

การสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ในการระบุตำแหน่ง
ประยุกต์ใช้สำหรับแอนดรอยด์

LOCATION ESTIMATION USING VISIBLE LIGHT
COMMUNICATION FOR ANDROID

สุรนาถ วงษ์ประเสริฐ

SURANART WONGPRASERT

หัตถยา หนูแก้ว

HATTAYA NOOKAEW

อัญชญา มะเค็ง

ANCHANA MAKENG

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ในการระบุตำแหน่ง
ประยุกต์ใช้สำหรับแอนดรอยด์
LOCATION ESTIMATION USING VISIBLE LIGHT
COMMUNICATION FOR ANDROID

สุรนาถ วงษ์ประเสริฐ
SURANART WONGPRASERT

หัตถยา หนูแก้ว
HATTAYA NOOKAEW

อัญชญา มะเค็ง
ANCHANA MAKENG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

LOCATION ESTIMATION USING VISIBLE LIGHT
COMMUNICATION FOR ANDROID

SURANART WONGPRASERT

HATTAYA NOOKAEW

ANCHANA MAKENG

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

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ในการระบุตำแหน่งประยุกต์ใช้สำหรับแอนดรอยด์	
รายชื่อนักศึกษา	นางสาวสุรนาถ วงษ์ประเสริฐ	รหัสนักศึกษา 53011777
	นางสาวหทัยา หนูแก้ว	รหัสนักศึกษา 53011818
	นางสาวอัญชญา มะเค็ง	รหัสนักศึกษา 53011915
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ.อรลภ แสงอรุณ	

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



(รศ.อรลภ แสงอรุณ)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ในการระบุตำแหน่งประยุกต์ใช้สำหรับแอนดรอยด์	
รายชื่อนักศึกษา	นางสาวสุรนาถ วงษ์ประเสริฐ	รหัสนักศึกษา 53011777
	นางสาวหทัยา หนูแก้ว	รหัสนักศึกษา 53011818
	นางสาวอัญชญา มะเค็ง	รหัสนักศึกษา 53011915
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ.อรลภ แสงอรุณ	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ศึกษาระบบการสื่อสารไร้สายผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ โดยนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคาร และแสดงผลด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ระบบการส่งประกอบด้วยตัวส่งและตัวรับ สำหรับการส่งทิศทางเดียวไปยังตัวรับ ซึ่งติดตั้งตัวส่งที่เป็นหลอดแอลอีดีไว้ 4 ตำแหน่ง ใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบพีริเคอวนซีซีพีทีเคียอีจี้ เมื่อบุคคลที่ต้องการติดตามผ่านยังตำแหน่งที่ติดตั้งหลอดแอลอีดีไว้ ข้อมูลตำแหน่งจะถูกส่งผ่านระบบวายไฟไปแสดงผลบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ของผู้ติดตาม

จากผลการทดลองกับสภาพแวดล้อมจริง พบว่าสามารถติดตามและแสดงผลบนแอนดรอยด์ได้ โดยสามารถตรวจสอบสัญญาณระหว่างภาคส่งและภาครับได้ ในระยะห่างประมาณ 1.5 เมตรจากเพดาน แต่เนื่องจากแอลอีดีแสงสีขาวมักจะกระจายแสงอยู่เหนือเพดาน จึงเกิดปัญหาการสูญเสียเนื่องจากเส้นทางและเกิดสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อื่นๆ ทำให้ประสิทธิภาพของการรับส่งสัญญาณลดน้อยลง ฉะนั้น จึงต้องพัฒนาในด้านอัตรา การส่งและความไวของเครื่องรับให้สูงขึ้นต่อไป

Thesis Title	Location Estimation using Visible Light Communication for Android	
Student	Miss Suranart Wongprasert	Student ID. 53011777
	Miss Hattaya Nookaew	Student ID. 53011818
	Miss Anchana Makeng	Student ID. 53011915
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Ornlarp Sangaroon	

ABSTRACT

This project presents the study of optical wireless visible light communication. By applied to indoor position identification and display on android application. Visible light communication Transmission requires both a transmitter and receiver. For half-duplex (uni-directional) transmission a transceiver unit is required at each end, which in this system consist of 4 unit transmitter position. A forms of Frequency Shift Keying modulation technique that be employed. When photo sensor catches the ID position information, it will transmit information via WiFi to Android Application.

Since white LED is usually distributed over the ceiling for illumination, therefore unpleasantly noise and multipath distortion will be occur and decrease the performance of system. So high data rates transmission and sensitivity of receiver signal will be conclus.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดีของ รองศาสตราจารย์อรลภ แสงอรุณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาการค้นคว้า โดยให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการแก้ไข ปัญหาอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางด้านการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ หรือจะเป็นทางด้านซอฟต์แวร์เป็นอย่างดี คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างมากและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ นายภัทรายุธ วรรณวงศ์กา ที่ให้คำปรึกษาและการออกแบบวงจรขับเคลื่อนที่ใช้ในปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ บิดา มารดา พี่น้องที่คอยให้กำลังใจและดูแล ค่อยรับฟังและให้คำปรึกษาตลอดจนได้รับการสนับสนุนในทุกๆ เรื่องที่ทำเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศที่เป็นกำลังใจ และให้คำปรึกษาในหลายๆ เรื่องเกี่ยวกับปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

และท้ายที่สุด คุณค่าและประโยชน์อันพึงได้จากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรนาถ วงษ์ประเสริฐ
หัตทยา หนูแก้ว
อัญชนา มะเค็ง

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	3
1.6 อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้ในปริญญานิพนธ์	3
1.6.1 ฮาร์ดแวร์	3
1.6.2 ซอฟต์แวร์	3
1.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้.....	5
2.1 บทนำ	5
2.2 ทฤษฎีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้	5
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงที่ตามองเห็นได้.....	6
2.3.1 แสงที่มองเห็นได้ (Visible Light).....	6
2.3.2 แสงขาว.....	7
2.3.3 สเปกตรัมของแสงขาว (Colors of Visible Light).....	7
2.4 หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode)	8
2.4.1 ส่วนประกอบของหลอดแอลอีดี.....	8
2.4.2 ไฟแสงสว่างจากหลอดแอลอีดี.....	8
2.4.3 ข้อดีของหลอดแอลอีดี	9
2.4.4 การแบ่งชนิดของหลอดแอลอีดี	9
2.5 โฟโตไดโอด (Photodiode).....	10
2.6 ทรานซิสเตอร์ (Transistors)	11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.1	ทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อคู่ (Bipolar Junction Transistor: BJT)	11
2.6.2	ทรานซิสเตอร์แบบสนามไฟฟ้า (Field-effect Transistor: FET)	12
2.6.3	การใช้งานของทรานซิสเตอร์	13
2.7	วงจรรวมหรือไอซี (Integrated Circuit: IC)	14
2.8	สัญญาณนาฬิกาและพัลส์	16
2.9	การผสมสัญญาณเชิงแสง	16
2.9.1	การแยกสัญญาณข้อมูล	17
2.10	ประเภทการมอดูเลชัน	18
2.10.1	การมอดูเลตดิจิตอลเชิงความถี่ (Frequency-Shift Keying: FSK)	18
2.11	วงจรรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter: LPF)	18
2.12	เฟสล็อกลูป (Phase Locked Loop: PLL)	19
2.12.1	วงจรถ้าเนิดสัญญาณควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator: VCO)	20
2.13	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	20
2.13.1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์	20
2.13.2	สถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ PIC16F628	22
2.13.3	โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์	24
2.13.4	การจัดสรรหน่วยความจำและรีจิสเตอร์ควบคุมของ PIC16F628	26
2.13.5	บอร์ด ET-BASE PIC16F628	27
2.13.6	โครงสร้างบอร์ด ET-BASE PIC16F628 V1	28
2.14	หลักการสื่อสารข้อมูล	31
2.14.1	การรับส่งข้อมูลแบบขนาน	31
2.14.2	การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	31
2.14.3	UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)	33
2.14.4	การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232	33
2.14.5	การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก	36
2.14.6	มาตรฐานการรับ ส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (UART)	36
2.15	ET-WiFly GSX	36
2.15.1	คุณสมบัติของ ET-WiFly GSX	37
2.15.2	ลักษณะภายนอกของ ET-WiFly GSX	37
2.15.3	การติดต่อสื่อสารกับ ET-WiFly GSX	38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.15.4 รูปแบบการเชื่อมต่อของ ET-WiFly GSX	39
2.16 Linksys	40
2.16.1 Access Point (AP)	40
2.16.2 ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Infrastructure	40
2.17 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android)	40
2.17.1 สถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์	41
2.17.2 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์	43
2.17.3 ส่วนหลักในการพัฒนาแอนดรอยด์	43
บทที่ 3 การออกแบบและการจำลองการทำงาน	45
3.1 บทนำ	45
3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบ	45
3.3 วงจรส่งสัญญาณแสงจากแอลอีดี	45
3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรตัวส่ง	45
3.4 วงจรรับข้อมูลจากแสง	47
3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรตัวส่ง	47
3.5 การแปลงไฟโดยใช้ IC Linear Regulator (12V to 5V)	50
3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์	50
3.6.1 ภาควงจร	50
3.6.2 ภาควงจร	53
3.7 การสื่อสารระหว่างแอนดรอยด์กับไมโครคอนโทรลเลอร์	53
3.8 โปรแกรมติดต่อผู้ใช้งาน	56
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	59
4.1 บทนำ	59
4.2 การทดลองและผลการทดลอง	60
4.2.1 ทำการทดลองโดยการอินพุตค่าด้วยฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์	60
4.2.2 ทำการทดลองโดยสร้างสัญญาณอินพุต	62
4.2.3 ทดสอบการรับค่าตำแหน่งให้แสดงผลผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	67
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	71
5.1 วิจัยผลการทดลอง	71

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 ปัญหาที่พบ.....	71
5.3 แนวทางในการพัฒนา.....	71
บรรณานุกรม.....	72
ภาคผนวก.....	74
ภาคผนวก ก. โปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมวงจรภาคส่ง.....	74
ภาคผนวก ข. โปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมวงจรภาครับ.....	79
ภาคผนวก ค. โปรแกรมภาษาจาวาสำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	82
ภาคผนวก ง. ข้อมูลและคุณสมบัติต่างๆ ของอุปกรณ์ (Datasheet).....	94

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงช่วงเวลาการทำปริญญานิพนธ์	4
2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม PIC16F62x	24
2.2 แสดงขาของสัญญาณพอร์ตอนุกรมในแบบต่างๆ และหน้าที่การทำงาน	35
2.3 แสดงการต่อสายสัญญาณระหว่าง ET-WiFly GSX กับคอมพิวเตอร์	39
2.4 แสดงการต่อสายสัญญาณระหว่าง ET-WiFly GSX กับไมโครคอนโทรลเลอร์	39

