปลงระดับแรงดัน LVTTL 0-3.3V เป็น RS232

วิธีต่อใช้งาน MAX232 กรณีใช้แปลงระดับแรงดัน LVTTL 0-3.3V เป็น RS232 แสดงได้ดังรูปที่ 2.25



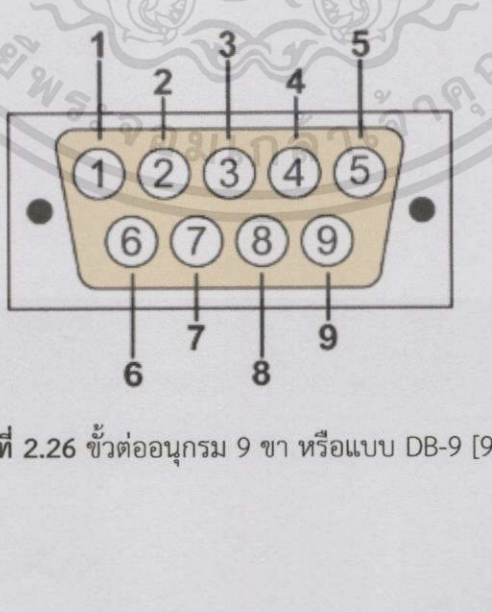
Vcc = 3.3V

C1-C5 = 0.1uF

รูปที่ 2.25 การต่อIC MAX232 โดยแปลงระดับแรงดัน LVTTL 0-3.3V เป็น RS232 [7]

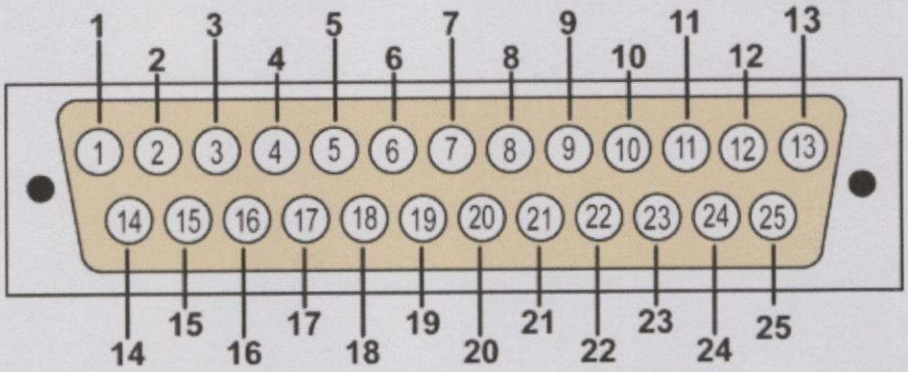
2.11.6 ขั้วต่อสาหรับพอร์ต RS232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้ขั้วต่อแบบ DB-25 หรือ DB-9 ซึ่งขั้วต่อแบบ DB-25 จะมีขาใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกับขั้วต่อแบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยมีการใช้งานมาในอดีต ในปัจจุบันไม่ค่อยมีความสำคัญมากนักจึงถูกยกเลิกไป ในรูปที่ 2.26 และรูปที่ 2.27 นั้นเป็นการแสดงตำแหน่งขาต่างๆ ของขั้วต่อทั้งสองแบบ โดยเป็นภาพที่มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์ และสำหรับตารางที่ 2.3 เป็นการแสดงหน้าที่การทำงานของขาต่างๆ ในขั้วต่อทั้งสองแบบ



รูปที่ 2.26 ขั้วต่ออนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9 [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 ขั้วต่ออนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25 [9]

ตารางที่ 2.3 การจัดขาของสัญญาณพอร์ตอนุกรมในแบบต่างๆ และหน้าที่การทำงาน [9]

ขั้วต่อ DB-9	ขั้วต่อ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RXD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TXD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Single Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

- ขา Data Carrier Detect (DCD) หรืออาจจะเรียกว่า Carrier Detect (CD) ขานี้จะทำงานเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ถูกนำมาใช้งานมากนัก

- ขา Receive Data (RD) หรือ RXD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยจะนำข้อมูลที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

- ขา Transmitted Data (TD) หรือ TXD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์โดยทำการส่งข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

- ขา Data Terminal Ready (DTR) เป็นขาเอาต์พุตที่ใช้สำหรับรับส่งสัญญาณออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ปลายทาง โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ และถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ 3 สาย ต้องเชื่อมต่อขา DTR และ DSR ของพอร์ตอนุกรมเข้าด้วยกัน และจะต้องเชื่อมต่อเข้ากับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

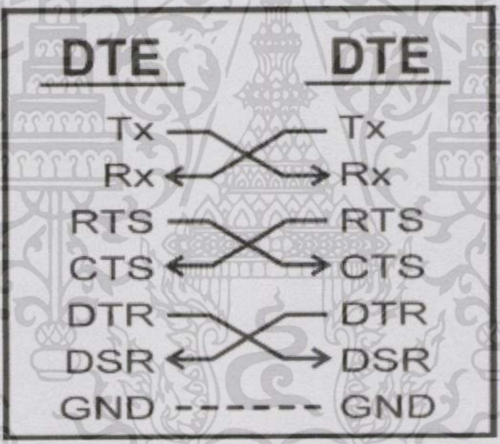
- ขา Single Ground (GND) เป็นขากราวด์ของสัญญาณ

- ขา Data Set Ready (DSR) ขานี้จะใช้ควบคู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอก

- ขา Request To Send (RTS) เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้อุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลมาให้คอมพิวเตอร์โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ซึ่งในกรณีที่มีการเชื่อมต่อแบบ 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS เข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

- ขา Clear To Send (CTS) เป็นขาอินพุตทำหน้าที่รอรับสัญญาณที่ส่งเข้ามา เมื่อมีการส่งสัญญาณเข้ามาที่ขานี้ ข้อมูลที่ขา TXD จะถูกส่งออกไป ขานี้จะใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้วหรือยัง

- ขา Ring Indicator (RI) ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มแล้วยังมีความต้องการตรวจสอบสัญญาณเรียกสายโทรศัพท์



รูปที่ 2.28 การต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมรูปแบบ Null Modem [9]

รูปที่ 2.29 การต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมใช้สายสัญญาณ 3 เส้น [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเชื่อมต่อสายระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูลการเชื่อมต่อ การเชื่อมต่อในรูปที่ 2.28 เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null Modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรง โดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม ส่วนการเชื่อมต่อในรูปที่ 2.29 เป็นการเชื่อมต่อโดยสัญญาณน้อยสุดเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์

2.11.7 มาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (UART)

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากหน่วยประมวลผลกลางให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วทำการส่งข้อมูลออกไป และแปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่หน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังหน่วยประมวลผลกลางแล้ว ยังสามารถแจ้งรายละเอียดอื่น ๆ ของข้อมูลให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลหรืออัตราบอด, รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งข้อมูล (ความผิดพลาดจากพาริตี้ หรือเฟรมข้อมูลโอเวอร์รัน (Overrun))

2.12 C# Programming Language

ภาษาซีชาร์ป (C# Programming Language) เป็นภาษาที่พัฒนามาจากบริษัท Microsoft ซึ่งมี Anders Hejlsberg เป็นหัวหน้าโครงการ ซึ่งตอนนั้นได้ทำการพัฒนาภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เชิงวัตถุได้ โดยได้นำเอาหลักการ ข้อดีของภาษา C, C++ และ JAVA มาเป็นต้นแบบในการพัฒนา ซึ่งทำงานอยู่บน .NET Framework และไวยากรณ์ของภาษา C# จะมีความคล้ายคลึงกับภาษา C, C++ หรือ Java จึงทำให้เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูง นั่นคือมีความใกล้เคียงกับภาษามนุษย์ทำให้สามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 .NET Framework

ดอทเน็ตเฟรมเวิร์ค (.NET Framework) คือแพลตฟอร์ม (Platform) หรือโครงร่างการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยบริษัทไมโครซอฟท์ (Microsoft) เป็นผู้สร้างขึ้นเพื่อเป็นมาตรฐานในการพัฒนาซอฟต์แวร์สำเร็จรูป ซึ่งสามารถรองรับการใช้งานร่วมกับภาษาอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ภาษาซีชาร์พ (C#), ภาษาซีพลัสพลัส (C++), วิชวลเบสิก (Visual Basic), จาวาสคริปต์ (JAVA Script), เดลไฟ (Delphi) และอีกทั้งยังรวมถึงภาษาที่สร้างขึ้นเพื่อรองรับการทำงานของ ดอทเน็ตเฟรมเวิร์ค (.NET Framework) โดยเฉพาะ ได้แก่ วิชวลเบสิกดอทเน็ต (VisualBasic.NET), จาวาสคริปต์ดอทเน็ต (JAVA Script.NET), ซีชาร์พดอทเน็ต (C#.NET), เดลไฟ (Delphi8) เป็นต้น

2.14 SQL (Structured Query Language)

SQL ย่อมาจาก Structured Query Language คือภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เพื่อจัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เป็นภาษามาตรฐานบนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และเป็นระบบเปิด (open system) หมายถึงเราสามารถใช้คำสั่ง SQL กับฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้ และคำสั่งงานเดียวกันเมื่อสั่งงานผ่าน ระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกันจะได้ผลลัพธ์เหมือนกัน ทำให้เราสามารถเลือกใช้ฐานข้อมูล ชนิดใดก็ได้โดยไม่ติดยึดกับฐานข้อมูลใดฐานข้อมูลหนึ่ง นอกจากนี้แล้ว SQL ยังเป็นชื่อโปรแกรมฐานข้อมูล ซึ่งโปรแกรม SQL เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างของภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพการทำงานสูง สามารถทำงานที่ซับซ้อนได้โดยใช้คำสั่งเพียงไม่กี่คำสั่ง โปรแกรม SQL จึงเหมาะที่จะใช้กับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และเป็นภาษาหนึ่งซึ่งแบ่งการทำงานได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

1. Select query ใช้สำหรับดึงข้อมูลที่ต้องการ
2. Update query ใช้สำหรับแก้ไขข้อมูล
3. Insert query ใช้สำหรับการเพิ่มข้อมูล
4. Delete query ใช้สำหรับลบข้อมูลออกไป

2.14.1 ประเภทของคำสั่งภาษา SQL

1. ภาษานิยามข้อมูล(Data Definition Language; DDL) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการสร้างฐานข้อมูลกำหนดโครงสร้างข้อมูลว่ามีแอททริบิวต์ใด ชนิดของข้อมูล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงตาราง และการสร้างดัชนี คำสั่ง : CREATE, DROP, ALTER

2. ภาษาจัดการข้อมูล (Data Manipulation Language; DML) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเรียกใช้ เพิ่ม ลบ และเปลี่ยนแปลงข้อมูลในตาราง คำสั่ง : SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาษาควบคุมข้อมูล (Data Control Language; DCL) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดสิทธิการอนุญาต หรือ ยกเลิก การเข้าถึงฐานข้อมูล เพื่อป้องกันความปลอดภัยของฐานข้อมูล คำสั่ง : GRANT, REVOKE

2.15 SQL Server

SQL Server หรือ Microsoft SQL Server คือระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database management system หรือ RDBMS) ผลิตโดยบริษัท Microsoft เป็นระบบฐานข้อมูลแบบ Client/Server และรันอยู่บนระบบปฏิบัติการ Window ซึ่งใช้ภาษา T-SQL ในการดึงเรียกข้อมูล ด้วยเหตุที่ข้อมูลส่วนใหญ่ทั่วโลกเก็บไว้ในเครื่องที่ใช้ Microsoft Windows เป็น Operating System จึงทำให้เป็นการง่ายต่อ Microsoft SQL ที่จะนำข้อมูลที่อยู่ในรูป Windows Based มาเก็บและประมวลผล

2.16 Wi-Fi (Wireless Fidelity)

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายโดยเฉพาะเครือข่ายไว-ไฟ (Wi-Fi Wireless Local Area Network) เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายจะเห็นได้ว่าในหลายองค์กรไม่ว่าจะเป็นของภาครัฐหรือของภาคเอกชน มหาวิทยาลัยหรือสถานที่สาธารณะเริ่มมีการนำ Wi-Fi มาติดตั้งและใช้งาน การติดตั้งเครือข่าย Wi-Fi สามารถกระทำได้โดยง่ายปราศจากการเดินสายเน็ตเวิร์กใหม่ที่ยุ่งยากซับซ้อน เพราะฉะนั้นจึงสามารถทำการติดตั้งได้อย่างรวดเร็วและประหยัดค่าใช้การใช้จ่ายในการดำเนินงาน Wi-Fi ช่วยเพิ่มโอกาส เวลา และสถานที่ ให้กับผู้ใช้ในการเชื่อมต่อกับเครือข่าย

เทคโนโลยีไร้สายที่เป็นพื้นฐานของ Wi-Fi Public Hotspot คือเทคโนโลยี IEEE 802.11 ซึ่งเป็นมาตรฐาน Wireless Local Area Network ครอบคลุมการใช้งานอยู่ภายในรัศมีประมาณ 100 เมตร (ในอาคารสถานที่) หรือประมาณ 300 เมตร (นอกอาคารสถานที่) รัศมีการใช้งานจริงอาจแตกต่างจากนี้ได้ตามสภาพแวดล้อมในพื้นที่ที่ให้บริการและระดับของสัญญาณรบกวนในบริเวณนั้นๆ มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้รับการพัฒนาโดย IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) เริ่มแรกสามารถรับส่งข้อมูลที่ความเร็วถึง 1-2 Mbps ในย่านความถี่ 2.4 กิกกะเฮิรตซ์ ISM band เป็นย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องมีใบอนุญาตใช้ความถี่หรือ License หลังจากนั้นมาตรฐาน IEEE 802.11 ได้มีการพัฒนากันมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันเกิดเป็นมาตรฐานเสริมจำนวนมากมายตัวอย่างเช่น IEEE 802.11a ซึ่งพัฒนาส่วนของ Physical Layer ให้มีการเพิ่มความเร็วในการรับ-ส่งเป็น 54 Mbps ที่ความถี่ 5 กิกกะเฮิรตซ์, 802.11b, 802.11g เพิ่มความเร็วในการรับส่งเป็น 11 Mbps และ 54 Mbps ตามลำดับที่ความถี่ 2.4 กิกกะเฮิรตซ์ 802.11i ปรับปรุงด้านความปลอดภัย 802.11e ปรับปรุงประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลหรือ Quality

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of Service (QoS) ให้กับ Multimedia Applications ในปัจจุบัน Wi-Fi Public Hotspot ในเมืองไทยจะติดตั้งด้วยเทคโนโลยี IEEE 802.11g เป็นส่วนใหญ่

2.16.1 มาตรฐาน IEEE 802.11b

มาตรฐาน IEEE 802.11b เสร็จสมบูรณ์เมื่อปี พ.ศ. 2542 ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า CCK (Complimentary Code Keying) ผนวกกับ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ผ่านคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 กิกกะเฮิรตซ์ เป็นย่านความถี่ที่เรียกว่า ISM (Industrial Scientific and Medical) ถูกจัดสรรไว้อย่างสากลสำหรับการใช้งานอย่างสาธารณะด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม และการแพทย์ เช่น IEEE 802.11 บลูทูธ โทรศัพท์ไร้สาย และเตาไมโครเวฟ มีระยะการส่งสัญญาณได้ไกลมากถึง 100 เมตร