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงมาประยุกต์ใช้งานภายในอาคาร.....	1
1.2 บล็อกไดอะแกรมระบบสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็น.....	2
2.1 การนำหลักการการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นไปใช้ประโยชน์.....	5
2.2 แสดงสเปกตรัมของแสงในช่วงของแสงที่ตามองเห็นได้.....	6
2.3 วงล้อสี Color Wheel.....	7
2.4 รูปภาพแสดงแอลอีดีแบบ Lamp Type.....	9
2.5 รูปภาพแสดงแอลอีดีแบบ Surface Mount Type.....	10
2.6 แสดงชนิดของโฟโตไดโอด (ก) ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรด (ข) ตอบสนองต่อแสงที่เรามองเห็น.....	10
2.7 ทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อคู่ (Bipolar Junction Transistor: BJT).....	11
2.8 PNP และ NPN ของทรานซิสเตอร์.....	11
2.9 ตัวอย่างมอสเฟต เบอร์ IRF510.....	12
2.10 โครงสร้างของมอสเฟต.....	12
2.11 แสดงลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ทั้ง 3 สภาวะ.....	13
2.12 กราฟแสดงถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติระหว่างค่ากระแสกับค่าแรงดัน.....	14
2.13 แสดงรูปของวงจรรวมหรือที่เรียกว่าไอซี.....	15
2.14 แสดงคุณลักษณะของออปแอมป์.....	15
2.15 แสดงสัญญาณนาฬิกา (Period).....	16
2.16 รูปแบบการมอดูเลตดิจิทัลเชิงความถี่.....	18
2.17 (ก) ลักษณะการต่อวงจรที่สัญญาณความถี่ต่ำ (ข) กราฟแสดงวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำที่ ความถี่ขอบเขต 600 เฮิร์ตซ์.....	19
2.18 กราฟแสดงอัตราขยายแรงดันเชิงความถี่ (dB).....	19
2.19 วงจร Phase Locked Loop (PLL).....	20
2.20 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบหลักเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	21
2.21 แสดงไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมฮาร์วาร์ด.....	23
2.22 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์ที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC.....	23
2.23 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์เมื่อกระทำคำสั่งการกระโดด.....	24
2.24 PIC16F627A/628A/648A.....	25
2.25 แสดงรูปแบบการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส.....	32
2.26 แสดงขั้นตอนหลักๆ ของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส.....	32
2.27 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25.....	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9	34
2.29 การต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมรูปแบบ Null Modem	36
2.30 การต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมโดยใช้สายสัญญาณ 3 เส้น.....	36
2.31 ชุด ET-WiFly GSX.....	37
2.32 แสดงตำแหน่งขา RS232 (DB9 ตัวเมีย) ของ ET-WiFly GSX.....	38
2.33 แสดงการเชื่อมต่อ ET-WiFly GSX ในรูปแบบ Infrastructure.....	39
2.34 Linksys WRT54GL	40
2.35 อุปกรณ์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	41
2.36 ตัวอย่างการพัฒนาแอนดรอยด์บนโปรแกรม Eclipse	44
3.1 โครงสร้างของระบบการระบุตำแหน่งโดยใช้หลักการของแสงที่ตามองเห็นได้.....	45
3.2 การจำลองการทำงานของวงจรภาคส่งด้วย Proteus	46
3.3 วงจรส่งข้อมูลผ่านแสงบนบอร์ดไพล่า	46
3.4 วงจรมอดูเลต	47
3.5 การจำลองการทำงานของวงจรภาครับด้วย Proteus.....	48
3.6 วงจรรับข้อมูลจากแสงบนบอร์ดไพล่า	48
3.7 วงจรดีมอดูเลต.....	49
3.8 วงจร PIC Microcontroller (ก) ภาคส่ง (ข) ภาครับ	49
3.9 วงจร IC Linear Regulator	50
3.10 แผนผังการทำงานของวงจรภาคส่ง หลอดแอลอีดีดวงที่ 1 กำหนดให้มีความถี่ในการกะพริบ 1 กิโลเฮิร์ตซ์..	51
3.11 แผนผังการทำงานของวงจรภาคส่ง หลอดแอลอีดีดวงที่ 2 กำหนดให้มีความถี่ในการกะพริบ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์	51
3.12 แผนผังการทำงานของวงจรภาคส่ง หลอดแอลอีดีดวงที่ 3 กำหนดให้มีความถี่ในการกะพริบ 2 กิโลเฮิร์ตซ์..	52
3.13 แผนผังการทำงานของวงจรภาคส่ง หลอดแอลอีดีดวงที่ 4 กำหนดให้มีความถี่ในการกะพริบ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์	52
3.14 แผนผังการทำงานของวงจรภาครับ.....	53
3.15 กำหนดชื่อ SSID	54
3.16 ตั้งค่าระบบรักษาความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูล	54
3.17 แสดงการตั้งค่าต่างๆ ของ ET-WiFly GSX บนโปรแกรม Tera Term	55
3.18 จำลองรูปแบบการออกแบบการสื่อสารระหว่างแอนดรอยด์ กับ WiFly GSX.....	55
3.19 การเชื่อมต่อระหว่างแอนดรอยด์ กับ WiFly GSX.....	56
3.20 แอปพลิเคชัน “Indoor Position”	56

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 แสดงหน้าหลักของแอปพลิเคชัน	57
3.22 แผนผังการทำงานของโปรแกรมแสดงตำแหน่ง	57
3.23 หน้า Indoor Location จำลองการระบุตำแหน่ง	58
4.1 (ก) ออสซิลโลสโคป (ข) ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์	59
4.2 แสดงการจำลองการส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้	59
4.3 การทดสอบโดยการวัดสัญญาณคลื่นพาดกับสัญญาณอินพุต	60
4.4 แสดงระดับสัญญาณที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์	60
4.5 แสดงระดับสัญญาณที่ความถี่ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์	61
4.6 แสดงระดับสัญญาณที่ความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์	61
4.7 แสดงระดับสัญญาณที่ความถี่ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์	62
4.8 แสดงสัญญาณที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่วัดได้จากการสร้างสัญญาณความถี่	62
4.9 แสดงสัญญาณที่ความถี่ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่วัดได้จากการสร้างสัญญาณความถี่	63
4.10 แสดงสัญญาณที่ความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่วัดได้จากการสร้างสัญญาณความถี่	63
4.11 แสดงสัญญาณที่ความถี่ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่วัดได้จากการสร้างสัญญาณความถี่	64
4.12 ตั้งค่าโปรแกรม Tera Term	64
4.13 ค่าความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อ่านจากโปรแกรม Tera Term	65
4.14 ค่าความถี่ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อ่านจากโปรแกรม Tera Term	65
4.15 ค่าความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อ่านจากโปรแกรม Tera Term	66
4.16 ค่าความถี่ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อ่านจากโปรแกรม Tera Term	66
4.17 แสดงค่าตำแหน่งที่ 1 ผ่านโปรแกรม Tera Term	67
4.18 แสดงค่าตำแหน่งที่ 2 ผ่านโปรแกรม Tera Term	67
4.19 แสดงค่าตำแหน่งที่ 3 ผ่านโปรแกรม Tera Term	68
4.20 แสดงค่าตำแหน่งที่ 4 ผ่านโปรแกรม Tera Term	68
4.21 รับข้อมูลมาจากตำแหน่งที่ 1 เมื่อกดปุ่ม Show Position จะแสดงตำแหน่งห้องรับประทานอาหาร	69
4.22 รับข้อมูลมาจากตำแหน่งที่ 2 เมื่อกดปุ่ม Show Position จะแสดงตำแหน่งห้องนอน	69
4.23 รับข้อมูลมาจากตำแหน่งที่ 3 เมื่อกดปุ่ม Show Position จะแสดงตำแหน่งห้องโถง	70
4.24 รับข้อมูลมาจากตำแหน่งที่ 4 เมื่อกดปุ่ม Show Position จะแสดงตำแหน่งห้องนั่งเล่น	70

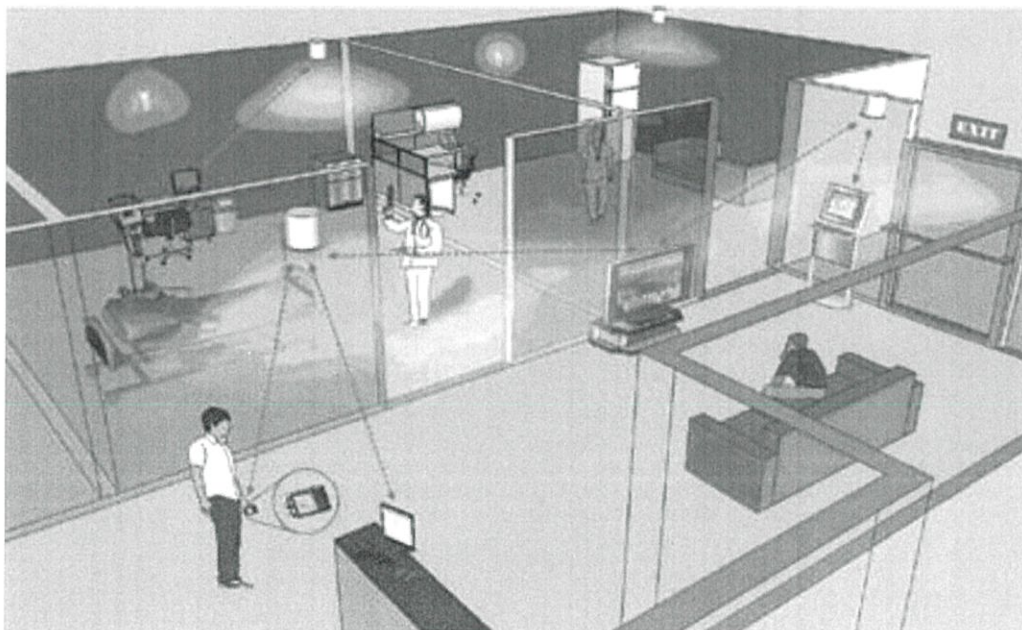
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ (Visible Light Communications) เป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลหรือระบุตำแหน่งภายในอาคาร ซึ่งจะมีความปลอดภัยมากกว่าการสื่อสารโดยใช้คลื่นวิทยุ เพราะจะไม่รบกวนการทำงานของเครื่องมือบางชนิดที่มีความไวต่อการรบกวนสูง โดยการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้จะใช้แสงสว่างจากหลอดแอลอีดีเป็นสื่อกลางในการสื่อสารและส่งข้อมูล

ปัญญานิพนธ์นี้จะใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้นำมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งเพื่อติดตามบุคคลภายในอาคาร โดยในส่วนของภาคส่งจะใช้แสงสว่างจากหลอดแอลอีดีในการระบุตำแหน่ง ส่วนของภาครับจะใช้โฟโตไดโอดเพื่อตรวจจับแสง และจะใช้สมาร์ตโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการแสดงผลตำแหน่ง ซึ่งการทำงานด้วยระบบนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ภายในอาคารเท่านั้น



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงมาประยุกต์ใช้งานภายในอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของปริณญานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้และนำไปประยุกต์ในการติดตามบุคคลภายในอาคาร

1.2.2 เพื่อศึกษาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และนำมาประยุกต์ใช้กับการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้

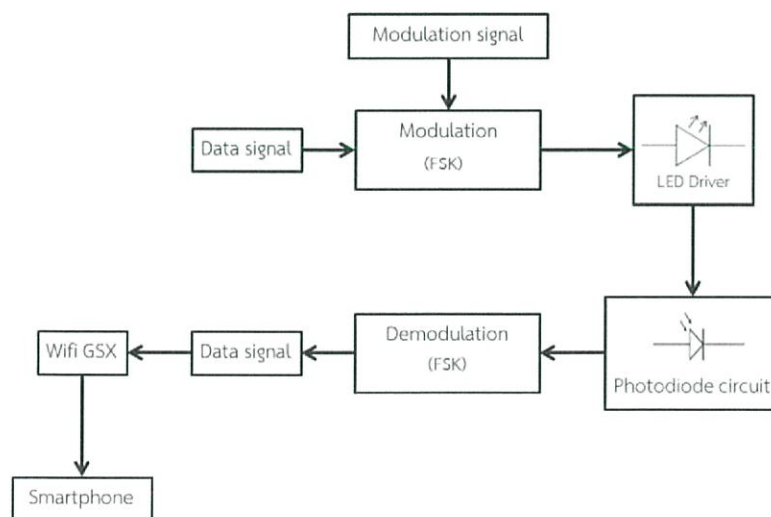
1.3 การประยุกต์ใช้งาน

ในปัจจุบันการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ เช่น เครือข่ายสื่อสารแสงไร้สายระยะใกล้ (Light-Wireless LAN) รหัสบาร์โค้ดสองมิติจากแอลอีดีและป้ายโฆษณาแฝงข้อมูลด้วยแสงแอลอีดี ระบบนำเสนอมูลเฉพาะจุดพื้นที่ผ่านการส่องสว่างของแสง ระบบสื่อสารกับงานจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport System: ITS) การประยุกต์ใช้เพื่อระบุตำแหน่งภายในอาคาร (Localization) เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในสถานที่ที่มีเครื่องมือบางชนิดที่มีความไวต่อการรบกวนสูง เช่น เครื่องบิน โรงพยาบาล เป็นต้น ซึ่งในปริณญานิพนธ์นี้ได้นำเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้มาประยุกต์ใช้ในการติดตามบุคคลภายในอาคาร

1.4 ขอบเขตของปริณญานิพนธ์

1.4.1 ออกแบบระบบการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้โดยใช้หลอดแอลอีดี

1.4.2 พัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้แสดงผลการระบุตำแหน่งภายในอาคาร



รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมระบบสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ระบบนี้สามารถนำไปใช้ระบุตำแหน่งของสิ่งที่อยู่ภายในอาคารได้
- 1.5.2 สามารถนำความรู้เรื่องการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง
- 1.5.3 ได้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเกี่ยวกับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นและการเขียนแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1.6 อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

1.6.1 ฮาร์ดแวร์

- ออสซิลโลสโคป สำหรับทำการวัดค่าสัญญาณ
- ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ สำหรับจำลองการป้อนสัญญาณเข้าสู่ระบบ
- หลอดแอลอีดี ใช้แสงเป็นตัวระบุตำแหน่ง
- โฟโตไดโอด สำหรับตรวจจับแสงสว่าง
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับควบคุมและประมวลผลของวงจร
- ET-PGM PIC USB สำหรับป้อนคำสั่งควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์
- WiFly GSX ใช้แปลงข้อมูลระหว่างระบบ Wireless LAN และ RS232
- Linksys WRT54GL เป็น Access point สำหรับเชื่อมต่อแบบ Infrastructure
- สมาร์ทโฟน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ใช้แสดงผลตำแหน่ง

1.6.2 ซอฟต์แวร์

- Proteus ใช้ในการออกแบบวงจรและการจำลองวงจร
- PICKIT สำหรับ Download Hex file ให้กับ MCU
- PIC C Compiler สำหรับเขียนคำสั่งบน PIC
- Teraterm สำหรับตั้งค่าตัว WiFly GSX
- Eclipse สำหรับเขียนแอนดรอยด์

1.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานจะต้องศึกษาเกี่ยวกับระบบการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ ว่ามีหลักการอย่างไร อาศัยวิธีการใดบ้างที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลออกไป และสามารถที่จะเอาไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ได้อย่างไร ซึ่งระบบการทำงานนั้นมีทั้งส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในส่วนของฮาร์ดแวร์จะเน้นไปที่การออกแบบวงจรและการใช้คำสั่งเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ และในส่วนของซอฟต์แวร์จะเน้นไปที่ตัวแอปพลิเคชันเพื่อแสดงผลตำแหน่ง

ตารางที่ 1.1 ตารางช่วงเวลาการทำปริญญานิพนธ์

ลำดับ	งาน	2556						2557			
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	ม.ค.
1	ศึกษาระบบการทำงาน และวางแผนการทำงาน										
2	วิเคราะห์ออกแบบ ฮาร์ดแวร์										
3	ติดตั้งอุปกรณ์										
4	พัฒนาอุปกรณ์										
5	วิเคราะห์ออกแบบ ซอฟต์แวร์										
6	ออกแบบและเขียนแอป แอนดรอยด์										
7	ทำการทดสอบระบบและ หาจุดบกพร่อง										
8	ปรับปรุงและแก้ไข										
9	สรุปผลการทดลอง										
10	ทำเอกสาร										

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

2.1 บทนำ

ปัจจุบันการสื่อสารมีความจำเป็นต่อสังคมเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาระบบการสื่อสารเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยเริ่มตั้งแต่ระบบการสื่อสารแบบใช้สายและพัฒนามาเป็นระบบการสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งมีการใช้งานเป็นจำนวนมากในปัจจุบัน

การสื่อสารแบบไร้สายเป็นการส่งสัญญาณในย่านความถี่วิทยุหรือย่านไมโครเวฟเป็นหลัก ซึ่งการทำงานของคลื่นความถี่ในย่านเหล่านี้จะสามารถส่งสัญญาณได้ครอบคลุมพื้นที่ แต่การสื่อสารแบบไร้สายประเภทนี้ก็ยังมีข้อจำกัดด้านแบนด์วิดท์และการเกิดสัญญาณรบกวน

ปัญหานี้ก็นำเสนอการสื่อสารไร้สายอีกประเภทหนึ่ง ที่สามารถสื่อสารข้อมูลได้โดยใช้แสงสว่างจากหลอดแอลอีดี ซึ่งจะนำข้อมูลส่งผ่านช่องสัญญาณในรูปของแสงและจะพัฒนาระบบให้สามารถนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ โดยจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

2.2 ทฤษฎีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นได้

เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่ตามองเห็นได้หรือ Visible Light Communications (VLC) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสีเขียวที่กำลังเป็นที่น่าสนใจอย่างมากในปัจจุบัน เพราะนอกจากประโยชน์ที่ได้จากความสว่างของแสงในพื้นที่ที่ใช้งานแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการส่งข้อมูลได้ด้วย ดังนั้นเทคโนโลยีนี้จึงได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ อย่างหลากหลาย เช่น การสื่อสารใต้น้ำ การส่งข้อมูลอินเทอร์เน็ตภายในอาคาร การระบุตำแหน่งภายในอาคาร ระบบป้ายจราจรอัจฉริยะ หรือแม้แต่การส่งเสียงเพลงหรือวิดีโอ โดยใช้ความถี่ในช่วง 400-800 เทระเฮิรตซ์ หรือความยาวคลื่นในช่วง 380-780 นาโนเมตร ซึ่งแสงที่ตามองเห็นได้ในช่วงนี้ไม่ได้เป็นอันตรายต่อวิสัยทัศน์

หลักการของการส่งข้อมูลดังกล่าวก็คือ การใช้ความถี่ในการกระพริบของแสง และทำการตรวจจับข้อมูลด้วยเซ็นเซอร์พิเศษ ที่ติดตั้งอยู่กับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อแปลงสัญญาณแสงให้กลายเป็นข้อมูล โดยแสงจะไม่สามารถทะลุกำแพงได้ นอกจากนั้นการส่งข้อมูลด้วยแสงที่ตามองเห็นได้ยังมีความปลอดภัยมากกว่าคลื่นวิทยุ ฉะนั้นจึงไม่รบกวนการทำงานของเครื่องมือบางชนิดที่มีความอ่อนไหวต่อการรบกวนสูง เช่น บนเครื่องบิน ในโรงพยาบาล เป็นต้น



รูปที่ 2.1 การนำหลักการการสื่อสารผ่านแสงที่ตามองเห็นไปใช้ประโยชน์

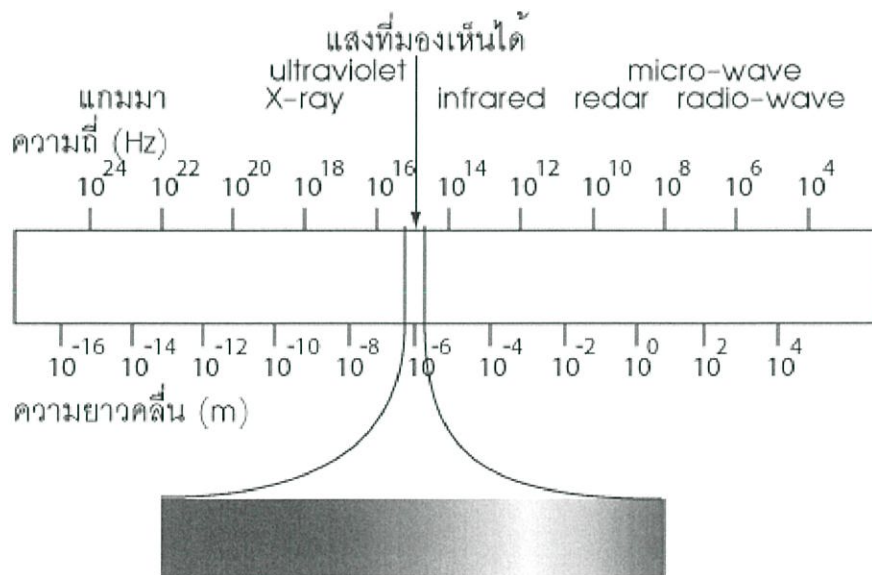
ปัจจุบันหลอดแอลอีดีเข้ามามีบทบาทกับเทคโนโลยีใหม่ๆ มากมาย ซึ่งนอกจากหลอดแอลอีดีจะใช้ประโยชน์ด้านการส่องสว่างแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายได้ด้วย ซึ่งการสื่อสารด้วยแสงจากหลอดแอลอีดีจะมีข้อได้เปรียบกว่าการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุในด้านของความปลอดภัยและความประหยัดพลังงาน

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงที่ตามองเห็นได้

แสงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก ถ้าหากขาดแสงสว่างไปก็จะส่งผลกระทบต่อการดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ดังนั้นแสงจึงถือเป็นพลังงานที่สำคัญมาก การมองเห็นจะเกิดขึ้นไม่ได้หากไม่มีแสงสว่างที่วัตถุ หรือบริเวณที่ต้องการมอง นอกจากนั้นยังมีปัจจัยสำคัญอื่นๆ ที่ช่วยในการมองเห็น เช่น ความสามารถในการมองเห็นของดวงตา ความสว่างของวัตถุ ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุ ขนาดและรูปร่างของวัตถุ ความแตกต่างระหว่างวัตถุกับฉาก การเคลื่อนที่ของวัตถุและสีของวัตถุ เป็นต้น

2.3.1 แสงที่มองเห็นได้ (Visible Light)

แสงที่ประสาทตาของคนรับได้ จะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400-800 นาโนเมตร แสงที่อยู่ในช่วงคลื่นนี้ประกอบด้วยแสงสีต่างๆ กัน ตามปกติประสาทตาของคนสามารถสัมผัสแสงบางช่วงคลื่นที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์ได้ แต่ไม่สามารถแยกเป็นสีต่างๆ จึงมองเห็นเป็นสีรวมกันซึ่งเรียกว่าแสงขาว



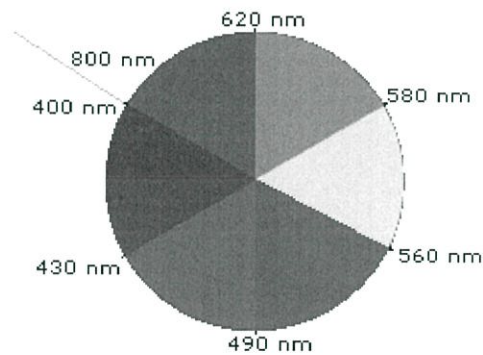
รูปที่ 2.2 แสดงสเปกตรัมของแสงในช่วงของแสงที่ตามองเห็นได้

2.3.2 แสงขาว

แสงขาวจะประกอบด้วยแสงสีที่รวมกันเรียกว่า สเปกตรัม (Spectrum) ประกอบด้วยเจ็ดสี ได้แก่ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม และแดง โดยสีม่วงจะมีพลังงานมากที่สุด (ความยาวคลื่นสั้น) และพลังงานจะลดลงเรื่อยๆ ตามลำดับ จนกระทั่งสีแดงที่มีพลังงานต่ำสุด (ความยาวคลื่นยาว)

2.3.3 สเปกตรัมของแสงขาว (Colors of Visible Light)

คลื่นแสงที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้อยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 400-800 นาโนเมตร ถ้านัยน์ตาถูกกระตุ้นด้วยแสงตลอดทั้งช่วงความยาวคลื่น ผลก็คือจะมองเห็นแสงนั้นเป็นแสงขาว แต่ถ้าคลื่นแสงถูกดูดกลืนแสงไปบางส่วน แสงที่ตามองเห็นจะเป็นสีผสม หรือสีที่อยู่ตรงข้ามของสีที่ถูกดูดกลืนเมื่อเทียบตามวงล้อสี



รูปที่ 2.3 วงล้อสี Color Wheel

การเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นจะทำให้มองเห็นเป็นสีต่างๆ เช่น ที่ความยาวคลื่นที่ 450-500 นาโนเมตร จะเห็นเป็นสีน้ำเงิน 500-570 นาโนเมตร จะเห็นเป็นสีเขียว เป็นต้น ปัจจุบันมนุษย์ใช้พลังงานจากแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงสว่าง มี 2 แหล่ง คือ

2.3.3.1 แสงสว่างจากธรรมชาติ (Natural Lighting) แหล่งกำเนิดของแสงสว่างในธรรมชาติที่สำคัญ คือ ดวงอาทิตย์ การใช้ประโยชน์จากดวงอาทิตย์อย่างเหมาะสมจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก

2.3.3.2 แสงสว่างจากการประดิษฐ์ (Artificial Lighting) เป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่มนุษย์ได้ประดิษฐ์คิดค้น โดยอาศัยธรรมชาติและเทคโนโลยี เช่น หลอดไฟชนิดต่างๆ เป็นต้น

แสงคือการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็นหรือบางครั้งอาจรวมถึงการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่รังสีอินฟราเรดถึงรังสีอัลตราไวโอเล็ตด้วย สมบัติพื้นฐานของแสง (และของการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าทุกช่วงคลื่น) ได้แก่ ความเข้มคือความสว่างหรือแอมพลิจูด ซึ่งปรากฏแก่สายตามนุษย์ในรูปความสว่างของแสง ความถี่หรือความยาวคลื่น ซึ่งปรากฏแก่สายตามนุษย์ในรูปสีของแสง และโพลาริเซชันคือมุมการสั่นของคลื่น ซึ่งโดยปกติมนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้

2.4 หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode)