2.16.2 มาตรฐาน IEEE 802.11g

มาตรฐาน IEEE 802.11g เสร็จสมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2546 ทางคณะทำงาน IEEE 802.11g ได้นำเอาเทคโนโลยี OFDM ของ 802.11a มาพัฒนาบนความถี่ 2.4 กิกกะเฮิรตซ์ จึงทำให้ใช้ความเร็ว 36-54 Mbps เป็นความเร็วที่สูงกว่ามาตรฐาน 802.11b ซึ่ง 802.11g สามารถปรับระดับความเร็วในการสื่อสารลงเหลือ 2 Mbps ได้ตามสภาพแวดล้อมของเครือข่ายที่ใช้งาน นอกจากความเร็วที่เพิ่มขึ้นแล้ว มาตรฐานนี้ยังสามารถทำงานร่วมกันกับมาตรฐาน 802.11b (Backward Compatible) ที่ได้มีการติดต่อกันอย่างแพร่หลาย โดยถ้าแอกเซสพอยต์ที่ใช้เป็นชนิดที่รองรับมาตรฐาน 802.11g แอกเซสพอยต์ก็จะยอมรับการเชื่อมต่อทั้งจากลูกข่ายที่ไม่ว่าจะเป็นแบบ b หรือแบบ g ก็ตาม ซึ่งจะทำงานตามความเร็วต่ำสุด 11 Mbps ตามมาตรฐาน b ในกรณีที่มีผู้ใช้งานทั้งสองมาตรฐาน แต่จะทำงานที่ 54 Mbps ในกรณีที่มีการเชื่อมต่อจากเครื่องลูกข่ายที่เป็นมาตรฐาน 802.11g ทั้งหมด ทำให้มาตรฐานนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เข้ามาแทนที่มาตรฐาน 802.11b

2.17 รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย

2.17.1 Peer-to-Peer (Adhoc Mode)

รูปแบบการเชื่อมต่อระบบแลนไร้สายแบบ Peer to Peer เป็นลักษณะ การเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 เครื่องหรือมากกว่านั้น เป็นการใช้งานร่วมกันของ Wireless Adapter Cards โดยไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบใช้สาย โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีความเท่าเทียมกันสามารถทำงานของตนเองได้และขอใช้บริการเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นได้ เหมาะสำหรับการนำมาใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในด้านความรวดเร็วหรือติดตั้งได้โดยง่ายเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับ ยกตัวอย่างเช่น ในศูนย์ประชุม หรือการประชุมที่จัดขึ้นนอกสถานที่

2.17.2 Client/Server (Infrastructure Mode)

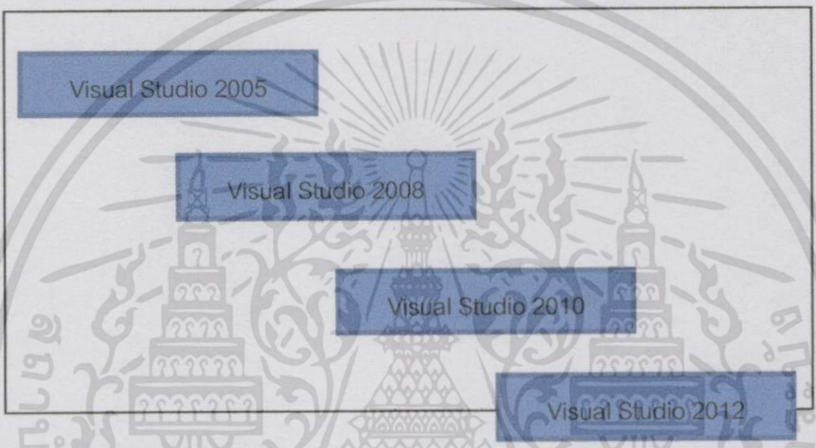
ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Client / Server หรือ Infrastructure Mode เป็นลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point (AP) หรือเรียกว่า Hot Spot ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) โดยกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อรับและส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของ AP จะกลายเป็นเครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันที โดยเครื่องคอมพิวเตอร์จะสามารถติดต่อกันหรือติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์เพื่อแลกเปลี่ยนและค้นหาข้อมูลได้ โดยต้องติดต่อผ่าน AP เท่านั้น ซึ่ง AP 1 จุดสามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ถึง 15-50 อุปกรณ์ของเครื่องลูกข่ายเหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่ายหรือใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายแบบใช้สายเดิมในออฟฟิศ ห้องสมุดหรือในห้องประชุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18 Visual Studio

วิชวลสตูดิโอ (Visual Studio) คือ Integrated Development Environment (IDE) พัฒนาขึ้นโดยไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยนักพัฒนาซอฟต์แวร์พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ เว็บแอปพลิเคชั่น และเว็บเซอร์วิส ซึ่งระบบที่รองรับการทำงานนั้นมีไมโครซอฟท์ วินโดวส์ พ็อคเกตพีซี สมาร์ทโฟน และ เว็บเบราว์เซอร์ในปัจจุบัน และวิชวลสตูดิโอนั้นสามารถใช้ภาษาโปรแกรมได้หลากหลายในโปรแกรมเดียวกัน เช่น วิชวลเบสิกดอทเน็ท (VB.NET) ภาษาซีพลัสพลัส (C++) ภาษาซีชาร์ป (C#) ภาษาเจชาร์ป (J#) เป็นต้น ซึ่งรูปที่ 2.30 เป็นการแสดงเวอร์ชั่นไมโครซอฟท์ วิชวลสตูดิโอ จากเริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน



รูปที่ 2.30 เวอร์ชั่นของ Visual Studio จากเริ่มต้น จนถึงปัจจุบัน

ปัจจัยสำคัญในการพัฒนาของ Visual Basic 2010 คือสิ่งที่เรียกว่า .NET Framework ซึ่งเป็นแนวคิดที่จะทำให้การพัฒนาแอพพลิเคชั่นทำได้ง่ายและรวดเร็วนำไปใช้งานได้ในสภาพแวดล้อม โดยมีจุดประสงค์สำคัญคือสามารถใช้งานในสภาวะของฮาร์ดแวร์หรือระบบปฏิบัติการ ที่แตกต่างกันได้อย่างไม่มีปัญหา ซึ่งปัจจุบันได้ถูกพัฒนามาเป็นเวอร์ชั่น .NET Framework 4.5 แล้ว โดยมาพร้อมกับ Visual Studio 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

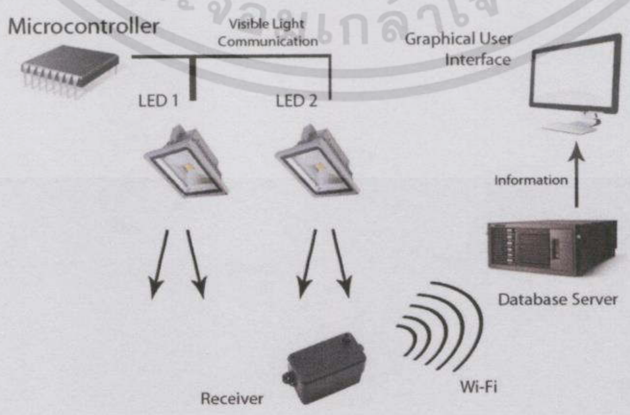
บทที่ 3
โครงสร้างของระบบและการออกแบบ

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงภาพรวมการทำงานของระบบ รายละเอียดแต่ละส่วนของโครงสร้างในระบบ และวิธีการออกแบบการทำงานของระบบ

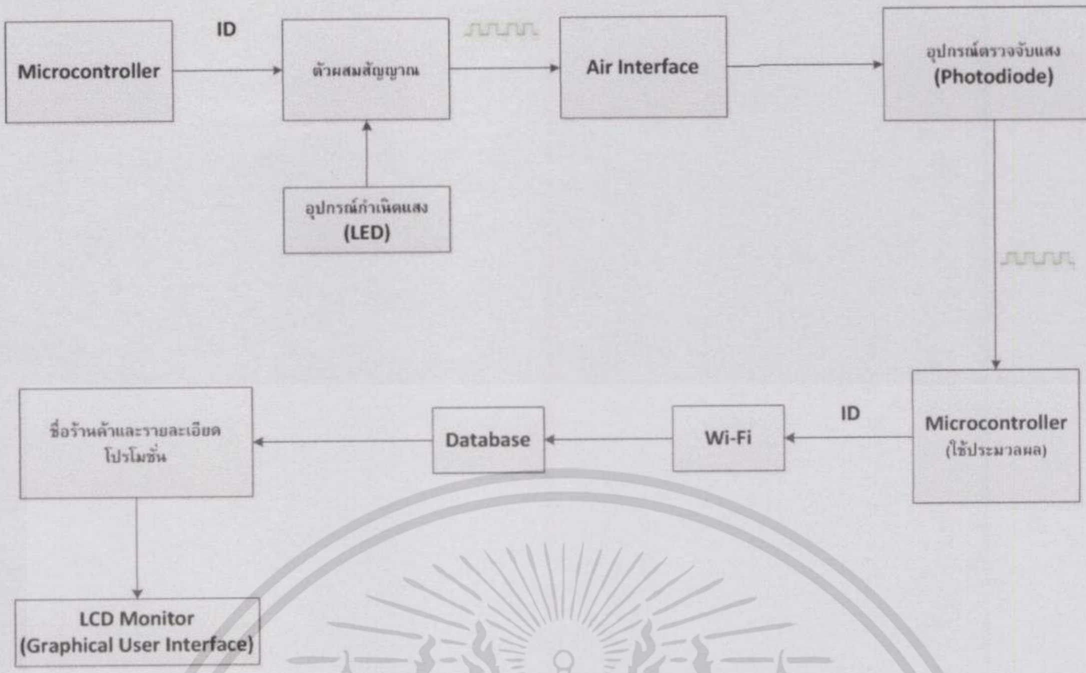
3.2 โครงสร้างของระบบ

โครงงานนี้ได้นำความสามารถในการสื่อสารผ่านแสงที่มองเห็นได้ (Visible Light Communication; VLC) มาประยุกต์ใช้กับห้างสรรพสินค้า ด้วยการทำแอพพลิเคชั่นบนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Friendly Arm, Thin client, Rasberry Pi) สำหรับการระบุตำแหน่งของร้านค้า รวมถึงการแสดงโปรโมชั่นของสินค้าภายในร้านค้านั้นๆ ซึ่งภาพรวมต่างๆของระบบแสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งระบบนี้จะเริ่มทำงานจากตัวอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมการส่งข้อมูล (Microcontroller) และหลอดแอลอีดี ซึ่งถูกติดตั้งไว้บริเวณภายในร้านค้า ซึ่งข้อมูลของตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลนั้นจะมีข้อมูลที่เป็นเลขประจำตัวของร้านค้า (ID) โดยในแต่ละร้านค้านั้นจะมีค่าไม่เหมือนกัน ส่วนทางด้านรับนั้นก็จะมีอุปกรณ์สำหรับการรับแสง ซึ่งก็คือโฟโต้ไดโอด (Photo Diode) ไว้สำหรับรับข้อมูลที่ส่งจากหลอดแอลอีดี เมื่อลูกค้าเข้ามาใช้บริการภายในร้านค้า เดินผ่านตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ตัวส่งข้อมูล อุปกรณ์ตัวรับข้อมูลที่ติดไว้ใกล้ๆกับตัวลูกค้า เช่น รถเข็น ตะกร้า ก็จะทำการตรวจจับหมายเลข ID ที่ส่งผ่านทางแสงและส่งหมายเลข ID ที่ได้ไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ของทางร้านผ่านทาง Wi - Fi จากนั้นเครื่องเซิร์ฟเวอร์ก็จะทำการตรวจสอบ ID และส่งรายละเอียดต่างๆของร้านค้า และโปรโมชั่นที่มีภายในร้านค้านั้นๆให้แก่ลูกค้าทราบผ่านทางหน้าจอแอลซีดี ซึ่งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวรับข้อมูล



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

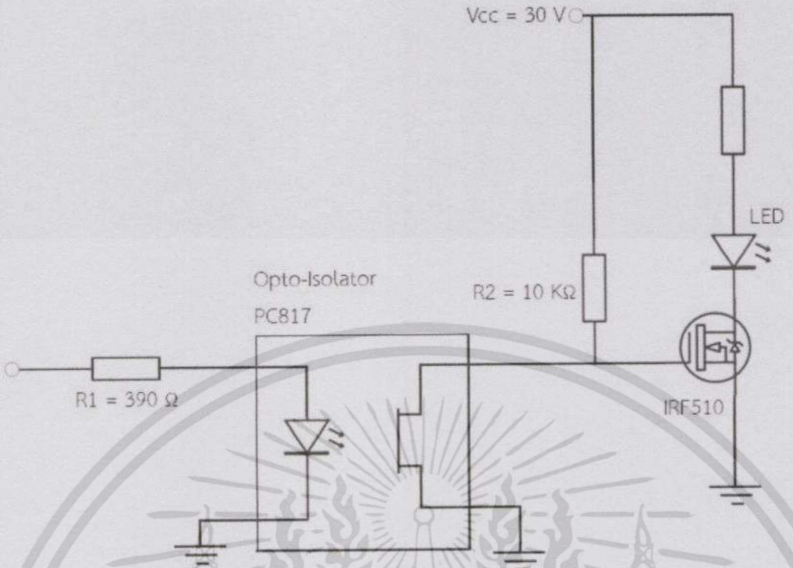


รูปที่ 3.2 กระบวนการทำงานโดยรวม

จากรูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบโดยเริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการระบุหมายเลข ID ของทางร้านค้าไว้รวมถึงควบคุมการส่งข้อมูลของแอลอีดี จากนั้นส่งข้อมูลต่อไปยังหลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode) เพื่อปล่อยสัญญาณแสงซึ่งอยู่ในช่วงความถี่แสงที่สามารถมองเห็นได้ โดยเมื่อข้อมูลถูกส่งถึงหลอดแอลอีดีแล้ว สัญญาณจะเปลี่ยนจากสัญญาณข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสง โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวควบคุมในการผสมสัญญาณระหว่างสัญญาณแสงและสัญญาณข้อมูล ด้วยวิธีการมอดูเลชั่นแบบ ออน-ออฟคีย์อิ้ง ตามรหัสไบนารี่ (Binary) เพื่อระบุ ID ของร้านค้านั้นๆ แล้วส่งผ่านไปยังช่องสัญญาณทางอากาศไปยังอุปกรณ์ตรวจจับแสง แล้วจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ทางฝั่งรับข้อมูลก็จะทำการประมวลผลจนได้ ID ของร้านค้าแล้วส่งไปยังฐานข้อมูลของเครื่องเชิร์ฟเวอร์ผ่านทาง Wi – Fi แล้วดึงข้อมูลของร้านค้าพร้อมโปรโมชั่นสินค้าภายในร้านที่ถูกเก็บไว้มาแสดงผ่านแอพพลิเคชั่นบนหน้าจอของ FriendlyArm ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์รับสัญญาณให้แก่ลูกค้าทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ชุดอุปกรณ์ส่งข้อมูลผ่านแสงจากแอลอีดี



รูปที่ 3.3 วงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากแอลอีดี

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

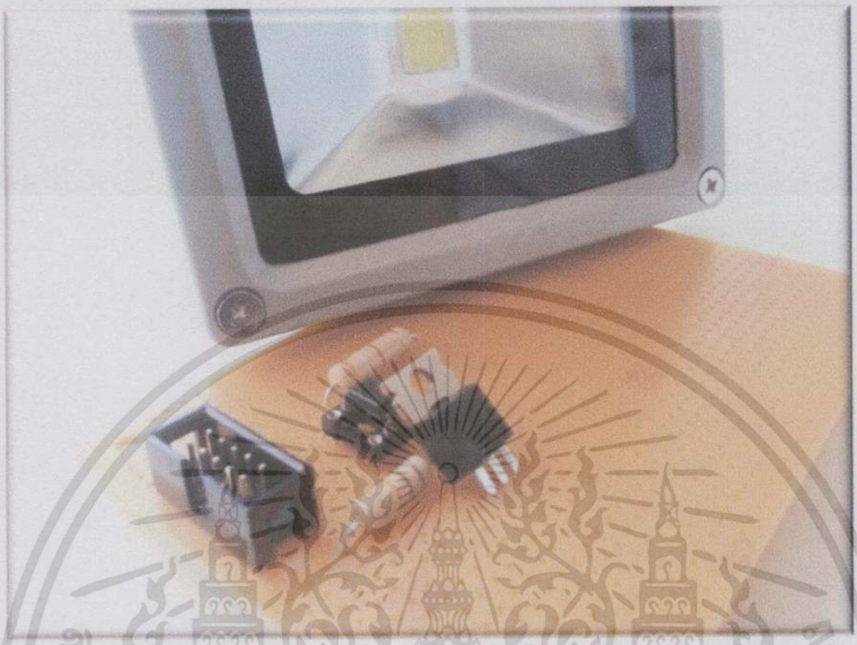
- ตัวต้านทาน 390 โอห์ม จำนวน 1 ชิ้น
- ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม จำนวน 1 ชิ้น
- ออปโตไอโซเลเตอร์ PC817 จำนวน 1 ชิ้น
- ทรานซิสเตอร์ MOSFET N Channel IRF510 จำนวน 1 ชิ้น
- สปอร์ตไลท์แอลอีดี 30 วัตต์ 220V จำนวน 1 หลอด