หลอดแอลอีดีหรือไดโอดเปล่งแสงเป็นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถเปล่งแสงสว่างเมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านตัวมันที่ระดับหนึ่ง แสงที่เกิดขึ้นเป็นการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำภายในตัวหลอดแอลอีดี ซึ่งจะมีความแตกต่างจากหลอดทั่วไปซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าในการจุดไส้หลอด เพื่อให้เกิดแสงสว่าง ผลที่ได้ก็คือตัวหลอดเกิดความร้อนเมื่อใช้งาน หลอดแอลอีดีจึงใช้กระแสไฟฟ้าต่ำกว่าในการให้กำเนิดแสงสว่างและความร้อนที่เกิดขึ้นก็ต่ำ ซึ่งสามารถที่จะเปล่งแสงออกมาได้ แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน ซึ่งต่างกับแสงธรรมดาที่ตามองเห็น โดยหลอดแอลอีดีนั้นสามารถเปล่งแสงได้เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างก็ยิ่งดีกว่าหลอดไฟขนาดเล็กทั่วไป หลอดแอลอีดีโดยทั่วไปมี 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ หลอดแอลอีดีชนิดที่ตามองเห็นได้ กับชนิดที่ตามองไม่เห็น ต้องใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวรับแสงแทนตาคน

2.4.1 ส่วนประกอบของหลอดแอลอีดี

หลอดแอลอีดีมีส่วนประกอบคือสารกึ่งตัวนำตัวฐาน และขาสำหรับใช้ต่อกับวงจรทั้งหมด ถูกเคลือบด้วยวัสดุอีพ็อกซีเรซิน เพื่อป้องกันชิ้นส่วนภายในตัวหลอดแอลอีดี

ตัวสารกึ่งตัวนำในหลอดแอลอีดีประกอบด้วยสารชนิด P และ N เมื่อนำสารทั้งสองชนิดประกอบติดกันและปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้ายังชิ้นส่วนทั้งสองจะเกิดปฏิกิริยาที่รอยต่อ ทำให้เกิดแสงขึ้น วัสดุอีพ็อกซีเรซินที่หุ้มตัวสารกึ่งตัวนำมีลักษณะโปร่งใส มีลักษณะเหมือนเลนส์ในการกำหนดทิศทางการส่องสว่างให้เป็นลำแสง ขณะเดียวกันใช้ป้องกันการกระทบกระแทกของตัวหลอดแอลอีดี ชิ้นส่วนทั้งหมดภายในจึงถูกยึดอย่างถาวร

2.4.2 ไฟแสงสว่างจากหลอดแอลอีดี

แสงสว่างที่ได้จากหลอดแอลอีดี มีความแตกต่างจากแสงที่ได้จากหลอดแบบไส้หรือหลอดนีออน หลอดแอลอีดีกำเนิดแสงได้โดยไม่เกิดความร้อน (สูญเสียพลังงาน) เหมือนหลอดไส้แบบสุญญากาศ อีกทั้งตัวหลอดแอลอีดียังป้องกันการกระทบกระแทกได้ดีกว่าเพราะเป็นวัสดุแข็ง อายุการใช้งานจึงยาวนานกว่า

หลอดแอลอีดียุคแรกยังให้ความสว่างได้น้อย แต่ยุคปัจจุบันหลอดแอลอีดีสามารถให้ความสว่างมากขึ้นกว่าเดิม หลอดแอลอีดีที่ใช้กำลังไฟมากกว่า 1 วัตต์ ถือว่าเป็นหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง โครงสร้างภายในจึงพิเศษกว่าหลอดแอลอีดีทั่วไป ดังนั้นจึงต้องออกแบบการระบายความร้อนระหว่างตัวหลอดแอลอีดีกับแผงวงจรเป็นอย่างดี วิธีที่ดีที่สุดคือใช้แผงวงจรไฟฟ้าที่มีแกนเป็นโลหะ เพื่อระบายความร้อนออกจากตัวหลอดแอลอีดีและมีการจัดการระบายความร้อนเป็นอย่างดี เพื่อให้หลอดแอลอีดีเกิดประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงสุด หลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูงเป็นอุปกรณ์แสงสว่างยุคใหม่ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ วงจรการแพทย์ แทนที่หลอดแสงสว่างยุคเก่า

2.4.3 ข้อดีของหลอดแอลอีดี

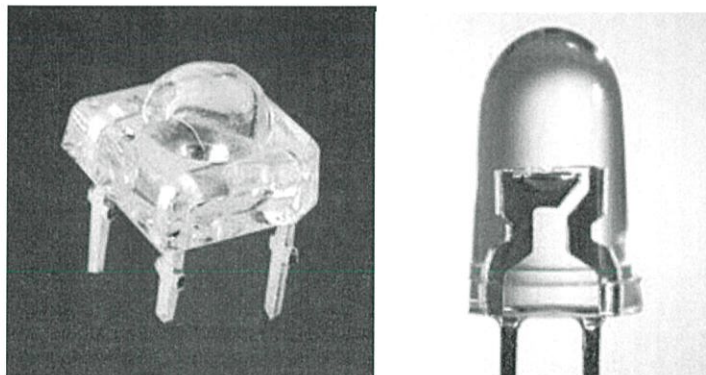
- ประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างดีกว่าหลอดไฟธรรมดาทั่วไป
- หลอดแอลอีดีกินกระแสไฟน้อยมาก ประมาณ 1-20 มิลลิแอมแปร์
- มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ประมาณ 50,000 – 100,000 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับคุณภาพของหลอดแอลอีดี วงจรขับกระแส สภาพภูมิอากาศ ความชื้น และอุณหภูมิ ซึ่งก็มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าหลอดที่ให้แสงสว่างชนิดอื่นๆมาก
- ไม่มีรังสีอินฟราเรด รังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งเป็นอันตรายต่อผิวหนัง
- ทนทานต่อสภาวะอากาศและการสั่นสะเทือน

2.4.4 การแบ่งชนิดของหลอดแอลอีดี

ในปัจจุบันหลอดแอลอีดีมีให้เลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ มีขนาดการขับกระแสตั้งแต่ 1 มิลลิแอมแปร์ไปจนถึงมากกว่า 1 แอมแปร์ การแบ่งหลอดแอลอีดีสามารถแบ่งได้ 2 แบบ ตามลักษณะตามโครงสร้าง

2.4.4.1 Lamp Type

เป็นหลอดแอลอีดีชนิดที่มีขายื่นออกมาจากตัวอีพ็อกซี 2 ขาหรือมากกว่า ซึ่งอาจเรียกหลอดแอลอีดีชนิดนี้ว่า หลอดแอลอีดีแบบทูลูโฮล หลอดแอลอีดีชนิดนี้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3 มิลลิเมตร ขึ้นไป

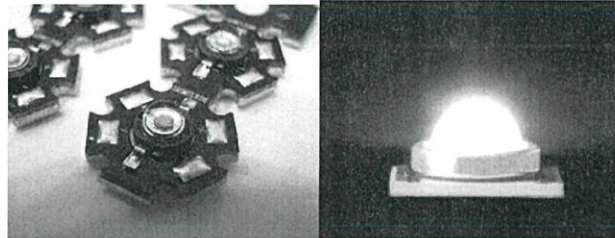


รูปที่ 2.4 รูปภาพแสดงหลอดแอลอีดีแบบ Lamp Type

การขับกระแสของหลอดแอลอีดีชนิด Lamp Type ผู้ผลิตจะออกแบบให้หลอดแอลอีดีให้ขับกระแสได้ไม่เกิน 150 มิลลิแอมแปร์ เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เพราะหลอดแอลอีดีจะถูกเคลือบด้วยอีพ็อกซีทั้งหมด เส้นทางการระบายความร้อนออกจากตัวหลอดแอลอีดีจึงน้อย แต่หลอดแอลอีดีชนิดนี้สามารถนำไปใช้ทั้งภายในและภายนอก ซึ่งจะทนทานต่อสภาวะอากาศต่างๆ ได้มาก

2.4.4.2 Surface Mount Type

มีลักษณะแพ็คเกิดเป็นตัวบางๆ ซึ่งในการประกอบหลอดแอลอีดีชนิดนี้ ต้องใช้เครื่องมือชนิดพิเศษในการประกอบ หลอดแอลอีดีชนิดนี้มีขนาดการขับกระแสตั้งแต่ 20 มิลลิแอมแปร์หรือมากกว่า 1 แอมแปร์ถ้าสามารถขับกระแสตั้งแต่ 300 มิลลิแอมแปร์ ขึ้นไปจะเรียกว่า power LED มีหน่วยเป็นวัตต์



รูปที่ 2.5 รูปภาพแสดงหลอดแอลอีดีแบบ Surface Mount Type

การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ภายในอาคาร เพราะสารเคลือบหน้าหลอดแอลอีดีส่วนใหญ่เป็นซิลิโคน ซึ่งละอองน้ำสามารถซึมผ่านเข้าสู่ภายในได้ และละอองน้ำหรือความชื้นยังสามารถซึมผ่านส่วนต่างของตัวหลอดแอลอีดีได้ แต่ก็ยังมี power LED บางยี่ห้อที่สามารถออกแบบให้ใช้ภายนอกได้ ซึ่งวัสดุที่ใช้เคลือบหลอดก็จะเป็นชนิดพิเศษ

2.5 โฟโตไดโอด (Photodiode)

โฟโตไดโอด (Photodiode) เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่งที่สามารถแปลงความถี่หรือความยาวคลื่นแสงเป็นกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าได้ โฟโตไดโอดประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ เช่น กระจกใส เป็นต้น โฟโตไดโอดจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบที่ตอบสนองต่อแสงที่มองเห็นได้ และแบบที่ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรด (IR Photodiode) ในการรับใช้งานจะต้องต่อโฟโตไดโอดในลักษณะไบอัสกลับ จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง ถ้าแสงที่มากกระทบมีความยาวคลื่นที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจร จะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มากกระทบ ลักษณะทั่วไปของไบอัสตรงจะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาคือยอมให้กระแสไหลผ่านได้



รูปที่ 2.6 แสดงชนิดของโฟโตไดโอด (ก) ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรด (ข) ตอบสนองต่อแสงที่ตามองเห็นได้

โฟโตนิกส์สามารถเอาไปใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ ดังนี้

- วัดความเข้มแสง
- ซีตเตอร์แสง
- กำหนดตำแหน่งของเครื่องมือกล
- การวัดระยะทางไกลด้วยแสงอินฟราเรด
- ตรวจจับสัญญาณแสงที่มีความถี่สูง

2.6 ทรานซิสเตอร์ (Transistors)

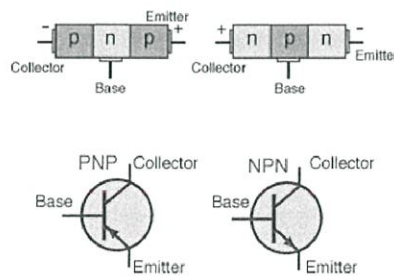
ทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถทำหน้าที่ ขยายสัญญาณไฟฟ้า เปิดหรือปิดสัญญาณไฟฟ้า คงค่าแรงดันไฟฟ้า หรือกล้ำสัญญาณไฟฟ้า (Modulate) การทำงานของทรานซิสเตอร์เปรียบได้กับวาล์วที่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณไฟฟ้าขาเข้า เพื่อปรับขนาดกระแสไฟฟ้าขาออกที่มาจากแหล่งจ่ายแรงดัน

2.6.1 ทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อคู่ (Bipolar Junction Transistor: BJT)

เป็นทรานซิสเตอร์ที่มีอุปกรณ์สามขั้วต่อกัน (ขั้วเบส ขั้วคอลเลคเตอร์ และขั้วอิมิตเตอร์) ถูกสร้างขึ้นโดยวัสดุสารกึ่งตัวนำที่มีการเจือสารและอาจจะมีการใช้ในการขยายสัญญาณหรืออุปกรณ์สวิตซ์ซิ่ง (Switching) ช่องการนำสัญญาณหลักของทรานซิสเตอร์มีการใช้ทั้งอิเล็กทรอนิกส์และไฮลเพื่อ นำกระแสไฟฟ้าหลัก โดยแบ่งออกได้อีก 2 ชนิดคือ ชนิดเอนพีเอน (NPN) และชนิดพีเอนพี (PNP)



รูปที่ 2.7 ทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อคู่ (Bipolar Junction Transistor: BJT)

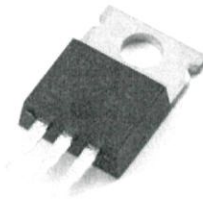


รูปที่ 2.8 PNP และ NPN ของทรานซิสเตอร์

2.6.2 ทรานซิสเตอร์แบบสนามไฟฟ้า (Field-effect Transistor: FET)