3.3.2 การออกแบบวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดี

จากรูปที่ 3.3 การออกแบบวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากแอลอีดีนั้น จะทำการออกแบบให้มีการส่งสัญญาณแบบกลับเฟสโดยใช้ทรานซิสเตอร์มอสเฟต IRF510 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการขับกระแสให้กับวงจรส่งสัญญาณด้วยกระแสสูงสุด ทำให้หลอดแอลอีดีจะสว่างมากที่สุดเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ได้ทำการส่งข้อมูล (Input = 0V) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้หลอดแอลอีดีมีการกระพริบ และติดสว่างตลอดเวลา และนอกจากนี้ยังมีการใช้อุปกรณ์สวิตช์ควบคุมด้วยแสง (Opto-Isolator) ซึ่งจะเป็นการต่อแบบแยกวงจรเป็น 2 วงจรย่อยๆโดยวิธีการแยกขากราวน์ของวงจรทั้งสองออกจากกัน ซึ่งการแยกวงจรแบบนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ไหลไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

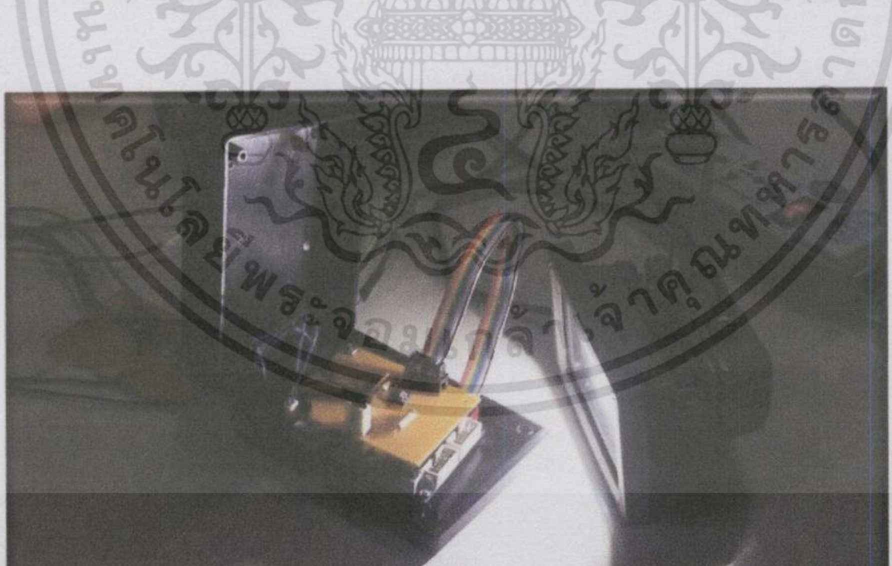
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตรง ซึ่งอาจทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดชำรุดได้ โดยวงจรตัวส่งที่ได้ทำการออกแบบแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดีบนบอร์ดไข่ปลา

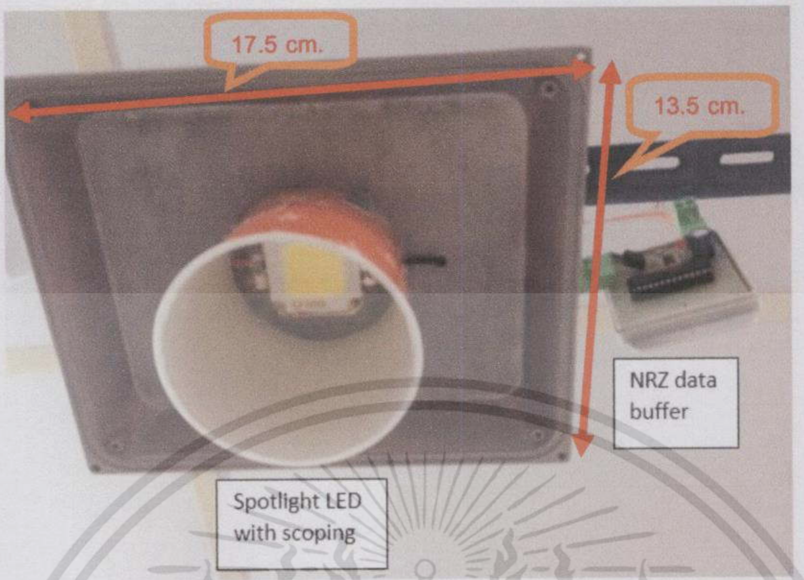
การทดลองจ่ายไฟเข้าวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดีบนบอร์ดไข่ปลาแสดงดังรูปที่ 3.5



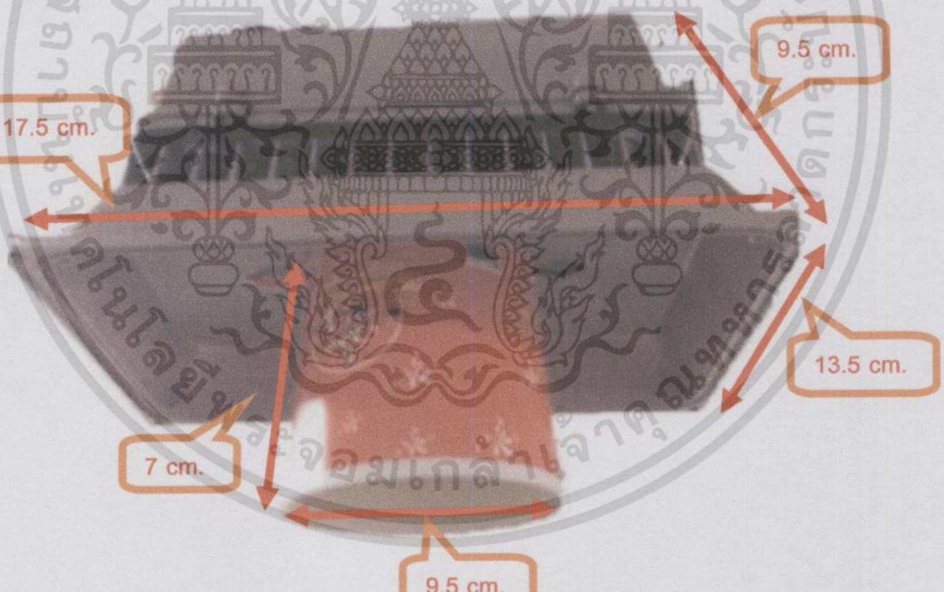
รูปที่ 3.5 การทดลองจ่ายไฟเข้าวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดีบนบอร์ดไข่ปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณแสงเมื่อติดตั้งบนโครงเหล็กแสดงได้ดังรูปที่ 3.6 – 3.7



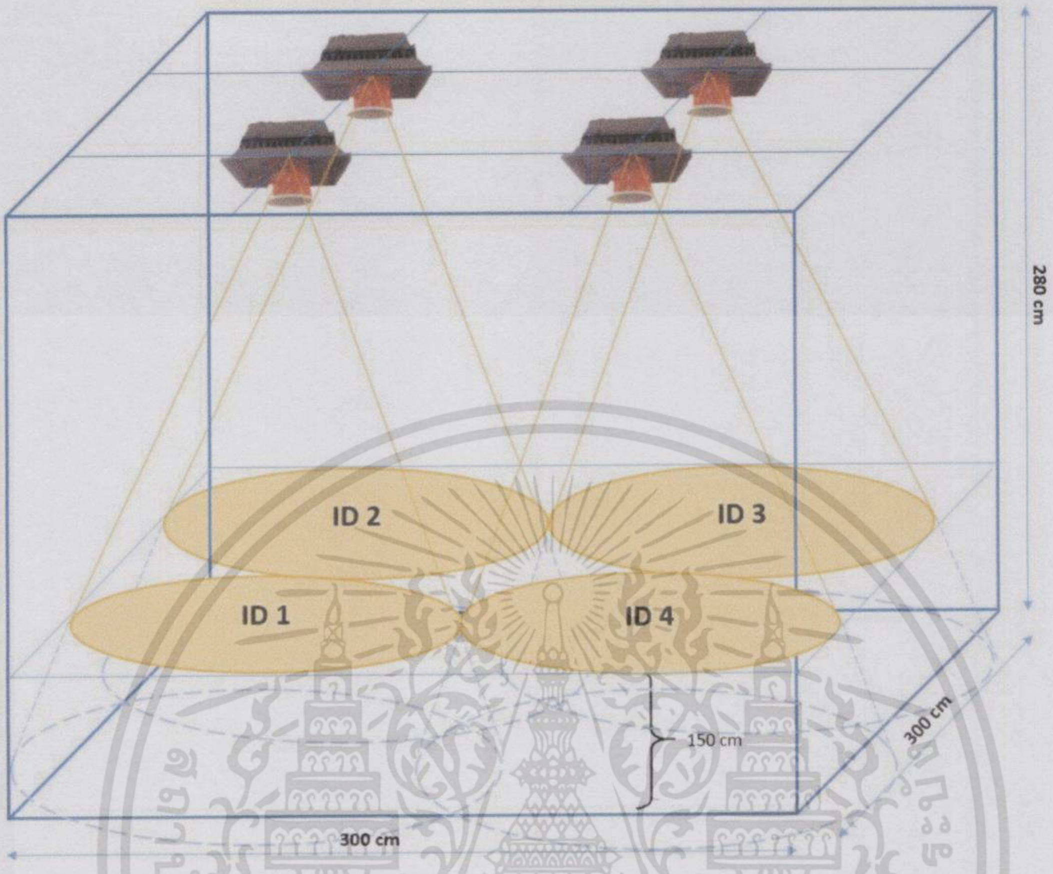
รูปที่ 3.6 การเพิ่มโคมของหลอดไฟเพื่อบีบลำแสงให้มีกำลังวัตต์มากขึ้น



รูปที่ 3.7 ภาพด้านข้างของหลอดไฟเมื่อทำการติดตั้งบนโครงเหล็กจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

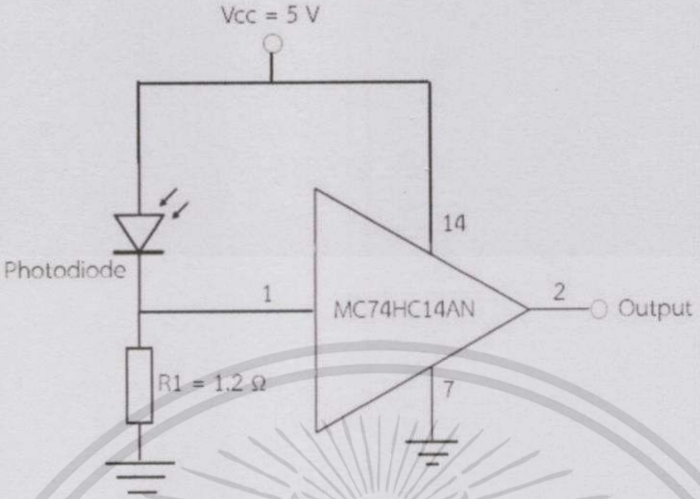
แบบจำลองระบบภายในห้างสรรพสินค้าเมื่อทำการติดตั้งหลอดแอลอีดีแสดงได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แบบจำลองระบบภายในห้างสรรพสินค้าเมื่อทำการติดตั้งหลอดแอลอีดีแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ชุดอุปกรณ์รับข้อมูลจากแสง



รูปที่ 3.9 วงจรรับข้อมูลแสงจากหลอด LED

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้

- ตัวต้านทาน 1.2 เมกะโอห์ม จำนวน 1 ชิ้น
- ทรานซิสเตอร์ MOSFET N Channel IRF510 จำนวน 1 ชิ้น
- โฟโต้ไดโอด จำนวน 1 ชิ้น

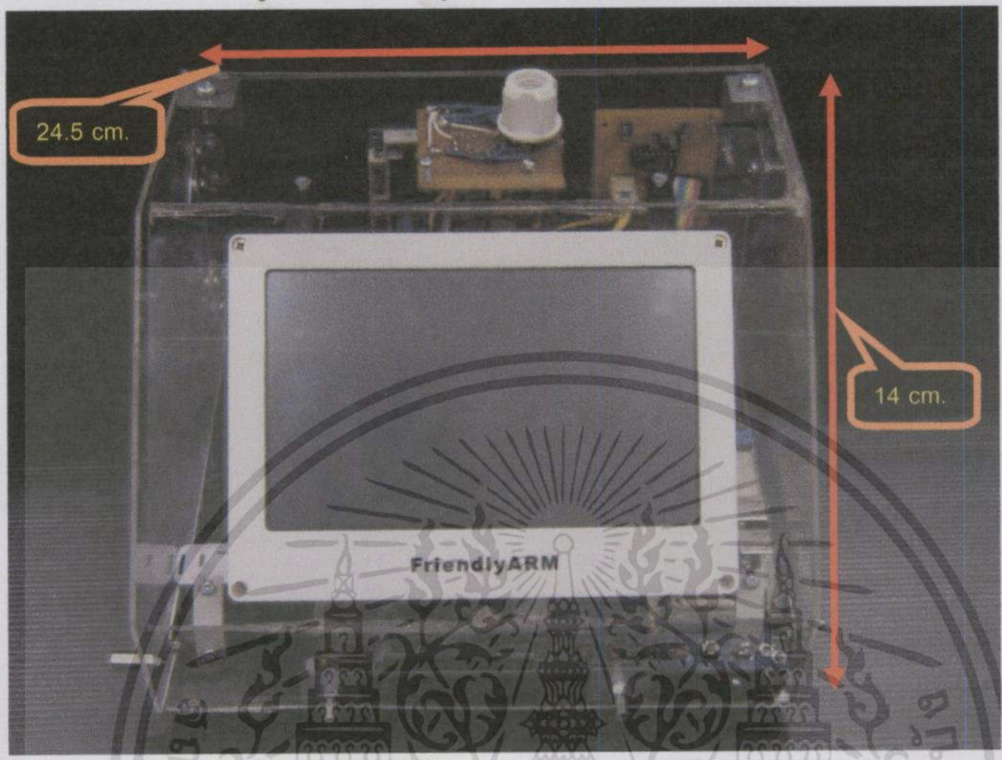
3.4.2 การออกแบบวงจรรับข้อมูลแสงจากหลอดแอลอีดี

จากรูปที่ 3.9 วงจรรับข้อมูลแสงจากหลอดแอลอีดี มีการออกแบบให้ใช้โฟโต้ไดโอดในการรับสัญญาณแสงเข้ามา และนอกจากนี้ยังมีการใช้ IC MC74HC14 มาใช้ในการรักษาระดับแรงดันระดับ TTL (แรงดันที่เข้ามาจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 5V) ทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์สัญญาณข้อมูลที่รับได้ โดยวงจรตัวรับที่ได้ทำการออกแบบแสดงได้ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 วงจรรับข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดีบนบอร์ดไข่ปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรับสัญญาณเมื่อติดตั้งบนชุดอุปกรณ์รับสัญญาณ และหน้าจอสำหรับแสดงโปรโมชั่นสินค้าและตำแหน่งของลูกค้า แสดงได้ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12



รูปที่ 3.11 ชุดอุปกรณ์รับสัญญาณ

รูปที่ 3.12 หน้าจอสำหรับแสดงโปรโมชั่นสินค้าและตำแหน่งของลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การรับส่งข้อมูลจากชุดการทดลอง