เป็นทรานซิสเตอร์ที่มีขาต่อสามขา คือ ขาดเรน (Drain) เกท (Gate) และซอร์ส (Source) หลักการทำงานแตกต่างจากทรานซิสเตอร์แบบห้วต่อไบโพลาร์ (BJT) นั่นคืออาศัยสนามไฟฟ้าในการสร้างช่องนำกระแส (Channel) เพื่อให้เกิดการนำกระแสของตัวทรานซิสเตอร์ ในแง่ของการนำกระแส ทรานซิสเตอร์แบบสนามไฟฟ้าและแบบห้วต่อไบโพลาร์มีลักษณะของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ที่ต่างกัน นั่นคือกระแสในทรานซิสเตอร์แบบห้วต่อไบโพลาร์จะเป็นกระแสที่เกิดจากพาหะส่วนน้อย (Minor Carrier) แต่กระแสในทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าจะเกิดจากพาหะส่วนมาก (Major Carrier) ซึ่งทรานซิสเตอร์แบบสนามไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ เจเฟต (JFET), เมสเฟต (MESFET) และมอสเฟต (MOSFET)

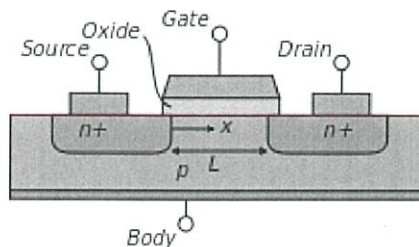
มอสเฟตเป็นทรานซิสเตอร์ ที่ใช้อิทธิพลสนามไฟฟ้าในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้ ออกไซด์ของโลหะในการทำส่วนเกท นิยมใช้ในวงจรดิจิทัล โดยนำไปสร้างลอจิกเกตต่างๆ เพราะมีขนาดเล็ก



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างมอสเฟต เบอร์ IRF510

โครงสร้างของมอสเฟต ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

- เกท (Gate) เป็นส่วนที่ทำมาจากออกไซด์ของโลหะ โดยสร้างให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมระหว่างแผ่นสองแผ่นเพื่อ สร้างสนามไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเข้าออกของสัญญาณไฟฟ้า
- ซอร์ส (Source) เป็นส่วนขาเข้าของสัญญาณ
- เดรน (Drain) เป็นส่วนขาออกของสัญญาณ



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของมอสเฟต

2.6.3 การใช้งานของทรานซิสเตอร์

การที่จะนำทรานซิสเตอร์มาใช้งานได้นั้น จะต้องทำการกำหนดค่าของแรงดันของทรานซิสเตอร์ให้มีค่าที่เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งถ้าพิจารณาถึงโครงสร้างของทรานซิสเตอร์ จะพบว่ารอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P ที่เกิดขึ้นนั้น ทำให้สามารถที่จะกำหนดการไบแอสอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ให้มีลักษณะการทำงานได้เป็น 3 สถานะการทำงาน คือ

2.6.3.1 สถานะการทำงานแบบคัทออฟ (Cut-off Mode)

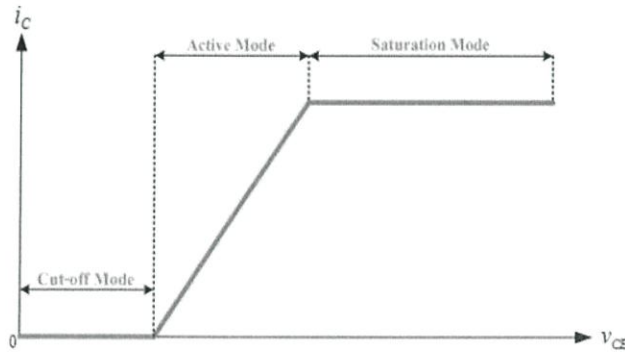
อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ จะทำงานในสถานะนี้ได้ เมื่อทำการไบอัสกลับให้กับรอยต่อเบส-อิมิตเตอร์และรอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส ซึ่งการทำงานในสถานะนี้ทรานซิสเตอร์ จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด

2.6.3.2 สถานะการทำงานแบบแอคทีฟ (Active Mode)

อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ จะทำงานในสถานะนี้ได้ เมื่อทำการไบอัสตรงให้กับรอยต่อเบส-อิมิตเตอร์และทำการไบอัสกลับให้กับรอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส ซึ่งการทำงานในสถานะนี้ทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณ

2.6.3.3 สถานะการทำงานแบบอิ่มตัว (Saturation Mode)

อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ จะทำงานในสถานะนี้ได้ เมื่อทำการไบอัสตรงให้กับรอยต่อเบส-อิมิตเตอร์และรอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส ซึ่งการทำงานในสถานะนี้ทรานซิสเตอร์ (BJT) จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ทั้ง 3 สถานะ

ในทางอุดมคตินั้นจะเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่จะมีคุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดัน และค่าของกระแส ซึ่งสามารถที่จะเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์นี้ได้

$$i_c = I_s (e^{v_{BE}/V_T}) \quad (2.1)$$

และในส่วนของคุณสมบัติความสัมพันธ์ของกระแส i_c กับกระแส i_b สามารถที่จะเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์นี้ได้

$$i_B = \frac{i_c}{\beta} \quad \text{หรือ} \quad i_c = \beta i_B \quad (2.2)$$

โดยที่ β คือ ค่าอัตราของการขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ที่เกิดจากกระแส i_c กับกระแส i_b และถ้าพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของทรานซิสเตอร์ในส่วนของการขยายกระแส สามารถที่จะเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์นี้ได้

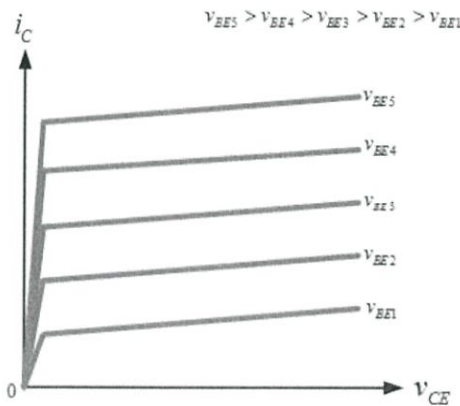
$$i_E = i_C + i_B \quad \text{หรือ} \quad i_E \approx i_C \quad (2.3)$$

นำสมการที่ 2.2 มาแทนลงในสมการที่ 2.3 ก็จะได้สมการที่แสดงถึงค่าของอัตราขยายกระแส

$$i_E = \frac{i_C}{\alpha} \quad \text{หรือ} \quad \alpha = \frac{i_C}{i_E} \quad (2.4)$$

โดยที่ α คือ ค่าอัตราของการขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ที่เกิดจากกระแส i_c กับกระแส i_b และถ้าพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง α กับ β จะเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์นี้ได้

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \quad (2.5)$$



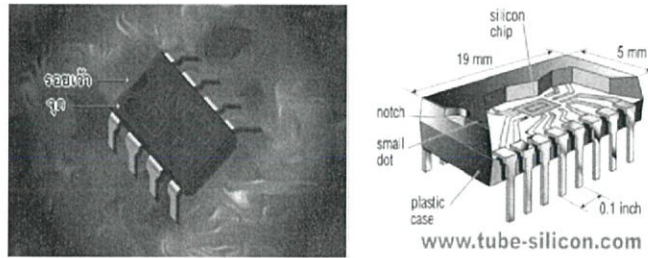
รูปที่ 2.12 กราฟแสดงถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ ระหว่างค่ากระแสกับค่าแรงดัน

คุณสมบัติของอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ ระหว่างค่ากระแสกับค่าแรงดัน โดยจะเห็นว่า เมื่อค่าของแรงดันมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปก็จะส่งผลให้ค่าของกระแสมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งค่าของกระแสจะมีการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยนั้นก็ขึ้นอยู่กับแรงดัน เพราะในทางอุดมคติค่าของแรงดันจะส่งผลให้ค่าของกระแสมีลักษณะเป็นเส้นขนานกับแกนของแรงดัน แต่ในทางปฏิบัติ นั้นค่าของแรงดันจะมีค่าเป็นค่าใดค่าหนึ่ง ดังนั้นก็จะส่งผลให้ค่าของกระแสมีลักษณะไม่เป็นเส้นขนานกับแกนของแรงดัน

2.7 วงจรรวมหรือไอซี (Integrated Circuit: IC)

ไมโครชิปเป็นเวเฟอร์กึ่งตัวนำ (Semiconductor) ซึ่งสร้างขึ้นจากตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ทรานซิสเตอร์ขนาดเล็กหลายพันหรือหลายล้านชิ้น ไอซีสามารถทำงานเป็นตัวขยาย ออสซิลเลเตอร์

โทรมเมอร์ ตัวนับ หน่วยความจำคอมพิวเตอร์ หรือไมโครโพรเซสเซอร์ โดยความเจาะจงไอซี ได้รับการจัดแบ่งเป็นเชิงเส้น (อนาล็อก) หรือดิจิทัล ขึ้นอยู่กับมุ่งหมายของการประยุกต์

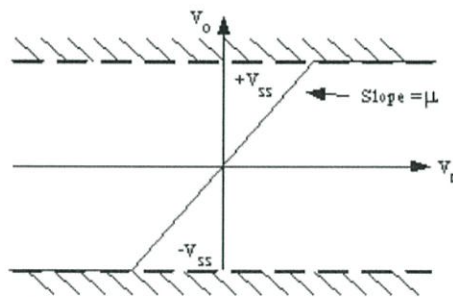


รูปที่ 2.13 แสดงรูปของวงจรรวมหรือที่เรียกว่าไอซี

ออปแอมป์ (Operation Amplifier, Op-Amp) หรือวงจรรขยายเชิงดำเนินการ เป็นอุปกรณ์วงจรรวมหรือไอซีประเภทเชิงเส้น (Linear Integrated Circuit) ซึ่งมีการนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ มากมาย ทั้งนี้ก็เนื่องจากเป็นวงจรรขยายผลต่าง (Differential Amplifier) ที่มีอัตราขยายที่สูงมาก การออกแบบและวิเคราะห์วงจรที่ใช้ออปแอมป์ก็สามารถทำได้ง่าย

คุณลักษณะของออปแอมป์ มีอยู่ 4 ลักษณะพื้นฐานดังนี้

- แรงดันเอาต์พุตจะไม่เกินแรงดันที่จ่ายให้กับออปแอมป์



รูปที่ 2.14 แสดงคุณลักษณะของออปแอมป์

จากกราฟรูปที่ 2.14 ทำให้ทราบว่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากออปแอมป์นั้นจะมีค่าไม่เกินแรงดันที่ป้อนให้กับออปแอมป์ นั่นก็คือ $-V_{SS} \leq V_o \leq +V_{SS}$

- อัตราขยายมีค่าเป็นอนันต์ ($m = \text{infinity}$) ในทางอุดมคติออปแอมป์จะมีอัตราขยายได้เป็นอนันต์ ในทางปฏิบัติอัตราขยายจะไม่เป็นอนันต์ แต่มีค่าสูงมาก
- เมื่ออัตราขยายมีค่าเป็นอนันต์ และ V_o มีค่าไม่เกิน $+V_{SS}$ จะทำให้ $V_D = 0$ นั่นคือไม่มีผลต่างของแรงดัน ระหว่างขา V_p และขา V_n นั่นเอง
- กระแสของอินพุตทั้งสองเป็น 0 เนื่องจากความต้านทานภายใน (RI) ของออปแอมป์มีค่าสูงมาก (Infinity) นั่นคือจะทำให้กระแสที่ไหลเข้าขาทั้งสองมีค่าเป็น 0

2.8 สัญญาณนาฬิกาและพัลส์

ในระบบดิจิทัลการทำงานต่างๆจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาดังนั้นจึงมีการใช้สัญญาณนาฬิกา (Clock) เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของระบบ ซึ่งจะเป็นสัญญาณที่เปลี่ยนค่าลอจิก “0” เป็นลอจิก “1” หรือ เปลี่ยนค่าจากลอจิก “1” เป็นลอจิก “0” สัญญาณนาฬิกาเป็นสัญญาณที่มีคาบเวลาออกมาเป็นเวลาที่แน่นอน (Periodic) ส่วนสัญญาณพัลส์ (Pulse Signal) เป็นสัญญาณที่ส่งออกมาในช่วงเวลาสั้นๆ เวลาหนึ่ง เพื่อกระตุ้นให้ระบบทำงาน โดยสัญญาณพัลส์จะมีพัลส์แบบบวก (Positive-Pulse) ที่สัญญาณเปลี่ยนจากลอจิก “0” เป็นลอจิก “1” และพัลส์แบบลบ (Negative-Pulse) เมื่อเปลี่ยนจากลอจิก “1” เป็นลอจิก “0” สัญญาณนาฬิกาและสัญญาณพัลส์

การหาสัญญาณที่มีคาบเวลาแน่นอน สามารถหาค่าความถี่ของสัญญาณได้จากส่วนกลับของคาบเวลา และถ้าจะหาค่าความถี่ก็สามารถหาได้จากส่วนกลับของคาบเวลาได้เช่นกัน ดังสมการที่ (1)

$$F = 1/T \quad (2.6)$$

สัญญาณพัลส์ในระบบดิจิทัลมีคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งนั่นก็คือ ค่าตัวดีไซเคิล (Duty Cycle) ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างค่าเวลาความกว้างของพัลส์กับคาบเวลาโดยมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.15 แสดงสัญญาณนาฬิกา (Period)

2.9 การผสมสัญญาณเชิงแสง

การผสมสัญญาณข้อมูลข่าวสารเข้ากับคลื่นพาห้ (Carrier) เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลได้ในระยะทางที่ไกลกว่าเดิม ในการสื่อสารเชิงแสงนั้นคลื่นพาห้จะถูกเลือกมาจากย่านความถี่ของแสงที่มีความถี่สูงกว่าความถี่วิทยุ (Radio Frequency) หรือไมโครเวฟ (Microwave) ทำให้การส่งข้อมูลมีความรวดเร็วขึ้น

ช่องสัญญาณเชิงแสง (Optical Channel) เป็นช่องทางที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารทางแสงเป็นช่องสัญญาณอากาศ (Free Space) ที่สัญญาณแสงสามารถเดินทางผ่านไปได้ โดยมีคลื่นพาห้ (Carrier) ที่ใช้ในการผสมสัญญาณเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้ในระยะทางที่ไกลขึ้นถูกนำมาจากย่านความถี่ต่างๆ แล้วแต่ประเภทของการใช้งาน เช่น ความถี่วิทยุ ไมโครเวฟ หรือแสง ซึ่งคลื่นพาห้ในย่านความถี่ของแสงนั้น จะถูกเลือกมาจากหลายย่านความถี่ เช่น ย่านที่ตามองเห็น (Visible) อินฟราเรด (Infrared) หรืออัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) เป็นต้น

หลักการของแสงเพื่อการสื่อสาร (Principle of Light for Communication) การสื่อสารผ่านช่องสัญญาณเชิงแสงมีหลักการโดยขั้นแรก แหล่งกำเนิดข้อมูลหรืออุปกรณ์อื่นๆ เช่น โทรศัพท์ เครื่องป้อนข้อมูล โทรสาร เป็นต้น จะสร้างข้อมูลข่าวสารในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาล็อก (Analog) หรือสัญญาณดิจิทัล (Digital) จากนั้น ในขั้นตอนที่สอง ภาคผสมสัญญาณจะทำการเพิ่มผสมสัญญาณรูปแบบเฉพาะเข้าไปเพื่อให้เกิดมีความเหมาะสมแล้วทำการส่งสัญญาณไป เพื่อให้ผ่าน

แหล่งกำเนิดแสง เพื่อทำการแปลงสัญญาณข้อมูลไฟฟ้า เข้ากับคลื่นพาห์ที่ถูกเลือกมาจากความถี่ของแสง

หลังจากทำการแปลงสัญญาณแล้ว สัญญาณไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณแสง (Optical Signal) ที่มีลักษณะเป็นลำแสง ขั้นตอนถัดมาจะทำการส่งสัญญาณออกไปยังช่องสัญญาณเชิงแสง ซึ่งอาจเป็นอากาศ (Free space) ชั้นบรรยากาศ (Atmosphere) หรือตัวนำสัญญาณ (Waveguide) สัญญาณแสงนั้นจะถูกส่งไปยังภาครับสัญญาณเชิงแสง โดยในขั้นแรก สัญญาณแสงจะถูกรวมแสงจากเลนส์ด้านหน้าหรืออื่นๆ จากนั้นถูกส่งไปยังตัวตรวจจับแสงที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า (O/E) โดยการแยกสัญญาณข้อมูลข่าวสารออกจากคลื่นพาห์ จากนั้นส่งสัญญาณไฟฟ้า ที่ได้ไปยังอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อทำการเปลี่ยนกลับคืนให้เป็นสัญญาณโทรศัพท์ เครื่องป้อนข้อมูล โทรภาพ หรืออื่นๆ ที่สอดคล้องกับภาคส่ง เพื่อให้ได้ข้อมูลแบบเดียวกับที่แหล่งกำเนิดข้อมูลส่งออกมาภาครับสัญญาณเชิงแสง (Optical Receiver) และการแยกสัญญาณเชิงแสง (Optical Demodulation)

2.9.1 การแยกสัญญาณข้อมูล

การแยกสัญญาณข้อมูลข่าวสารออกจากคลื่นพาห์ที่มีความถี่เชิงแสงและสัญญาณรบกวน ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแยกสัญญาณคือตัวตรวจจับแสง (Detector) ซึ่งมีหน้าที่ในการรับสัญญาณแสงและเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ในส่วนของการแยกสัญญาณเชิงแสงจะประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก คือ ตัวรับสัญญาณแสงส่วนหน้า (Optical Receiving Front End) ซึ่งส่วนมากใช้เลนส์รวมแสงหรืออุปกรณ์โฟกัส ตัวตรวจจับแสง (Photo Detector) หรือโฟโอดีโอด (Photodiode) และตัวประมวลผลการตรวจจับแสง (Post Detection Processor) ตัวรับแสงส่วนหน้านั้นทำหน้าที่กรองแสงและโฟกัสแสงไปยังตัวตรวจจับแสง ซึ่งตัวตรวจจับแสงมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยหากแสงที่มาจากกระทบผิวหน้าของโฟโอดีโอดนั้นมีจังหวะมืด สว่าง จะทำให้ความต่างศักย์ที่คร่อมตัวโฟโอดีโอดเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามจังหวะของแสงที่มาตกกระทบ จากนั้นจะส่งให้ตัวประมวลผลเพื่อทำการขยายสัญญาณในส่วนที่จำเป็นและกรองสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณไฟฟ้าที่ภาคส่งทำการส่งมา ตัวรับสัญญาณเชิงแสงแบ่งออกเป็นสองชนิดคือ ตัวรับแบบตรวจจับกำลังสัญญาณ (Power Detecting Receiver) และตัวรับแบบเฮเทอโรไดนาม์ (Heterodyning Receiver)

2.9.1.1 ตัวรับแบบตรวจจับกำลังสัญญาณ (Power Detecting Receiver)

อาจเรียกได้อีกอย่างว่าตัวตรวจจับโดยตรง (Direct Receiver) มีระบบเลนส์ด้านหน้าทำหน้าที่รับสัญญาณแสง และทำการรวมแสงทั้งหมดและโฟกัสไปยังตัวตรวจจับแสง โดยผ่านตัวกรองสัญญาณรบกวน และตัวกรองความถี่ จากนั้นตัวตรวจจับแสงจะทำหน้าที่ ในการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณจะเป็นลักษณะเบสแบนด์ (Baseband Transmissions) ที่มีสถานะเป็น “1” และ “0”

การผสมสัญญาณแบบตรวจจับโดยตรง สัญญาณไบนารีจะอยู่ในลักษณะเปิดและปิดของสัญญาณที่ภาคส่ง ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของรูปแบบของคลื่นสัญญาณ โดยรูปแบบคลื่นทั่วไปของการตรวจจับโดยตรงจะเป็นการผสมแบบ Pulse Code Modulation (PCM) ที่เข้ารหัสแบบ NRZ (No return to zero) หรือแบบ RZ (Return to Zero) สำหรับการสื่อสารเชิงแสงทั่วไปใช้แบบ diphase (Manchester) ซึ่งคุณสมบัติของรูปคลื่นจะมีองค์ประกอบสัญญาณ DC ต่ำ มี Self-Coding Code

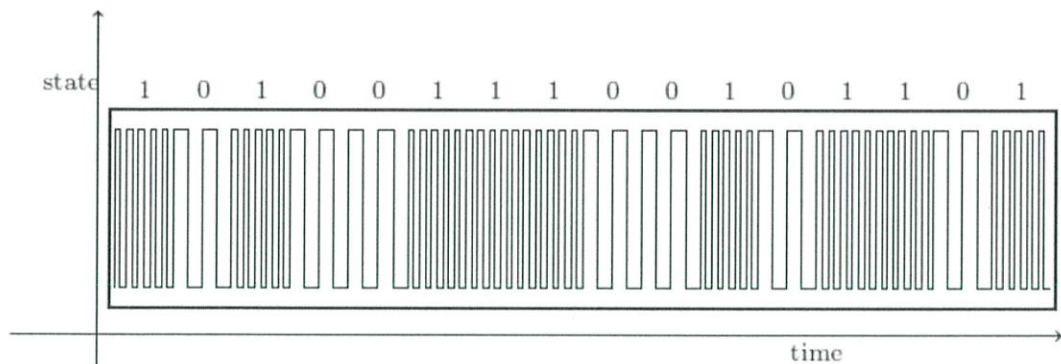
2.9.1.2 ตัวรับแบบเฮเทอโรไดน์ (Heterodyning Receiver)

ตัวรับแบบเฮเทอโรไดน์จะมีแหล่งกำเนิดแสงในตัวเองเพื่อสร้างสัญญาณแสง จากนั้นจะนำสัญญาณแสงนี้ไปผสมกับสัญญาณแสงที่ได้รับมาจากช่องสัญญาณ และสัญญาณสองสัญญาณที่ผสมกันนี้จะถูกตรวจจับด้วยตัวตรวจจับแสง ตัวตรวจจับแบบนี้จะใช้เมื่อสัญญาณข้อมูลถูกผสมสัญญาณเชิงแอมพลิจูด (Amplitude Shift Keying: ASK) การผสมสัญญาณเชิงความถี่ (Frequency Shift Keying: FSK) หรือการผสมสัญญาณเชิงมุม (Phase Shift Keying: PSK) ซึ่งเหมือนกับการผสมสัญญาณทั่วๆ ไปในการสื่อสารความถี่วิทยุ (RF Communications) หลังจากการแยกสัญญาณแล้ว อุปกรณ์ปลายทางที่ใช้รับข้อมูล เช่น เครื่องรับโทรศัพท์ เครื่องรับวิทยุ หรืออุปกรณ์ต้นทางที่สามารถเป็นเครื่องรับข้อมูลได้ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรศัพท์ ซึ่งจะรับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวแยกสัญญาณเชิงแสงแล้วนำมาเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณข้อมูลในรูปแบบใดๆ ตามที่ภาคส่งได้ทำการส่งมา

2.10 ประเภทการมอดูเลชัน

2.10.1 การมอดูเลตดิจิตอลเชิงความถี่ (Frequency-Shift Keying: FSK)

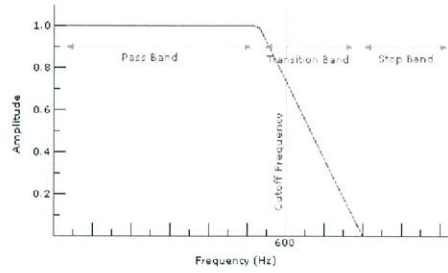
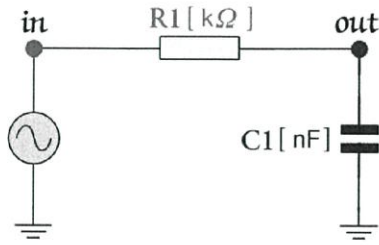
ในการมอดูเลตประเภทนี้ ขนาดของคลื่นพาห์จะไม่มีเปลี่ยนแปลง ส่วนที่เปลี่ยนแปลงคือความถี่ของคลื่นพาห์ นั่นคือ เมื่อบิตมีค่าเป็น 1 ความถี่ของคลื่นพาห์จะสูงกว่าปกติและเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ความถี่ของคลื่นพาห์ก็จะต่ำกว่าปกติ



รูปที่ 2.16 รูปแบบการมอดูเลตดิจิตอลเชิงความถี่

2.11 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter: LPF)

เป็นวงจรที่จะยอมให้สัญญาณความถี่ตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ ถึงความถี่ที่กำหนดผ่านไปได้ ส่วนความถี่ตั้งแต่ที่กำหนดสูงขึ้นไปเรื่อยๆ จะลดทอนไปตามลำดับ