สำหรับการรับส่งข้อมูลจากชุดการทดลอง จะทำการโปรแกรมการส่งข้อมูลตัวอักษรลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการส่งตัวอักษรในรูปของเลขฐาน16 ซึ่งมีขนาด 1 ไบต์ ที่มีลักษณะข้อมูลตามตาราง ASCII ซึ่งเมื่อผ่านวงจรตัวส่งข้อมูลแสง วงจรจะทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยกำหนดให้ บิต 0 แทนการติดสว่างของหลอดแอลอีดี และบิต 1 แทนการดับของหลอดแอลอีดี และความถี่ในการการกระพริบจะขึ้นอยู่กับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูล (Baud rate) จากนั้นวงจรรับสัญญาณแสงก็จะทำการรับข้อมูลเข้ามา และทำการส่งสัญญาณออกไปเพื่อประมวลผล โดยการทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรจากหลอดแอลอีดีไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสง แสดงดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 การทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรจากหลอดแอลอีดีไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสง

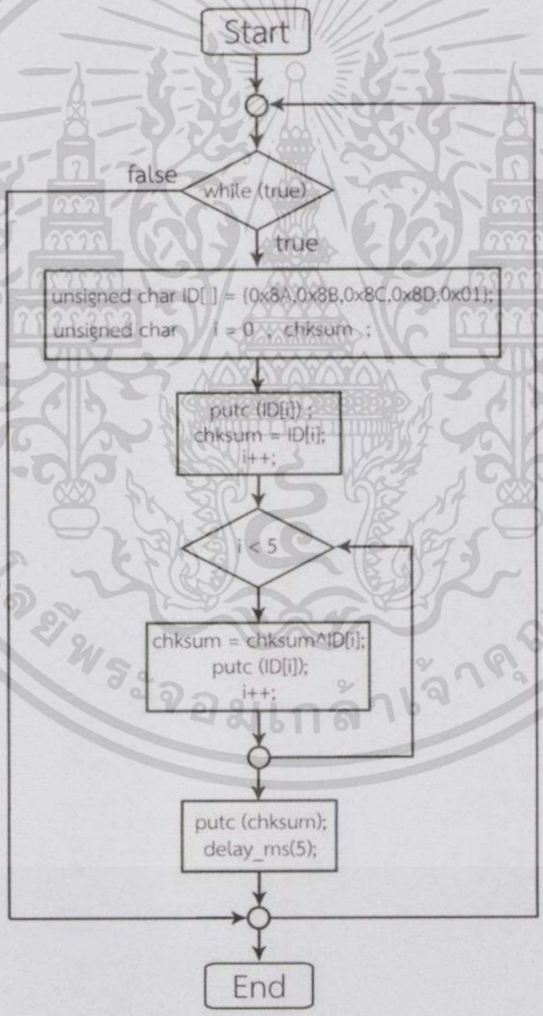
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบการทำงานของ PIC 18F8722

3.6.1 การควบคุมการส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้

การส่งข้อมูลผ่านแสงนี้ จะใช้หลักการของ ออน – ออฟคีย์อิ้ง โดยการเปิด – ปิดหลอดแอลอีดีหรือก็คือ กำหนดให้หลอดแอลอีดีมีการกระพริบเปิด – ปิดที่แตกต่างกันตามข้อมูลที่ส่งออกไป โดยชุดข้อมูลหนึ่งๆ (1 หมายเลข ID) จะมีขนาดเท่ากับ 1 ไบต์ ซึ่งในที่นี้เราจะมีการส่งข้อมูลให้กับหลอดไฟแต่ละดวงเป็นจำนวน 6 ไบต์ โดย 4 ไบต์แรกเป็นจำนวนของข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบ ไบต์ที่4 เป็นข้อมูล ID จริง และไบต์สุดท้ายคือข้อมูล checksum จากไบต์ตรวจสอบกับไบต์ ID จริง โดยมีการทำงานตามผังงาน (Flowchart) ตามรูปที่ 3.14 ดังนี้

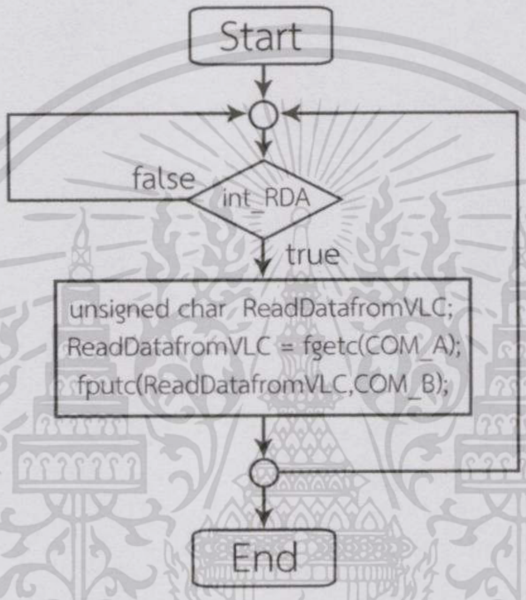


รูปที่ 3.14 การควบคุมการทำงานของวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การควบคุมการรับข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้

หลักการในการรับข้อมูลคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบก่อนว่าได้รับข้อมูลจากพอร์ต RS232 หรือยัง โดยการเรียกใช้อินเทอร์รัพ int_RDA ซึ่งหากได้รับข้อมูลเข้ามาแล้วก็จะทำการเก็บข้อมูลที่ได้ลงในบัฟเฟอร์แล้วแสดงข้อมูลที่ได้ออกมาตามที่รับจากวงจรส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ เช่นในที่นี้ส่งข้อมูลเป็น 0x8A,0x8B,0x8C,0x8D,0x01ตามด้วยchksum ดังนั้นค่าที่รับได้จึงเป็นค่าที่กล่าวไว้ โดยมีการทำงานตามผังงาน (Flowchart) ตามรูปที่ 3.15 สำหรับผลลัพธ์ของข้อมูล ID จริงจะต้องผ่านโปรแกรมซอฟต์แวร์เพื่อประมวลผลออกมาอีกที



รูปที่ 3.15 การควบคุมการทำงานของวงจรรับข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้

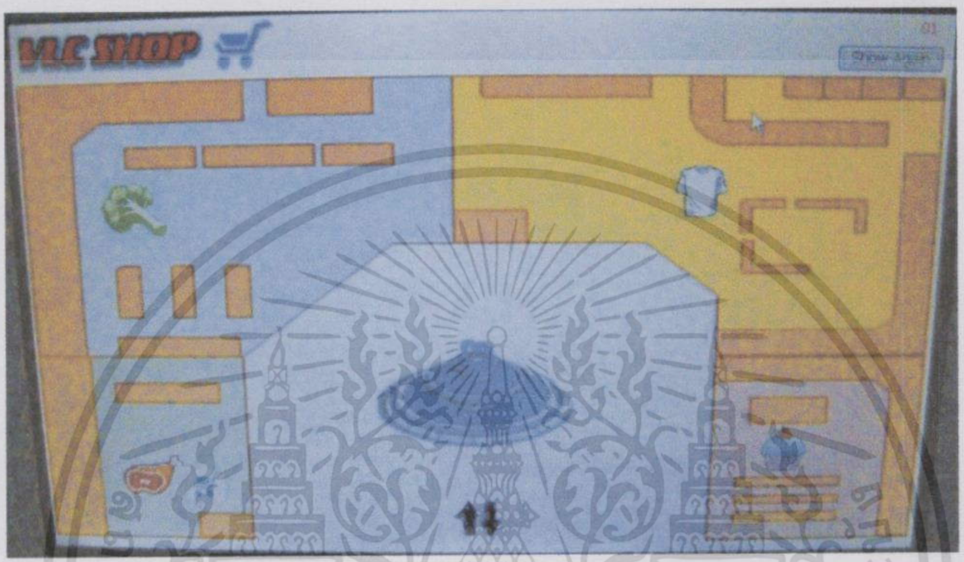
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 โปรแกรมติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface)

การออกแบบโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งานนั้นแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

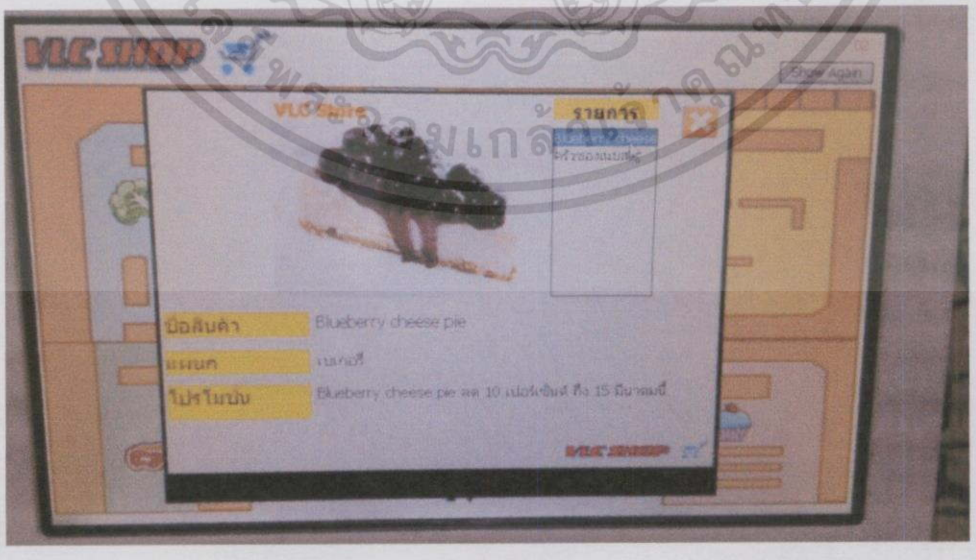
3.7.1 โปรแกรมติดต่อลูกค้า (Client Interface)

ในส่วนของโปรแกรมติดต่อลูกค้าเมื่อลูกค้าเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะแสดงรูปของแผนที่ภายในห้างสรรพสินค้าต่างๆ ดังรูปที่ 3.16



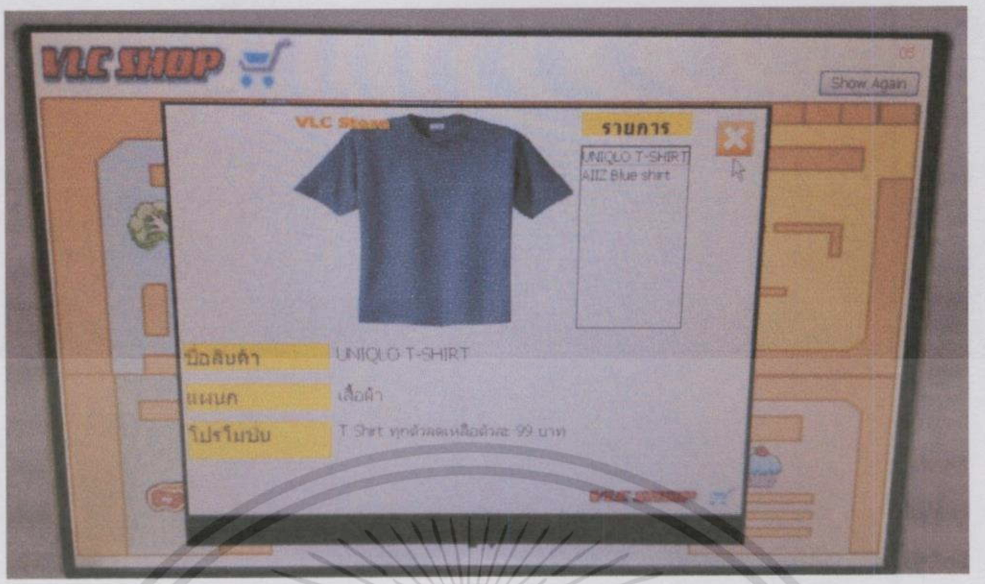
รูปที่ 3.16 หน้าตาโปรแกรมติดต่อลูกค้า (Client Interface) ตอนเริ่มต้นโปรแกรม

จากนั้นเมื่อลูกค้าเข็นรถเข็นไปตามแผนกต่างๆแล้วอุปกรณ์ในภาครับสัญญาณสามารถรับข้อมูล ID ได้ก็จะแสดงป๊อปอัพของโปรโมชั่นสินค้าภายในบริเวณแผนกนั้นๆออกมาตามข้อมูล ID ที่รับได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.17-3.20



รูปที่ 3.17 หน้าตาโปรแกรมเมื่อลูกค้าอยู่ภายในบริเวณแผนกเบเกอร์รี่

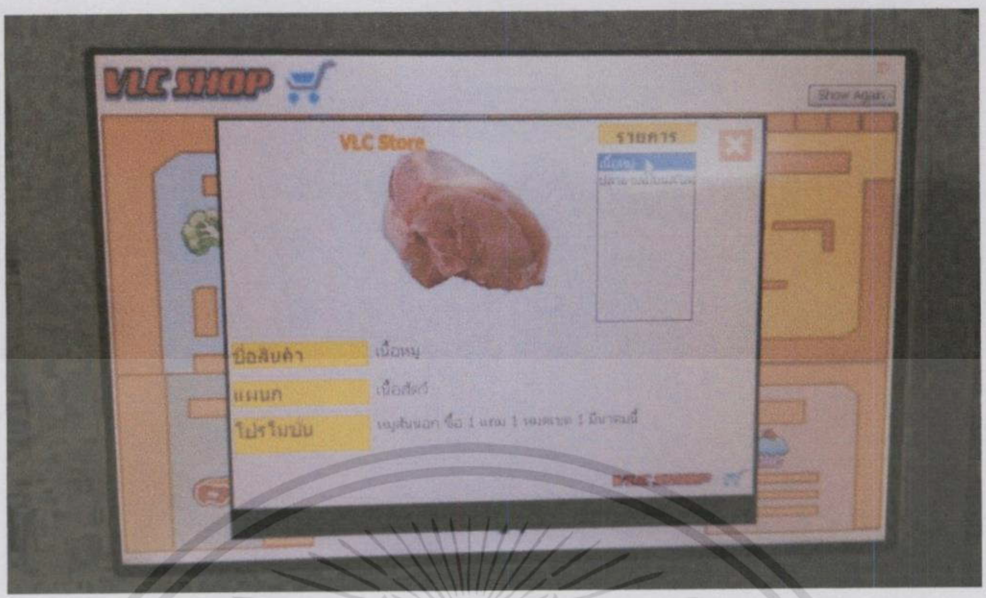
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 หน้าตาโปรแกรมเมื่อลูกค้าอยู่ภายในบริเวณแผนกเสื้อผ้า

รูปที่ 3.19 หน้าตาโปรแกรมเมื่อลูกค้าอยู่ภายในบริเวณแผนกอาหารแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

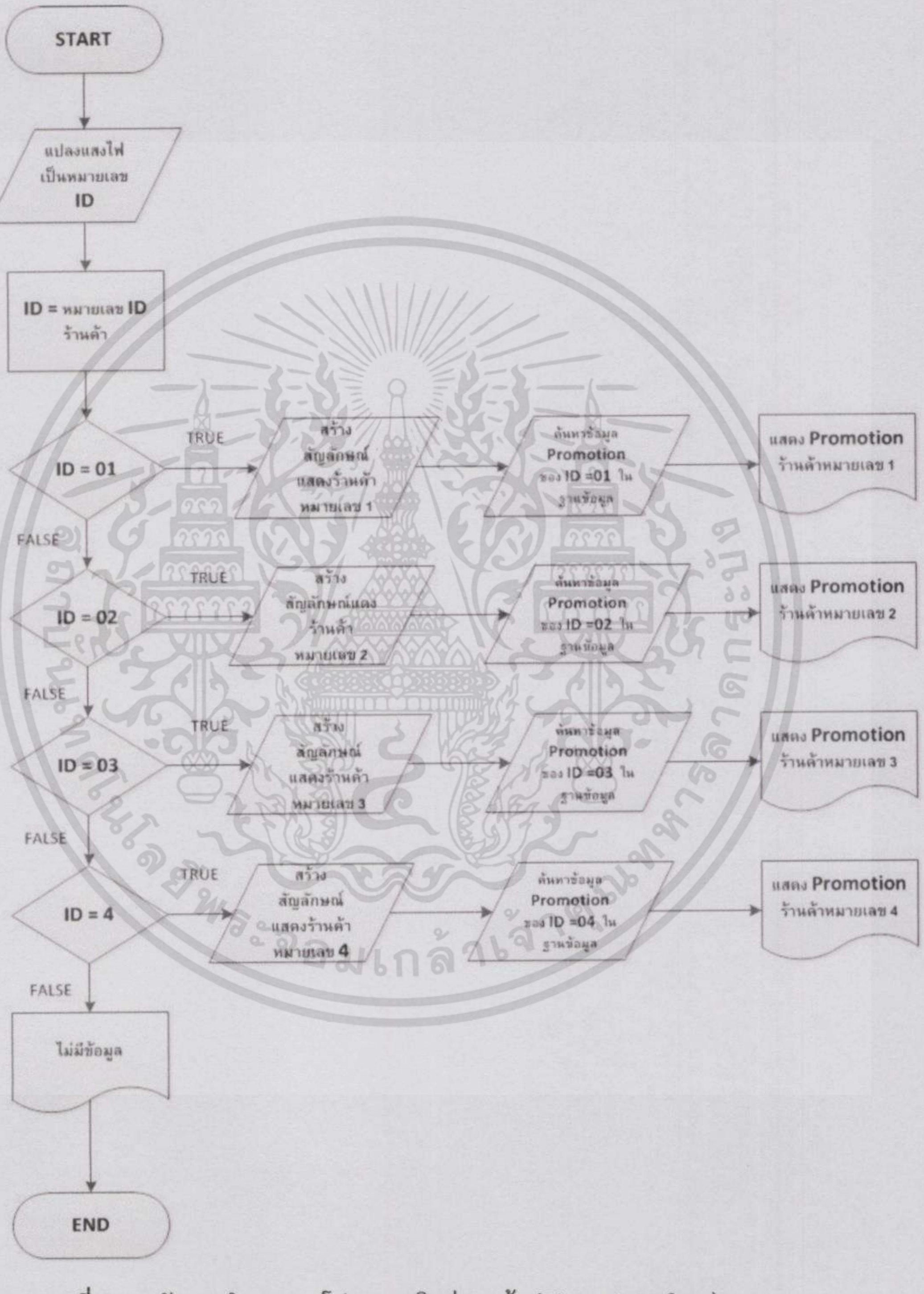


รูปที่ 3.20 หน้าตาโปรแกรมเมื่อลูกค้าอยู่ภายในบริเวณแผนกเนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.1.1 การทำงานของโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งาน

ผังการทำงาน (Flow Chart) ของโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งาน มีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.21

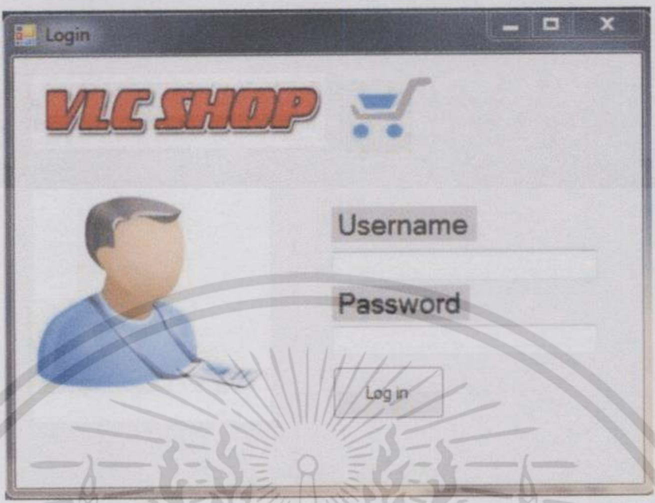


รูปที่ 3.21 ผังการทำงานของโปรแกรมติดต่อลูกค้า (Client Interface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

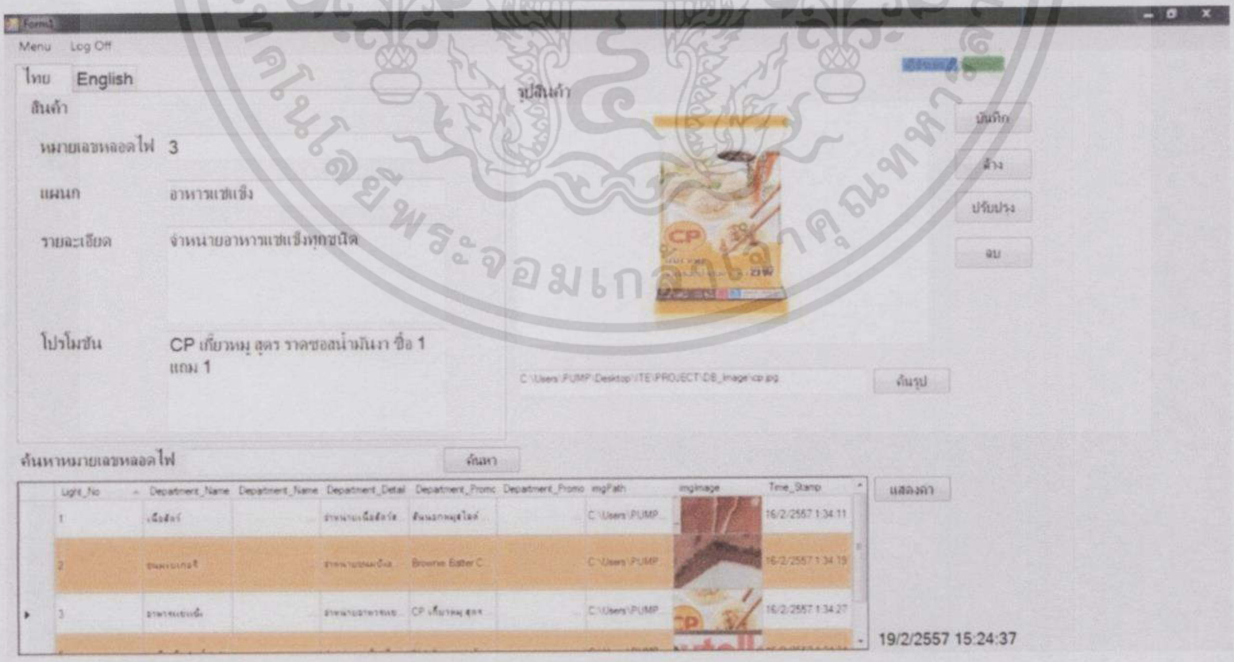
3.7.2 โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล (Database Management Interface)

เริ่มแรกเมื่อผู้ใช้งานเปิดโปรแกรมมาจะมีหน้าต่างสำหรับส่วนการ Login เพื่อเข้าใช้งานการจัดการฐานข้อมูล ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 หน้าตาโปรแกรมในส่วนการ Login เพื่อใช้งานการจัดการฐานข้อมูล

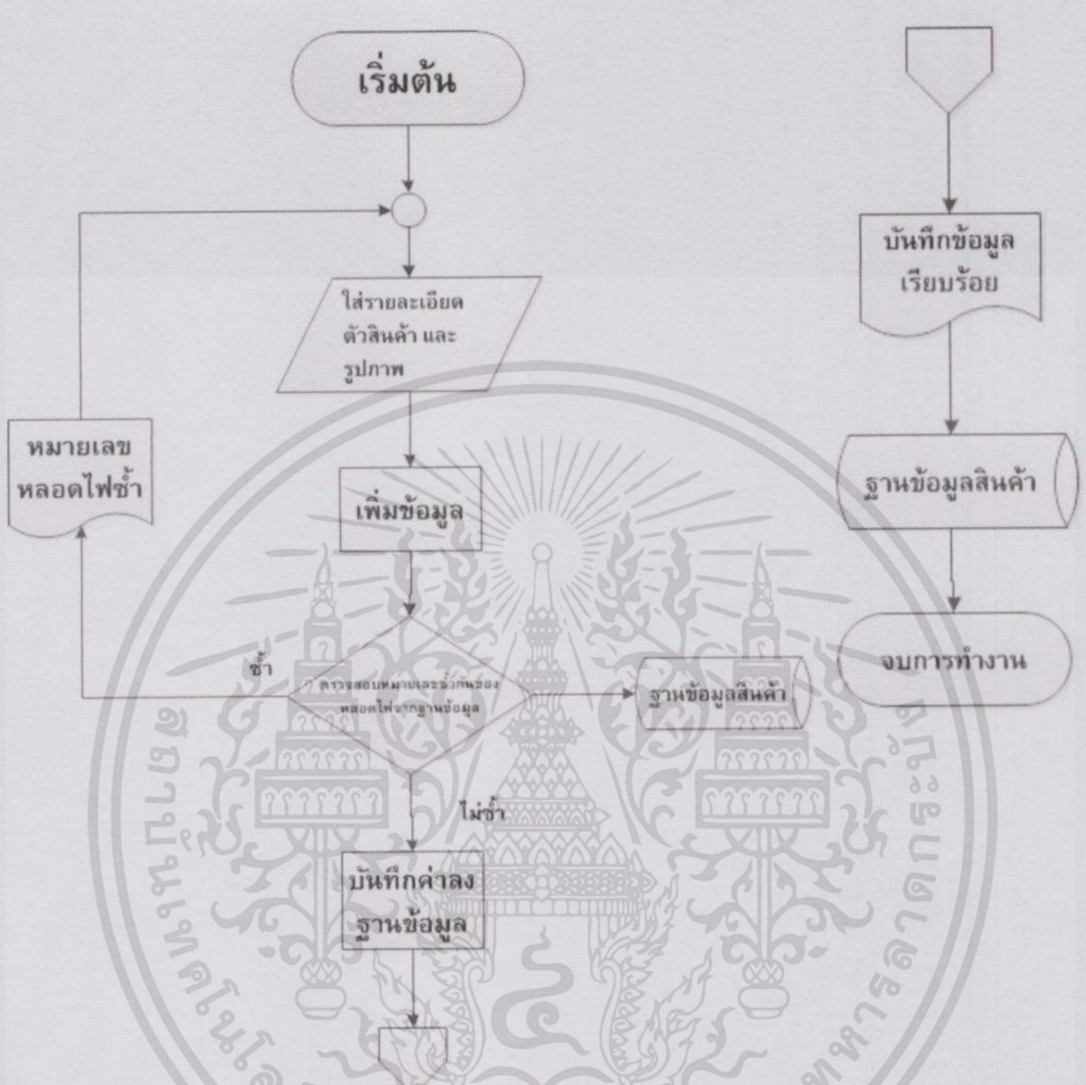
เมื่อผู้ใช้สามารถ Login ได้แล้วก็จะแสดงหน้าตาของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลออกมาซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะจัดการข้อมูลเกี่ยวกับโปรโมชั่นของสินค้าต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการค้นหารูปภาพของสินค้าในเครื่องเซิร์ฟเวอร์ การปรับปรุงแก้ไขข้อมูลเกี่ยวกับตัวสินค้า พร้อมแสดงวันที่ที่ทำการแก้ไขล่าสุดของโปรโมชั่นแต่ละแผนกด้วย ซึ่งโปรแกรมมีลักษณะดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 หน้าตาโปรแกรมในส่วนการจัดการฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2.1 การทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลสินค้าในส่วนการเพิ่มข้อมูล

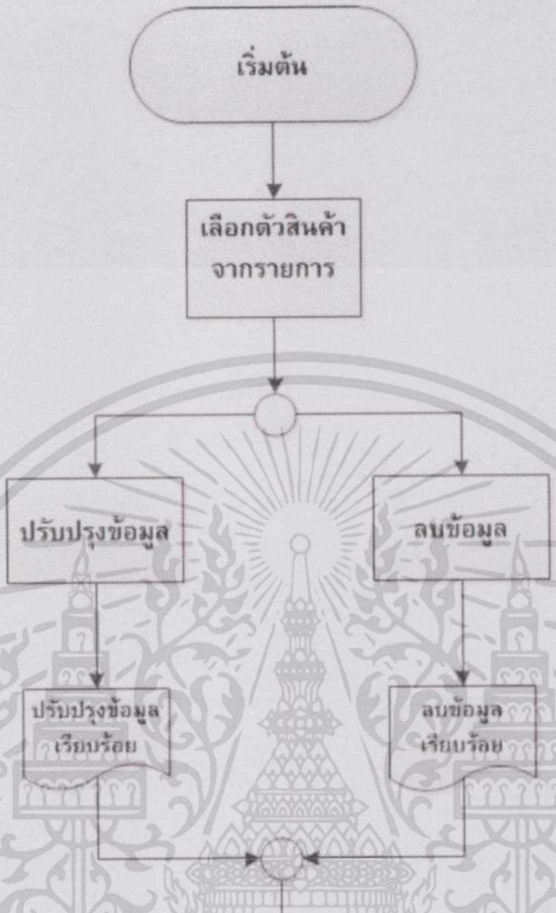


รูปที่ 3.24 ลำดับการทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล (Database Manager Interface) ในส่วนการเพิ่มข้อมูล

การทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลในส่วนการเพิ่มข้อมูลแสดงได้ดังรูปที่ 3.24 โดยเริ่มจากที่ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลลงในโปรแกรม แล้วกดปุ่มเพิ่มข้อมูล เพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลลงในฐานข้อมูลที่มีอยู่ในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2.2 การทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลสินค้าในส่วนปรับปรุงข้อมูล

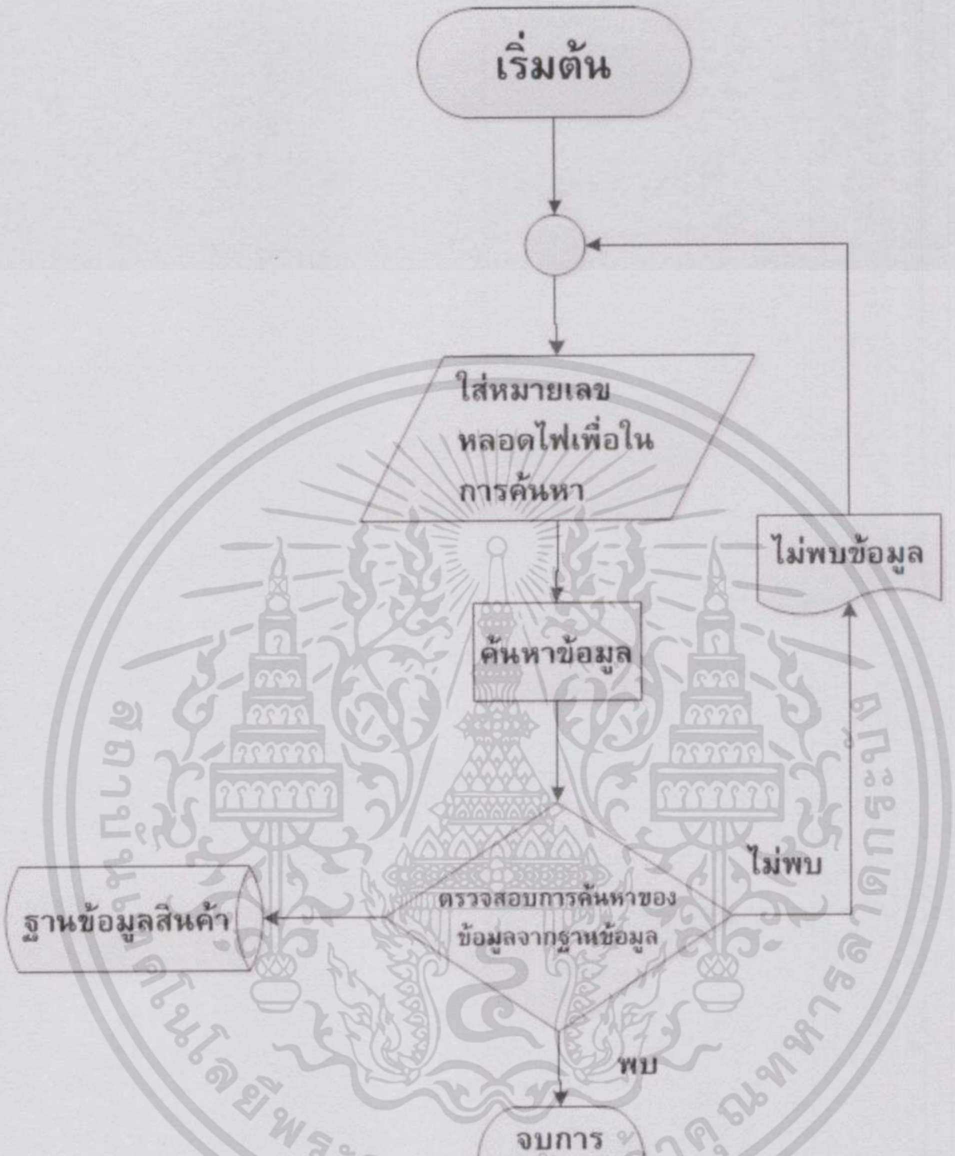


รูปที่ 3.25 ลำดับการทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล (Database Manager Interface) ในส่วนการลบและปรับปรุงข้อมูล

การทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลในส่วนการลบและปรับปรุงข้อมูลแสดงได้ดังรูปที่ 3.25 โดยเริ่มจากที่ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลในฐานข้อมูลของโปรแกรม ถ้ากดปุ่มลบข้อมูล จะเป็นการลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูลในโปรแกรม หรือ ถ้ากดปุ่มปรับปรุงข้อมูล จะเป็นการปรับปรุงข้อมูลของฐานข้อมูลในโปรแกรม ซึ่งผู้ใช้จะต้องปรับปรุงข้อมูลก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2.3 การทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลสินค้าในส่วนการค้นหาข้อมูล



รูปที่ 3.26 ลำดับการทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล (Database Manager Interface) ในส่วนการค้นหาข้อมูล

การทำงานของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลในส่วนการค้นหาข้อมูลแสดงได้ดังรูปที่ 3.26 โดยเริ่มจากที่ผู้ใช้งานกรอกหมายเลขหลอดไฟลงในโปรแกรมของช่องค้นหา แล้วกดปุ่มค้นหาข้อมูล เพื่อเป็นการค้นหาข้อมูลของหลอดไฟที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

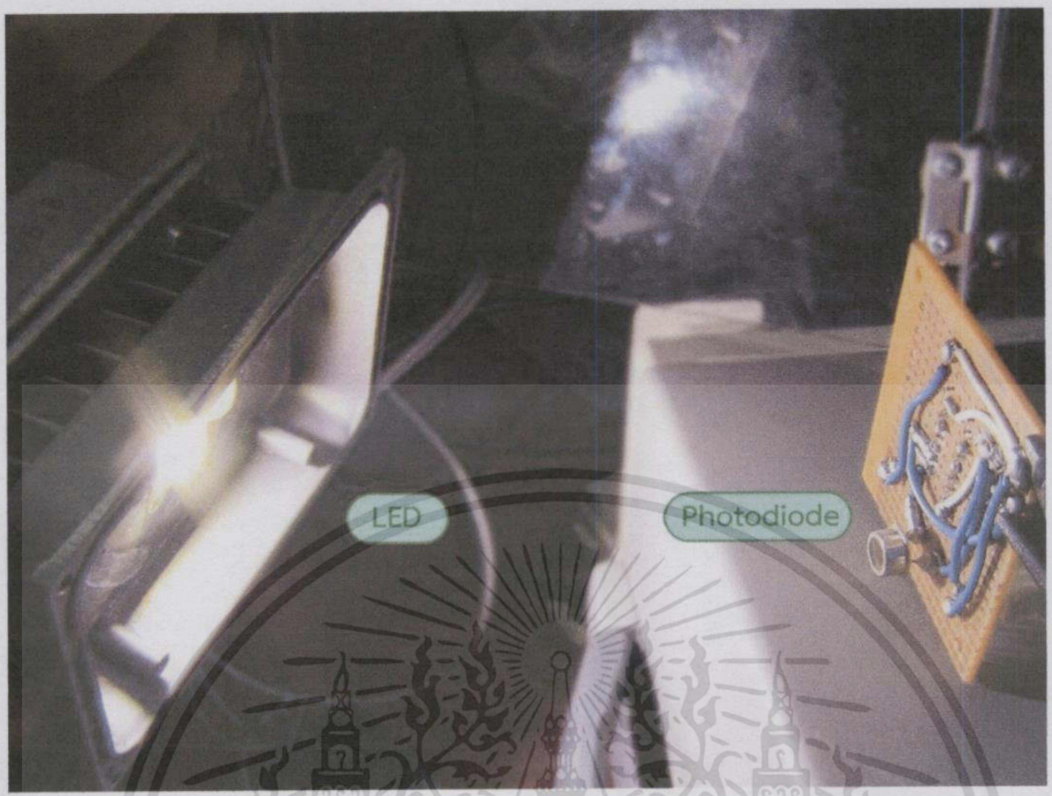
สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของผลการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของชิ้นงานที่สร้างขึ้น รวมไปถึงประสิทธิภาพของชิ้นงานที่ได้ โดยมีการแบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. การทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรจากหลอดแอลอีดีไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสง
2. การทดลองวัดระยะทางในการส่งข้อมูล ID ไปยังภาครับพร้อมแสดงโปรโมชั่นสินค้า
3. การทดลองวัดค่าความเข้มแสงเพื่อหาพื้นที่ครอบคลุมในการส่งข้อมูลของหลอดไฟแต่ละดวง

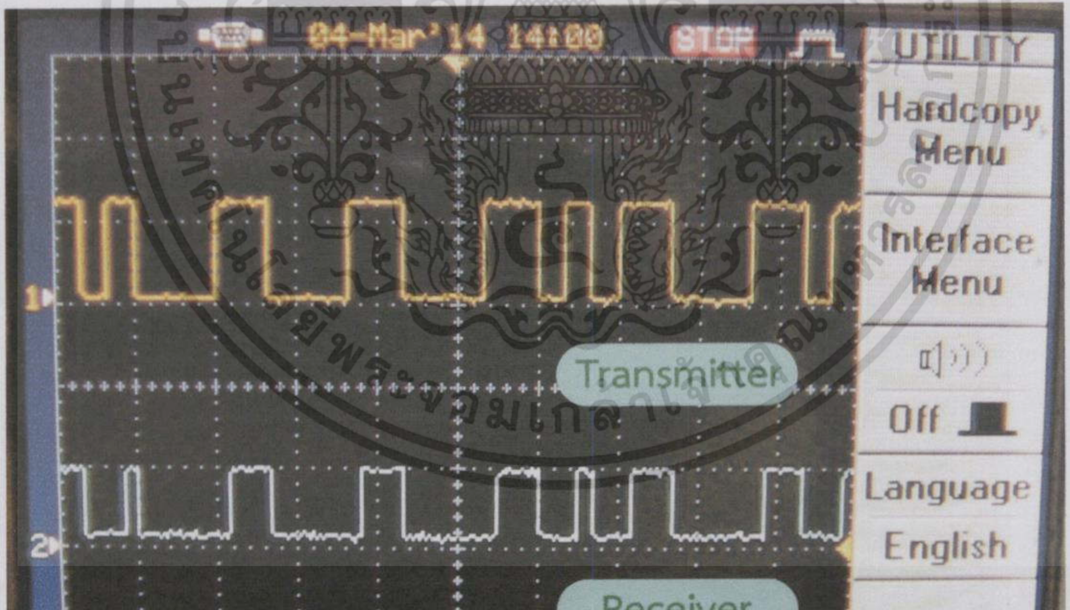
4.2 การทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรจากหลอดแอลอีดีไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสง

สำหรับการทดลองนี้ จะทำการทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการส่งตัวอักษรในรูปของเลขฐาน16 ซึ่งมีขนาด 1 ไบต์ ที่มีลักษณะข้อมูลตามตาราง ASCII ซึ่งเมื่อผ่านวงจรตัวส่งข้อมูลแสง วงจรจะทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยกำหนดให้ บิต 0 แทนการติดสว่างของหลอดแอลอีดี และบิต 1 แทนการดับของหลอดแอลอีดี และความถี่ในการการกระพริบจะขึ้นอยู่กับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูล (Baud rate) เมื่อวงจรรับสัญญาณแสงสามารถตรวจจับสัญญาณแสงได้ก็จะทำการรับสัญญาณแสงนั้นเข้ามาและประมวลผลออกมาเป็นสัญญาณข้อมูลดิจิทัลเดิมที่รับจากหลอดแอลอีดี จากนั้นทำการวัดสัญญาณข้อมูลที่วงจรส่งสัญญาณแสงและวงจรรับสัญญาณแสงโดยใช้อุปกรณ์ Oscilloscope แสดงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณ Pulse เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณข้อมูลที่วงจรรับสัญญาณแสง ซึ่งการทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรจากหลอดแอลอีดีไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสงและรูปสัญญาณจากวงจรส่งสัญญาณแสงและวงจรรับสัญญาณแสงหลังทดลองส่งข้อมูลแล้วใช้อุปกรณ์ Oscilloscope จับสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การทดลองส่งข้อมูลผ่านแสงจากหลอดแอลอีดีไปยังวงจรรับสัญญาณแสง



รูปที่ 4.2 รูปสัญญาณจากวงจรส่งสัญญาณแสงและวงจรรับสัญญาณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 สรุปผลการทดลองส่งข้อมูลตัวอักษรจากหลอดแอลอีดีไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสง

จากการทดลอง พบว่าสัญญาณที่วัดจากวงจรส่งสัญญาณแสงและสัญญาณจากวงจรรับสัญญาณแสงมีลักษณะของสัญญาณที่เหมือนกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวงจรรับสัญญาณแสงสามารถรับสัญญาณข้อมูลจากหลอดแอลอีดีได้ถูกต้อง

4.3 การทดลองวัดระยะทางในการส่งข้อมูล ID ไปยังภาครับพร้อมแสดงโปรโมชั่นสินค้า

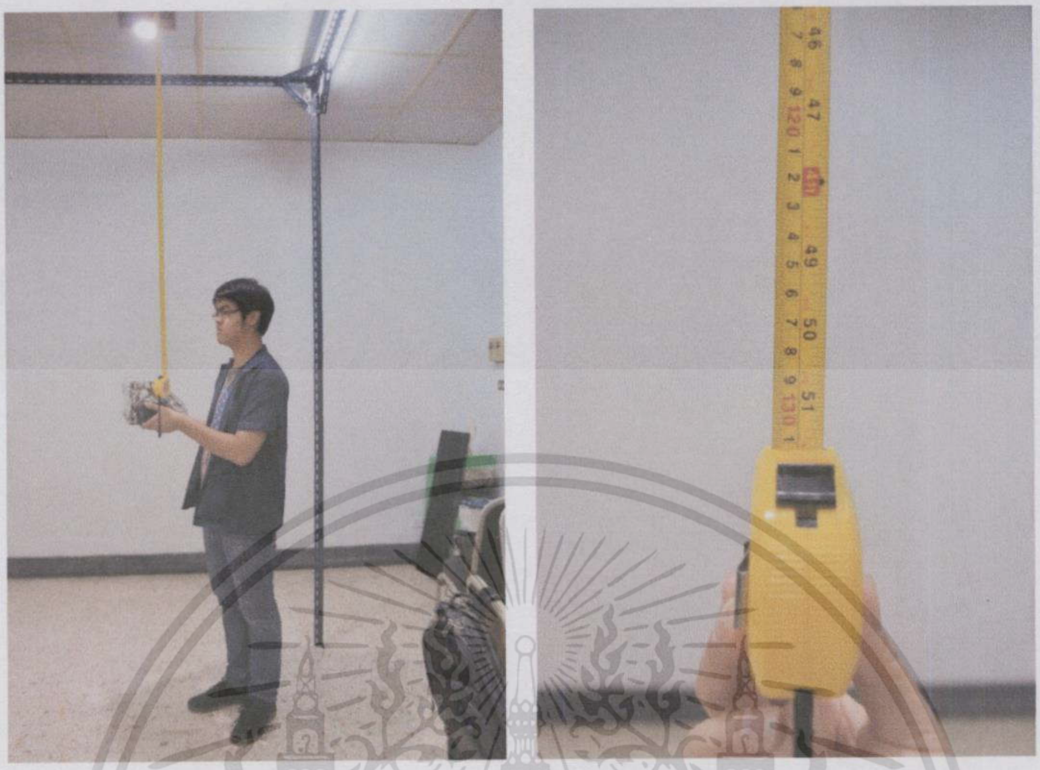
สำหรับในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองส่งข้อมูลผ่านหลอดไฟแอลอีดี จำนวน 4 ดวง ควบคุมการส่งข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722 โดยในที่นี้จะมีการกำหนดให้ส่ง ID เป็น 1,2,3,4 ตามตำแหน่งของ หลอดแอลอีดี แต่ละดวง จากนั้นนำอุปกรณ์รับสัญญาณเลื่อนมาบริเวณตำแหน่งของหลอดไฟต่างๆซึ่งเมื่ออุปกรณ์ฝั่งรับสัญญาณตรวจพบ ID ก็จะทำการแสดงโปรโมชั่นทางหน้าจอแสดงผล โดยในการทดลองนี้จะทำการวัดระยะความสูงระหว่างหลอดไฟแอลอีดีกับอุปกรณ์รับสัญญาณ ในระยะความสูงต่างๆที่ยังสามารถแสดงข้อมูลโปรโมชั่นได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดระยะทางในการส่งข้อมูล ID ไปยังภาครับพร้อมแสดงโปรโมชั่นสินค้า

ระยะห่างระหว่างหลอด LED กับอุปกรณ์รับสัญญาณ(cm.)	การแสดงโปรโมชั่นของสินค้า
130	สามารถรับโปรโมชั่นสินค้าได้
170	สามารถรับโปรโมชั่นสินค้าได้
210	สามารถรับโปรโมชั่นสินค้าได้
252	ไม่สามารถรับโปรโมชั่นสินค้าได้

การทดลองวัดระยะทางในการส่งข้อมูล ID ไปยังภาครับพร้อมแสดงโปรโมชั่นสินค้าที่ระยะ 130 เซนติเมตร 170 เซนติเมตร 210 เซนติเมตร และ 252 เซนติเมตร แสดงได้ดังรูปที่ 4.3 – 4.6 ตามลำดับ

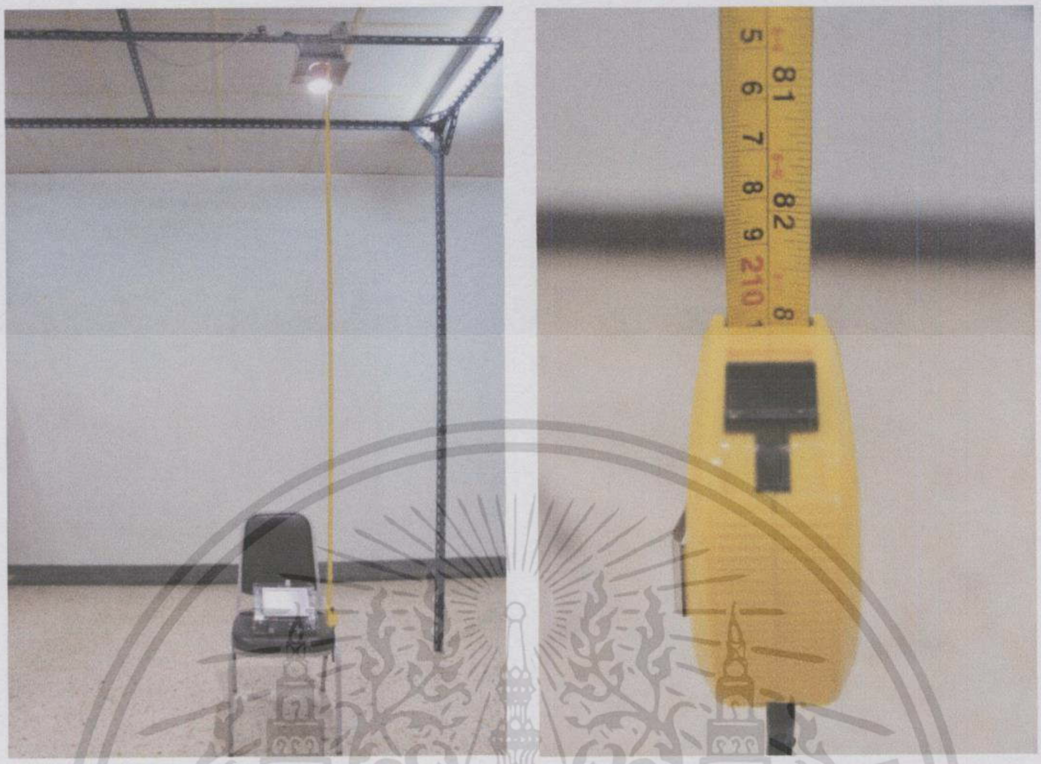
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 130 เซนติเมตร