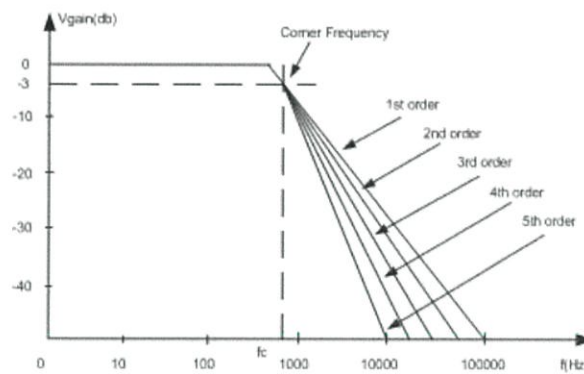


(ก)

(ข)

รูปที่ 2.17 (ก) ลักษณะการต่อวงจรที่สัญญาณความถี่ต่ำ
(ข) กราฟแสดงวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำที่ ความถี่ขอบเขต 600 เฮิรตซ์

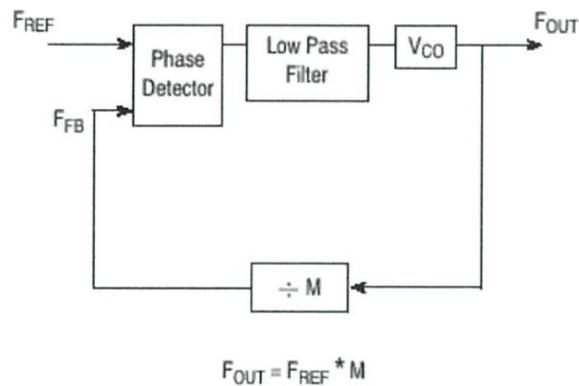
ในทางทฤษฎีวงจรกรองความถี่ต่ำจะยอมให้สัญญาณใดๆ ที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ จนถึงความถี่ที่กำหนดซึ่งเรียกว่า ความถี่คัทออฟ หรือความถี่ขอบเขต (Cutoff Frequency) ผ่านไปได้ โดยไม่มีการลดทอนของสัญญาณ และถ้าความถี่ของสัญญาณเข้ามีค่าเกินที่กำหนดไว้ สัญญาณออกควรจะมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะทำเช่นนั้นได้ เนื่องจากการตอบสนองสัญญาณที่มีความถี่ต่างๆ ของอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟ จะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไปไม่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ดังนั้นผลที่ได้จึงเป็นดังรูปที่ 2.18 คือเมื่อสัญญาณมีความถี่สูงขึ้นวงจรจะลดสัญญาณลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งจะลดลงในอัตราคงที่ค่าหนึ่ง



รูปที่ 2.18 กราฟแสดงอัตราขยายแรงดันเชิงความถี่ (dB)

2.12 เฟสล็อกกลูบ (Phase Locked Loop: PLL)

เฟสล็อกกลูบเป็นระบบป้อนกลับที่บังคับให้วงจรออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงความถี่ไปตามความถี่หรือเฟสของสัญญาณความถี่อ้างอิง (Reference Frequency: f_r) จากภายนอก ประกอบด้วยวงจรสำคัญ 3 วงจรคือ วงจรเปรียบเทียบเฟส (Phase Detector: PD) วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter หรือ Loop Filter) และวงจรกำเนิดสัญญาณควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator: VCO)



รูปที่ 2.19 วงจร Phase Locked Loop (PLL)

2.12.1 วงจรกำเนิดสัญญาณควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator: VCO)

วงจรมีหน้าที่ผลิตคลื่นความถี่ ซึ่งค่าคลื่นความถี่ที่ผลิตได้จะเปลี่ยนแปลงตามแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนมาควบคุม โดยแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมความถี่จะมาจากการเปรียบเทียบความถี่ที่ต้องการกับฐานความถี่อ้างอิง เช่น ถ้าความถี่ที่ผลิตจาก VCO สูงเกินจากความถี่ที่ต้องการ ก็จะลดความถี่โดยปรับแรงดันไฟฟ้าควบคุมให้ลดลง หรือถ้าความถี่ที่ผลิตจาก VCO น้อยกว่าความถี่ที่ต้องการ ก็จะเพิ่มความถี่โดยปรับแรงดันไฟฟ้าควบคุมให้สูงขึ้น และเมื่อความถี่ที่ได้ตรงกับความถี่ที่ต้องการ แรงดันไฟฟ้าที่ควบคุมจะถูกล็อกไว้ให้มีค่าคงที่ (โดยปกติจะมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนควบคุมมีค่าน้อยมาก)

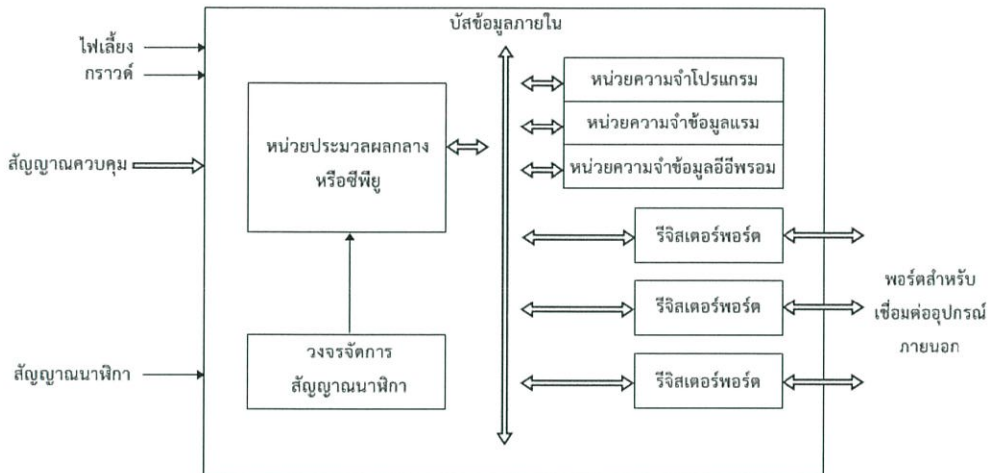
2.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

2.13.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กซึ่งมีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวบรวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยบรรจุรวมกันอยู่ภายใต้ตัวถังเดียวกัน ในรูปที่ 2.20 แสดงส่วนประกอบหลักที่สำคัญและกลไกการทำงานเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์

ซีพียูจะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมเพื่ออ่านคำสั่งที่ระบุไว้ โดยต้องทำการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำผ่านสายสัญญาณที่เรียกว่า บัสแอดเดรส (Address Bus) แล้วทำการอ่านข้อมูลคำสั่งออกมาจากหน่วยความจำโปรแกรมในแอดเดรสนั้นๆ จากนั้นทำการประมวลผล โดยมีหน่วยความจำข้อมูลแรมเป็นที่พักของข้อมูลที่อยู่ในระหว่างการประมวลผล หรืออาจมองว่าหน่วยความจำข้อมูลแรมเป็นเสมือนกระดานขงในการคำนวณก็ได้ ข้อมูลในการประมวลผลจะส่งผ่านสายสัญญาณที่เรียกว่า บัสข้อมูล (Data Bus) แล้วส่งต่อไปยังอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสามารถทำงานได้เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงและต่อวงจรกำเนิดสัญญาณแก้มัน จากนั้นซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลคำสั่ง แล้วทำงานตามคำสั่งที่บรรจุอยู่ในหน่วยความจำโปรแกรม นั้นหมายความว่า ต้องมีการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมก่อน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์จะมีรูปแบบของข้อมูลคำสั่งที่แตกต่างกัน ซึ่งจะต้องอาศัยกระบวนการเขียนโปรแกรม (Programming) ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมสามารถแบ่งได้ 2 ระดับคือ ภาษาสูง (High Language) และภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language) โดยปกติไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา



รูปที่ 2.20 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบหลักเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์

แอสเซมบลี เนื่องจากสามารถทำงานได้รวดเร็วผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลคำสั่งเป็นข้อมูลฐานสิบหกเพื่อทำงานตามคำสั่งเพียง 1 ขั้นตอน คือ แปลงจากภาษาแอสเซมบลีเป็นข้อมูลเลขฐานสิบหก หรือที่เรียกว่า ออปโค้ด (Opcode) แต่ข้อเสียของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีคือ ผู้เขียนต้องทำความเข้าใจในชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นๆ อย่างถ่องแท้ และเมื่อเปลี่ยนเบอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ต้องทำการเรียนรู้และทำความเข้าใจในชุดคำสั่งใหม่ ซึ่งอาจทำให้เสียเวลามาก และการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลี ผู้เขียนต้องมีทักษะในการเขียนโปรแกรมสูงพอสมควร และเข้าใจถึงสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอย่างดี

ในขณะที่การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสูง อาทิ ภาษาซี ภาษาเบสิก ต้องผ่านกระบวนการที่เรียกว่า คอมไพล์ (Compile) เพื่อแปลงภาษาระดับสูงเหล่านั้นเป็นภาษาเครื่องหรือออปโค้ดของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นๆ เสียก่อน และโปรแกรมที่ใช้ในการคอมไพล์นั้นเรียกว่า คอมไพเลอร์ (Compiler) มักจะมีราคาแพง เมื่อใช้เครื่องมือทางซอฟต์แวร์ตัวนี้ ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมอาจไม่จำเป็นต้องศึกษาสถาปัตยกรรมและชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นๆ อย่างลึกซึ้งเท่ากับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลี ทั้งนี้เพราะคอมไพเลอร์จะทำหน้าที่ส่วนนี้แทน ดังนั้นเมื่อผู้ใช้งานเปลี่ยนเบอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็เพียงแค่จัดหาโปรแกรมคอมไพเลอร์ที่เหมาะสมมาใช้งาน และศึกษาสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ใหม่อีกเพียงเล็กน้อยก็สามารถใช้งานได้ แต่ข้อเสียของการใช้คอมไพเลอร์คือ ราคาแพงมาก

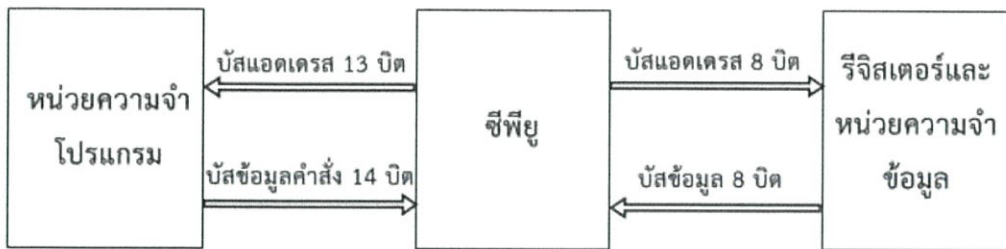
2.13.2 สถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ PIC16F628

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีสถาปัตยกรรมแบบ ฮาร์วาร์ด (Harvard Architecture) กล่าวคือ มีการจัดแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วย ความจำข้อมูลออกจากกัน มีบัสสำหรับติดต่อแยกกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.21 จะเห็นได้ว่าซีพียูภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมด้วยบัสแอดเดรส 13 บิต และบัสข้อมูล หน่วยความจำโปรแกรม 14 บิต ในขณะที่บัสติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบ 8 บิต