รูปที่ 4.4 การทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 170 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 210 เซนติเมตร

รูปที่ 4.6 การทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 252 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 สรุปผลจากการทดลองวัดระยะทางในการส่งข้อมูล ID ไปยังภาครับพร้อมแสดงโปรโมชั่นสินค้า

จากการทดลอง พบว่าอุปกรณ์รับสัญญาณสามารถรับข้อมูล ID เพื่อแสดงข้อมูลโปรโมชั่นสินค้าในระยะห่างจากหลอดแอลอีดีถึงอุปกรณ์รับสัญญาณได้ไม่เกิน 210 เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากที่ระยะห่างระหว่างหลอดแอลอีดีถึงอุปกรณ์รับสัญญาณที่มากกว่า 210 เซนติเมตร จะเป็นบริเวณที่กำลังแสงในการส่องสว่าง (ความเข้มแสง) ลดลง ส่งผลให้โฟโต้ไดโอดไม่สามารถประมวลผลข้อมูลได้ แต่อย่างไรก็ตามที่ระยะห่างไม่เกิน 210 เซนติเมตร ก็เพียงพอต่อการนำไปใช้งานภายในห้างสรรพสินค้าแล้ว

สำหรับผลการทดลองวัดระยะทางในการส่งข้อมูล ID ไปยังภาครับพร้อมแสดงโปรโมชั่นสินค้าที่ระยะ 130 เซนติเมตร 170 เซนติเมตร 210 เซนติเมตร และ 252 เซนติเมตร แสดงได้ดังรูปที่ 4.7 – 4.10 ตามลำดับ

รูปที่ 4.7 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 130 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

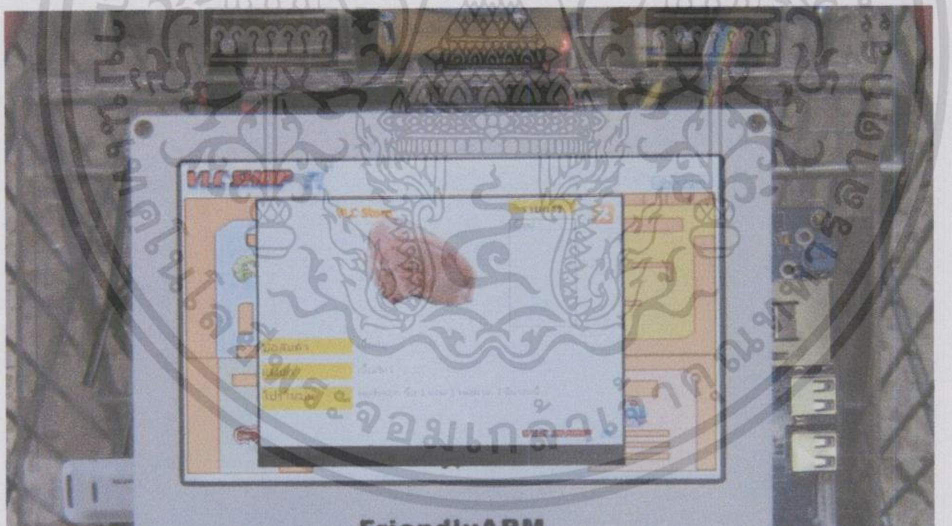
รูปที่ 4.8 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 170 เซนติเมตร

รูปที่ 4.9 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 210 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นที่ระยะ 252 เซนติเมตร

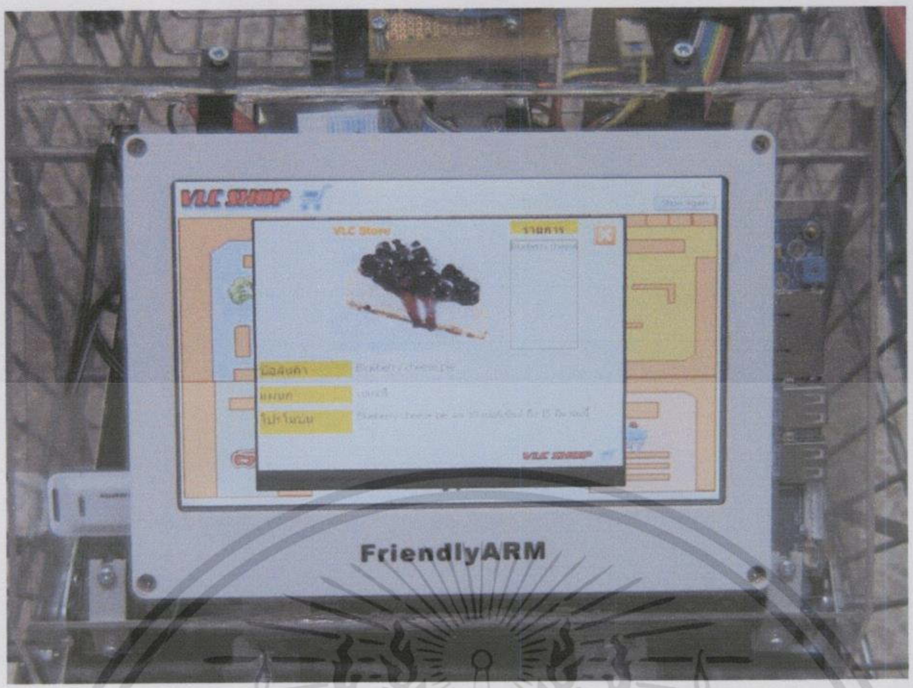
สำหรับผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 1 จะแสดงข้อมูลเป็นโปรโมชั่นของแผนกเนื้อสัตว์ ซึ่งรูปที่ 4.11 แสดงโปรโมชั่นของเนื้อหมูออกมา



รูปที่ 4.11 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 1

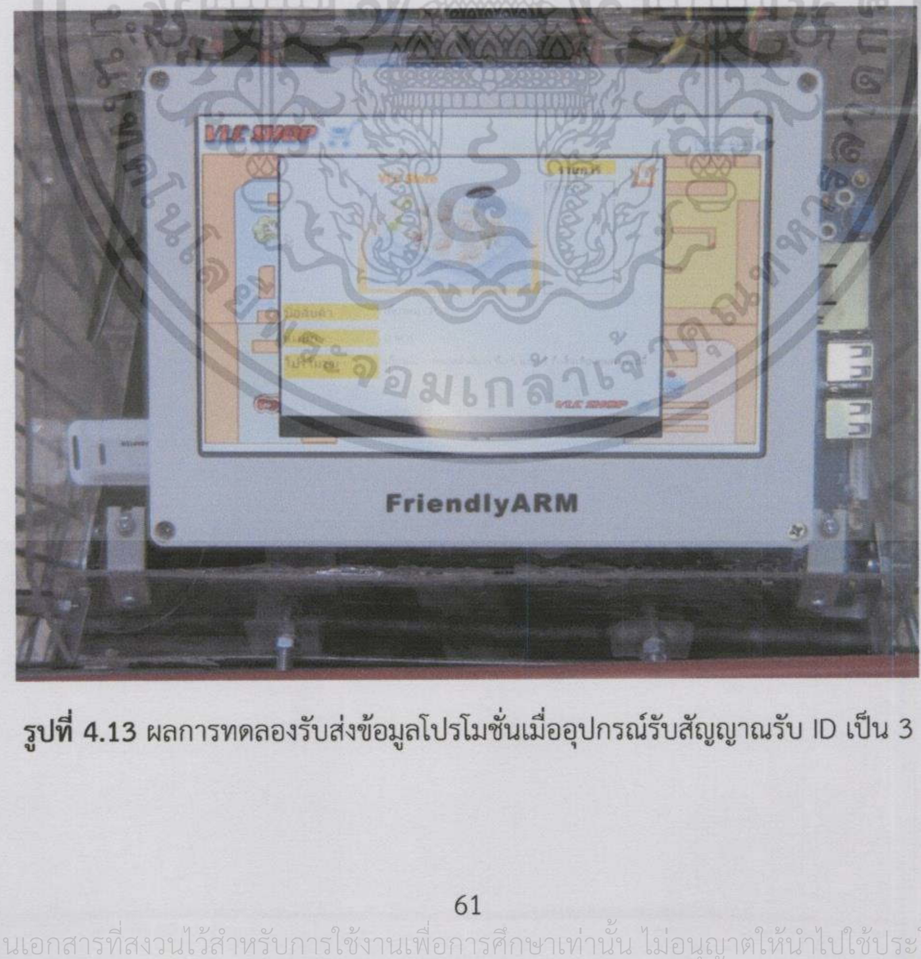
สำหรับผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 2 จะแสดงข้อมูลเป็นโปรโมชั่นของแผนกเบเกอร์รี่ ซึ่งรูปที่ 4.12 แสดงโปรโมชั่นของบลูเบอร์รี่ชีสเค้กออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 2

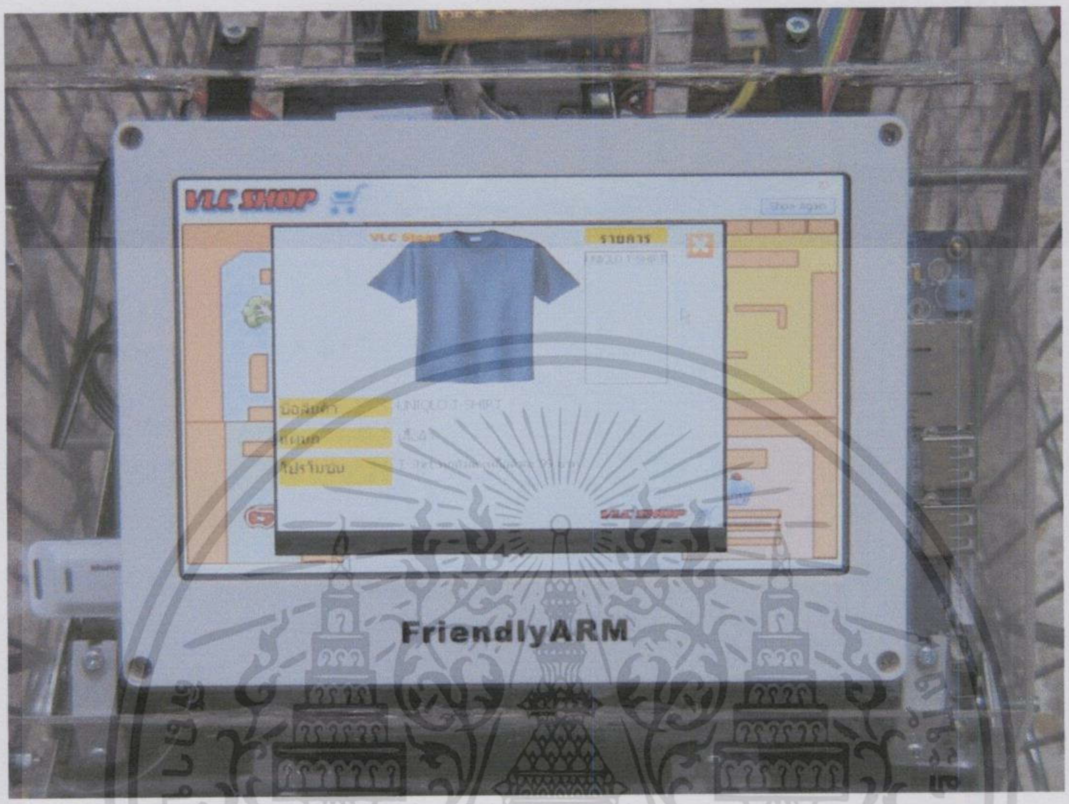
สำหรับผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 3 จะแสดงข้อมูลเป็นโปรโมชั่นของแผนกอาหารแช่แข็ง ซึ่งรูปที่ 4.13 แสดงโปรโมชั่นของเกี๊ยวหมูออกมา



รูปที่ 4.13 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 4 จะแสดงข้อมูลเป็นโปรโมชั่นของแผนกเสื้อผ้า ซึ่งรูปที่ 4.14 แสดงโปรโมชั่นของเสื้อเชิ้ตออกมา

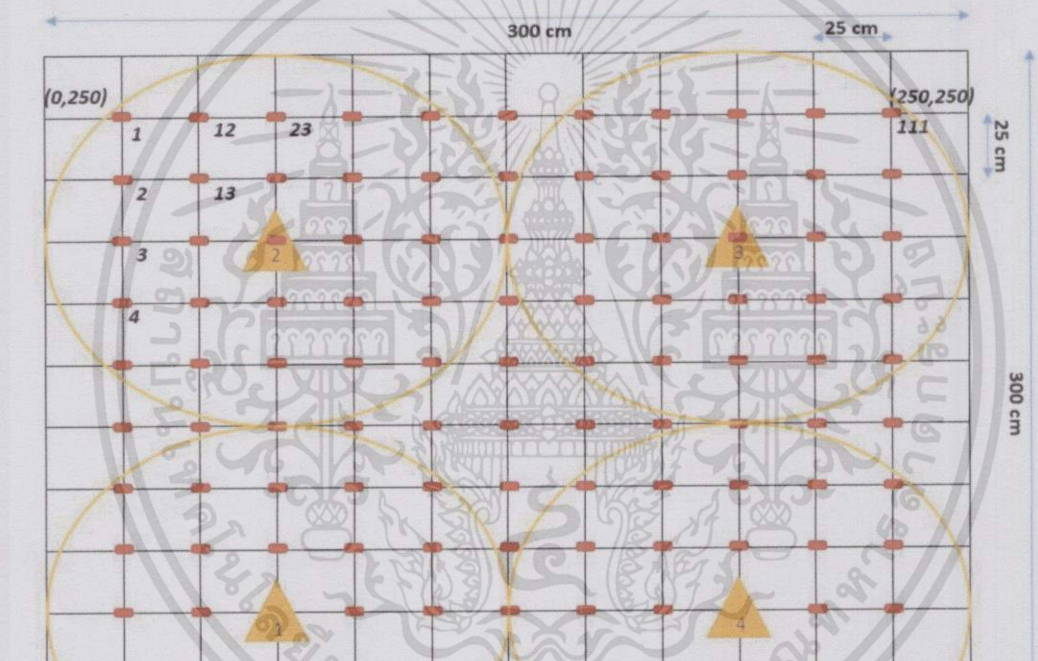


รูปที่ 4.14 ผลการทดลองรับส่งข้อมูลโปรโมชั่นเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณรับ ID เป็น 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองวัดค่าความเข้มแสงเพื่อหาพื้นที่ครอบคลุมในการส่งข้อมูลของหลอดไฟแต่ละดวง

สำหรับการทดลองนี้จะเป็นการหาพื้นที่ครอบคลุมที่หลอดไฟแอลอีดีแต่ละดวงสามารถส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสงได้ เริ่มโดยทำการกำหนดการส่งข้อมูล ID ให้กับหลอดไฟแต่ละดวง จากนั้นนำอุปกรณ์ภาครับสัญญาณมารับข้อมูล ID ในบริเวณรอบๆหลอดไฟแต่ละดวงพร้อมกับวัดค่าความเข้มแสง ณ ตำแหน่งต่างๆกัน จากนั้นนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์แล้วคำนวณเป็นพื้นที่ครอบคลุมในการรับข้อมูล ID ของหลอดไฟแต่ละดวง สำหรับพื้นที่ครอบคลุมของการรับส่งข้อมูลของหลอดไฟแต่ละดวงที่น่าจะเป็นแสดงดังรูปที่ 4.15 โดยที่จุดสีแดงในภาพแทนตำแหน่งที่ทำการทดลองทั้งหมด และจุดแดงภายในบริเวณพื้นที่วงกลมสีเหลืองแต่ละวงแทนตำแหน่งที่หลอดไฟแอลอีดีแต่ละดวงสามารถส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสงได้

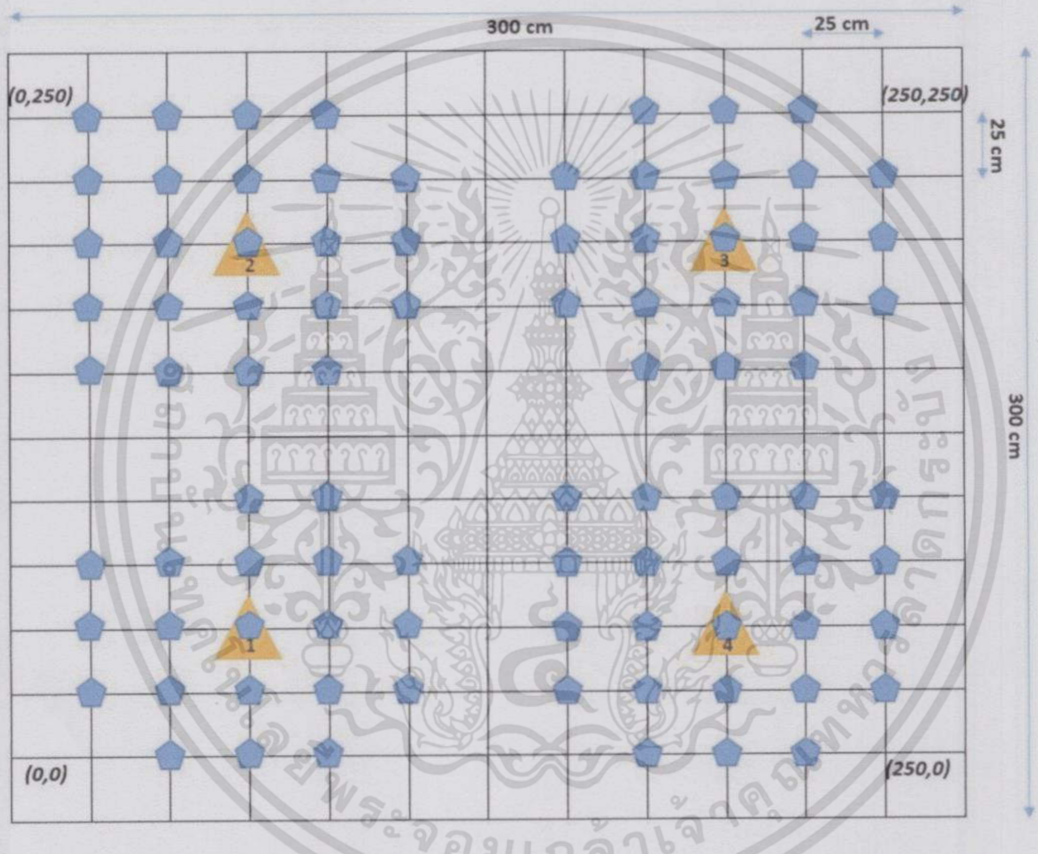


รูปที่ 4.15 พื้นที่ครอบคลุมของการรับส่งข้อมูลในหลอดไฟแต่ละดวงที่น่าจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 สรุปผลการทดลองวัดค่าความเข้มแสงเพื่อหาพื้นที่ครอบคลุมในการส่งข้อมูลของหลอดไฟแต่ละดวง

จากการทดลองพบว่าพื้นที่ที่สามารถรับข้อมูล ID จากหลอดไฟแต่ละดวงนั้นมีขนาดน้อยกว่าพื้นที่ๆน่าจะเป็นไปได้ ทั้งนี้สาเหตุอาจเกิดจากข้อมูลในบางตำแหน่งเกิดการซ้อนทับกับ ID จากหลอดไฟดวงอื่นทำให้อ่านค่าผิดเพี้ยนไป หรือเพราะบริเวณนั้นเป็นจุดที่มีความเข้มแสงต่ำเกินไปซึ่งเป็นผลให้พลังงานที่จะทำให้โฟโต้ไดโอดทำงานมีไม่เพียงพอ ซึ่งพื้นที่ครอบคลุมของหลอดไฟแต่ละดวงที่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้จริง แสดงดังรูปที่ 4.16 โดยที่จุดสีฟ้าแทนตำแหน่งที่หลอดไฟแอลอีดีแต่ละดวงสามารถส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณแสงได้จริง



รูปที่ 4.16 พื้นที่ครอบคลุมของหลอดไฟแต่ละดวงที่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ กับร้านค้าภายในห้างสรรพสินค้า โดยวิธีการ คือนำเอาข้อมูลที่ต้องการส่งมาผสมกับสัญญาณแสงจากหลอดแอลอีดี แล้วทำการส่งผ่านออกไปโดยผ่านวงจรตัวส่งสัญญาณแสง ด้วยการมอดูเลชั่นสัญญาณแบบออน – ออฟคีย์อิ้ง ทำให้หลอดไฟแอลอีดี มีการกระพริบติด – ดับ แตกต่างกันไปตามลักษณะของข้อมูลที่จะทำการส่ง สำหรับอุปกรณ์ที่จะนำมาควบคุมการส่งข้อมูลผ่านแสงนั้นก็คือไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเอง จากนั้นเมื่อแสงเดินทางมาถึงอุปกรณ์รับสัญญาณแสง ซึ่งภายในวงจรมีโฟโต้ไดโอด ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณแสงจากวงจรตัวส่ง จากนั้นข้อมูลแสงที่วงจรด้านรับ รับมาได้ก็จะส่งต่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาประมวลผลสัญญาณที่รับได้ออกมาเป็นข้อมูล ID ที่ใช้บอกตำแหน่งและระบุโปรโมชั่นของสินค้า ณ ตำแหน่งของข้อมูล ID นั้นๆ ระบบดังกล่าวสามารถตรวจจับข้อมูล ID ได้ในระยะความสูงจากหลอดแอลอีดีถึงอุปกรณ์รับสัญญาณได้ไม่เกิน 210 เมตร ซึ่งพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในห้างสรรพสินค้าแล้ว

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

จากการทดลองแบ่งปัญหาที่เกิดขึ้นออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

- การประมวลผลซอฟต์แวร์ของ FriendlyArm ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในส่วนแสดงผลของข้อมูล โปรโมชั่นสินค้า มีการทำงานที่ช้า เนื่องจากความเร็วของโปรเซสเซอร์ต่ำ

แก้ไขโดย : ปรับ Resolution ของภาพที่แสดงโปรโมชั่น รวมถึงหน้า interface ของโปรแกรมให้น้อยลง และ สร้างเงื่อนไขในการเลือกข้อมูล ID ที่จะนำไปประมวลผลให้มากขึ้นเพื่อตัดข้อมูล ID ที่รับมาผิดออกไปทั้งนี้เพื่อลดภาระการทำงานของโพรเซสเซอร์ลง

- การรับส่งข้อมูลของ ID แบบบิตทำได้ช้าและมีความผิดพลาดสูง เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบนี้ทำให้อุปกรณ์ในภาครับ รับสัญญาณมาวิเคราะห์ข้อมูลออกมาได้ยาก และอาจเกิดการสูญหายของข้อมูลได้ง่าย

แก้ไขโดย : ใช้วิธีการรับส่งข้อมูลแบบไบต์ ซึ่งสามารถทำการส่งเป็นตัวอักษรหรือเลขฐาน 16 ได้ทันที และนอกจากนี้ยังมีการทำ checksum เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกระพริบของหลอดแอลอีดีที่ใช้ในการส่งข้อมูลผ่านแสงนั้นยังมีความถี่ในการกระพริบที่ต่ำเกินไป ซึ่งยังไม่สามารถนำมาใช้งานแทนหลอดไฟปกติภายในห้างสรรพสินค้าได้ สาเหตุคือ โฟโต้ไดโอดชนิดที่ใช้อยู่มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ต่ำ (Baud rate <=2400)

แก้ไขโดย : เลือกใช้อุปกรณ์รับสัญญาณแสงที่มีอัตราเร็วในการส่งข้อมูลได้สูงกว่านี้

5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป

- อุปกรณ์สำหรับแสดงผล interface อาจเปลี่ยนจาก FriendlyArm เป็นสมาร์ทโฟน ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรมดีขึ้น และยังช่วยประหยัดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย เนื่องจากสมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์ที่ลูกค้ามีติดตัวอยู่แล้ว
- พัฒนาระบบการทำงานให้สามารถนำไปใช้งานภายในห้างสรรพสินค้าได้จริง โดยสามารถนำหลอดไฟที่ใช้ในการสื่อสารผ่านแสงมาใช้แทนหลอดไฟปกติได้โดยที่ผู้ใช้งานไม่สังเกตเห็นการกระพริบของหลอดไฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน.และคณะ, (2556), การจัดการและการออกแบบระบบโทรคมนาคม, พิมพ์ครั้งที่ 1, นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ภาควิชาฟิสิกส์, (2550), การส่องสว่างและการเปรียบเทียบความเข้มแสง, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/62/light1/ligh_2.htm

[3] จุฑามาศ วงษ์สวาท, (2550), สเปกตรัม (Spectrum), (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.promma.ac.th/main/chemistry/jutamas/lesson/spectrum2.htm

[4] ณัฏฐพล วงศ์สุนทรชัยและชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล, (2546), เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F828, กรุงเทพฯ: อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์

[5] ราตรี ทองดี, (2556), สัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิตอล, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://ratrilovely603.blogspot.com/

[6] เมคคาช็อป, (2550), 3W White Led Light 160LM LED Super Bright, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.mechashop.com/store/product/view/3W_White_Led_Hgh_power_Light_200LM_LED_Super_Bright_EpiStar_Taiwan-17244406-th.html

[7] วีนัส ชัพพลาย, (2550), UART / TTL / RS232 / MAX232 / MAX3232 คืออะไร, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2557, จาก http://www.thaieasyelec.com/electronics-in-chapter/UART-TTL-RS232-MAX232-MAX3232.html

[8] สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, (2556), สีและแสง, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/12/6/CD/colorandLight/page1_4.html, 31

[9] อมเรศ เลิศสุวรรณกิจ และคนอื่นๆ, (2554), การประมาณตำแหน่งภายในอาคารด้วยแสงที่มองเห็นได้, ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[10]อีทีที, (2553), คู่มือการใช้งาน ET- PIC STAMP 18F8722, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก www.etteam.com/product/pic/ET-PIC-STAMP-18F8722-Thi.pdf

[11]เฮงซาวด์ดอทคอม, (2550), KS LIGHTING Spotlight led high power 20 W, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.hengsound.com/spotlight-led-high-power-30-w-spotlight-led-high-power-20-w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12]ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง, (2553), ไมโครซอฟท์ วิชวลสตูดิโอ, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%9F%E0%B8%97%E0%B9%8C_%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%8A%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B9%82%E0%B8%AD

[13]ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง, (2553), SQL คืออะไร, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.com5dow.com

[14]ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง, (2554), NET Framework คืออะไร มีที่มาและความสำคัญอย่างไร , (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://notebookspec.com/web/?p=88056,

[15]ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง, (2554), SQLคืออะไร, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.mindphp.com/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD/73-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/2088-sql-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html

[16]ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง, (2556), แสง, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%87, 31 สิงหาคม 2556

[17]Chaiveewan Yungkhamman, (2556), สวิตต์ควบคุมด้วยแสง (Opto-Isolator), (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://chaiveewan-resume.blogspot.com/2012/06/opto-isolator-opto-coupler-opto-coupler.html

[18]Chansin Nannong, (2556), รู้จักกับภาษา C#, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.doesystem.com/97e44c7ff847fae9aae981b322813b6c/%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%A9%E0%B8%B2-CS.htm

[19]Dr Isaac Jamieson, Visible Light Communication (VLC) Systems, [cited 2013 Aug 28], Available from: http://bemri.org/visible-light-communication.html

[20]IT อิอิ (นามแฝง), (2547), อนาล็อกกับดิจิตอลคืออะไร ต่างกันอย่างไร, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://iteiei.blogspot.com/2012/03/blog-post_29.html,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[21]National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC), (2554), Visible Light Communication: VLC, (ออนไลน์), ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.thaitelecomkm.org/OQC/index.php/en/visible-light-communication-system

[22]SK Pang Electronics, (2550), Super Bright LED 5mm - White, (ออนไลน์),ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2556, จาก http://www.skpang.co.uk/catalog/super-bright-led-5mm-white-p-946.html

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาคส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาคส่งสัญญาณ

```
#include "E:\Project\2556\16F_REAL.h"

#define TX1   PIN_A1 //กำหนดให้ Pin A1 เป็นขา TX1
#define RX1   PIN_A0 //กำหนดให้ Pin A0 เป็นขา RX1

#use delay (clock = 10000000)
#use rs232(baud = 1200, xmit = TX1, rcv = RX1)    //เรียกใช้งานพอร์ต RS232

void SendData()
{
  unsigned int ID[]={0x8A,0x8B,0x8C,0x8D,0x01};       //กำหนดชุดข้อมูลที่ต้องการส่งออกไป
  unsigned char i=0 , chksum;    //กำหนดข้อมูลที่ใช้สำหรับตรวจสอบ ID

  chksum = ID[0];       //กำหนดให้ค่าเริ่มต้นของ chksum เท่ากับข้อมูลตัวแรกที่รับได้

  for(i=1;i<5;i++)
  {
    putc(ID[i]);                          //ทำการวนลูปเพื่อหาข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบ ID
    chksum = chksum^ID[i];
  }
  putc(chksum);
}

void main()
{

   setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
   setup_vref(FALSE);
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//Setup_Oscillator parameter not selected from Intr Oscillator Config tab

  while(1)
  {
    SendData();              //เรียกใช้ฟังก์ชั่นสำหรับส่งข้อมูล
    delay_ms(5);
  }
}
```

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาครับสัญญาณ

```
#include "E:\Project\2556\18F_REAL.h"
#include "stdlib.h"

#define TX1   PIN_C6
#define RX1   PIN_C7                    //กำหนดขา TX1,RX1,TX2,RX2
#define TX2   PIN_G1
#define RX2   PIN_G2

#fuses  H4,NOLVP,NOWDT,NOPROTECT,NOSTVREN

#use delay (clock = 40000000)
// ประกาศการใช้งาน RS232 ทั้งสองพอร์ต
#USE RS232 (BAUD = 1200, XMIT = TX1, RCV = RX1, STREAM = COM_A)
#USE RS232 (BAUD = 9600, XMIT = TX2, RCV = RX2, STREAM = COM_B)


#int_RDA   //เรียกใช้งานอินเทอร์รัพRDA เมื่อพอร์ต RS232 มีสัญญาณข้อมูลเข้ามา
void  RDA_isr(void)
{
   unsigned char ReadDataFromVLC;

   ReadDataFromVLC = fgetc(COM_A);        //รับค่าที่ได้จาก RS232 COM_A
   fputc(ReadDataFromVLC,COM_B);          //แสดงผลข้อมูลที่ได้ออกทาง RS232 COM_B
}

void main()
{

   setup_adc_ports(NO_ANALOGS|VSS_VDD);
   setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2|ADC_TAD_MUL_0);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setup_wdt(WDT_OFF);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    setup_timer_4(T4_DISABLED,0,1);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_vref(FALSE);
    enable_interrupts(GLOBAL);  //เปิดใช้งานอินเทอร์รัพทั้งหมด
    enable_interrupts(INT_RDA);   //เปิดใช้งานอินเทอร์รัพ RDA

    while(1)
    {

    }
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้