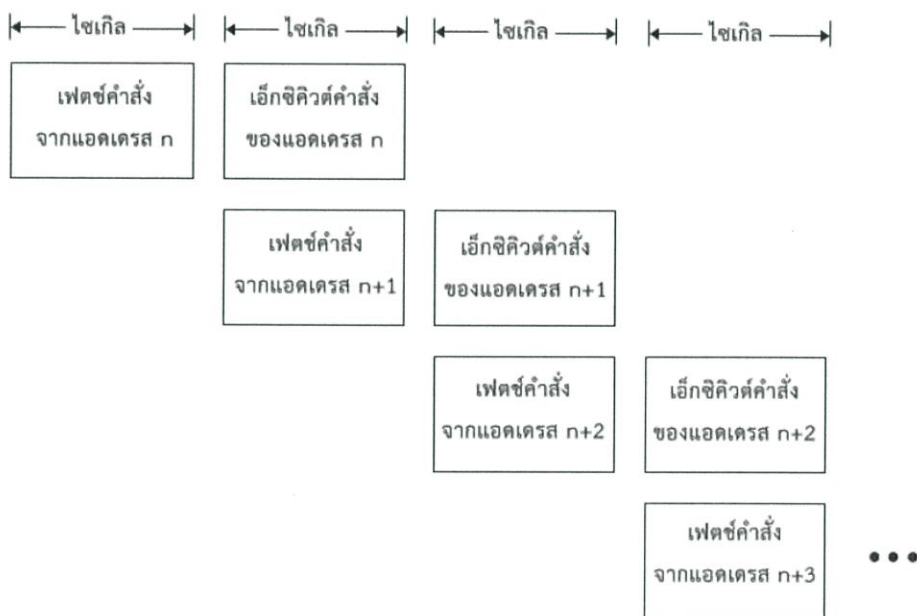
นอกจากการจัดสถาปัตยกรรมแบบนี้แล้ว การกระทำคำสั่งทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ยังใช้กระบวนการที่เรียกว่า ไปป์ไลน์ (Pipeline) ทำให้สามารถเฟตช์คำสั่งถัดไป ในขณะที่ กำลังเอ็กซีคิวต์คำสั่งในปัจจุบัน ส่งผลให้ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มมากขึ้น นั่นจึงเป็นที่มาของความสามารถในการกระทำคำสั่ง 1 คำสั่งภายในสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก กระบวนการเฟตช์ (Fetch) เป็นกระบวนการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปล คำสั่งนั้นให้เป็นรหัสเลขฐานสิบหกเพื่อให้ซีพียูเข้าใจ ส่วนกระบวนการเอ็กซีคิวต์ (Execute) เป็น การกระทำคำสั่งให้เกิดผลลัพธ์ตามที่คำสั่งนั้นๆ กำหนด สำหรับกระบวนการไปป์ไลน์แสดงดังในรูป ที่ 2.22

เมื่อเริ่มต้นกระทำคำสั่งที่ 1 ซีพียูจะเฟตช์คำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมที่แอดเดรส n จากนั้นทำการเอ็กซีคิวต์ในไซเคิลต่อมา และที่ไซเคิลของการเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n นั้น ซีพียู ก็เริ่มต้นเฟตช์คำสั่งจากแอดเดรส $n+1$ ทันที เมื่อเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n เรียบร้อย ซีพียูก็ จะสามารถเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ ต่อเนื่องกันไปได้ในทันที และในทำนองเดียวกัน ขณะที่ กำลังเอ็กซีคิวต์คำสั่งแอดเดรส $n+1$ ซีพียูก็จะดำเนินการเฟตช์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ ต่อไป

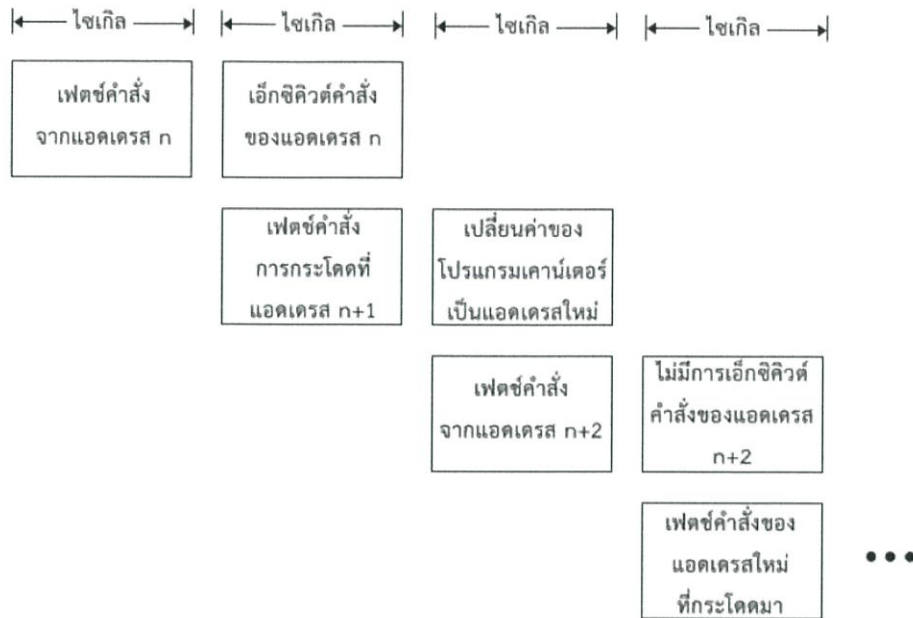
แต่ถ้าคำสั่งที่กระทำนั้นเป็นคำสั่งการกระโดด จะมีขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 2.23 เมื่อทำการเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n ซีพียูก็จะทำการเฟตช์คำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ ปรากฏ ว่าคำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ ปรากฏว่าคำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ นั้นเป็นคำสั่งการกระโดด ดังนั้นในไซเคิล ถัดไปจึงยังไม่เกิดการเอ็กซีคิวต์ในทันที แต่จะมีการเปลี่ยนค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC: Program Counter) ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการระบุแอดเดรสถัดไปที่ซีพียูจะไปทำงาน ทำให้เกิด การกระโดดไปยังแอดเดรสใหม่ ในระหว่างที่เกิดการกระโดดไปยังแอดเดรสใหม่นั้น ซีพียูจะทำการ เฟตช์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ ต่อไปตามขั้นตอนปกติ แต่ทว่าเมื่อการกระโดดสิ้นสุดลง แอดเดรสของ การทำงานเปลี่ยนไป จึงไม่เกิดการเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ แต่จะเกิดการเฟตช์คำสั่งที่ แอดเดรสใหม่ที่กระโดดมาแทน จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการทำงานตามปกติต่อไป ดังนั้นคำสั่งการ กระโดด จึงต้องใช้ขนาดของหน่วยความจำมากกว่า 1 ไบต์ ส่งผลให้ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาในการ กระทำคำสั่งในกลุ่มนี้ 2 ลูก ซึ่งแตกต่างจากคำสั่งอื่นๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ที่ใช้สัญญาณ นาฬิกาเพียง 1 ลูก



รูปที่ 2.21 แสดงไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมฮาร์วาร์ด



รูปที่ 2.22 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์ที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.23 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์เมื่อกระทำคำสั่งการกระโดด

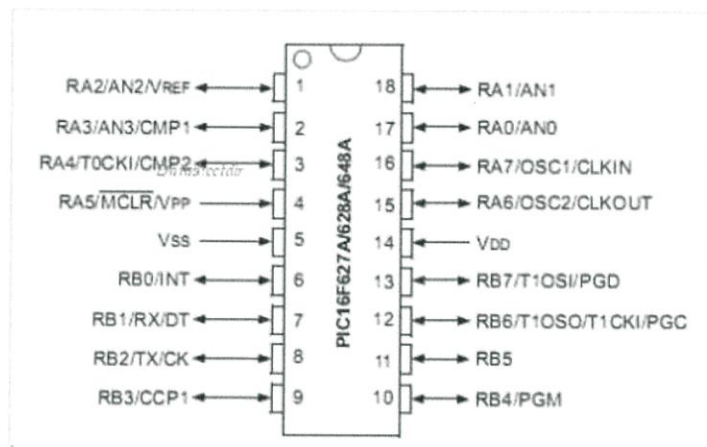
2.13.3 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนประกอบหลักก็จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 แต่จะมีส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามา มากพอควร ได้แก่ วงจรบราวเอาต์รีเซต (Brown-out Reset) สำหรับสร้างสัญญาณรีเซตซีฟิยูเมื่อ ไฟเลี้ยงลดต่ำลงเกินกว่าที่กำหนด, วงจรโปรแกรมข้อมูลด้วยแรงดันต่ำ (Low-voltage Programming), ไทมเมอร์ที่มีมากถึง 3 ตัว, โมดูลแรงดันเปรียบเทียบ (Reference Voltage Module), โมดูลเปรียบเทียบ แรงดันอะนาลอก 2 ชุด (Analog Comparator), วงจรสื่อสารอนุกรม (USART: Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) และโมดูลตรวจจับสัญญาณ-เปรียบเทียบ ข้อมูล-วงจรรสร้างสัญญาณมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์หรือ PWM (CCP: Capture Compare Pulse-width Modulation Module)

ตารางที่ 2.1 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม PIC16F62x

คุณสมบัติสำคัญ	PIC16F84	PIC16F627	PIC16F628
ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา	ไฟตรง-20 MHz	ไฟตรง-20 MHz	ไฟตรง-20 MHz
จำนวนขา	18	18	18
จำนวนพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	พอร์ต A, B 13 บิต	พอร์ต A, B 16 บิต	พอร์ต A, B 16 บิต
ส่วนรีเซต (และหน่วยเวลา)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
หน่วยความจำโปรแกรม	1K x 14 บิต	1K x 14 บิต	2K x 14 บิต
หน่วยความจำข้อมูลแรม	68 ไบต์	224 ไบต์	224 ไบต์

หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม	64 ไบต์	128 ไบต์	128 ไบต์
จำนวนแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์	4	10	10
จำนวนเทอร์โมเมอร์/คอนเตอ์	1	3	3
โมดูลแคปเจอร์/เปรียบเทียบ/PWM	-	1	1
ส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรม	-	USART	USART
โมดูลเปรียบเทียบแรงดันอนาล็อก	-	2 ชุด	2 ชุด
โมดูลสร้างแรงดันอ้างอิง	-	1 ช่อง	1 ช่อง
โหมดสัญญาณนาฬิกา	RC,LP,XT,HS	EC,ER,INTRC,LP,XT,HS	EC,ER,INTRC,LP,XT,HS
จำนวนคำสั่ง	35	35	35



รูปที่ 2.24 PIC16F627A/628A/648A

หน้าที่การทำงานแต่ละขาของ PIC16F627A/628A/648A

- RA0/AN0 - ขาสัญญาณ Input/Output Port
- ขาสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 0
- RA1/AN1 - ขาสัญญาณ Input/Output Port
- ขาสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 1
- RA2/AN2/VREF - ขาสัญญาณ Input/Output Port
- ขาสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 2
- RA3/AN3/CMP1 - ขาสัญญาณ Input/Output Port
- ขาสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 3
- RA4/T0CKI/CMP2 - ขาสัญญาณ Input/Output Port
- ขาสัญญาณนาฬิกาอินพุต Timer0
- RA5/MCLR/VPP - ขาสัญญาณ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Reset (Master Clear Input)
- ขารับแรงดันโปรแกรม (Programming Voltage)
- RA6/OSC2/CLKOUT - ขาสำหรับต่อคริสตอลโหมดสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
- RA7/OSC1/CLKIN - ขาสำหรับต่อคริสตอลโหมดสัญญาณนาฬิกาจากภายใน

RB0/INT	- ขาสัญญาณ Input/Output Port - ขารับสัญญาณ Interrupt
RB1/RX/DT	- ขาสัญญาณ Input/Output Port - ขาสัญญาณรับ Data/Serial Port - ขาสัญญาณ Data/Synchronize
RB2/TX/CK	- ขาสัญญาณ Input/Output Port - ขาสัญญาณส่ง Data/Serial Port - ขาสัญญาณ Clock/Synchronize
RB3/CCP1	- ขาสัญญาณ Input/Output Port - ขาสัญญาณเอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบสัญญาณโมดูล CCP1
RB4/PGM	- ขาสัญญาณ Input/Output Port - ขาสัญญาณในการบันทึกโปรแกรมแบบแรงดันต่ำ
RB5	- ขาสัญญาณ Input/Output Port
RB6/T1OSO/T1CKI/PGC	- ขาสัญญาณ Input/Output Port - ขาสัญญาณเอาต์พุตวงจรรอสซิลเลเตอร์ของ Timer1 - ขาสัญญาณนาฬิกาอินพุต Timer1 - ขาสัญญาณนาฬิกาในการบันทึกโปรแกรม
RB7/T1OSI/PGD	- ขาสัญญาณ Input/Output Port - ขาสัญญาณอินพุตวงจรรอสซิลเลเตอร์ของ Timer1 - ขาสัญญาณข้อมูลในการบันทึกโปรแกรม
VSS	- ขาต่อกราวด์
VDD	- ขารับแรงดันไฟเลี้ยง +5V

2.13.4 การจัดสรรหน่วยความจำและรีจิสเตอร์ควบคุมของ PIC16F628

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F62x มีหน่วยความจำใช้งานได้ 3 ประเภทคือ หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช ที่สามารถลบและเขียนได้ใหม่นับพันครั้ง หน่วยความจำข้อมูล แรม มีขนาด 224 ไบต์ ซึ่งเป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ (File Register) ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลควบคุม การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และเป็นพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลในการประมวลผล สุดท้ายคือ หน่วยความจำข้อมูลอีพีรอม มีขนาด 128 ไบต์ ขนาดของหน่วยความจำทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับเบอร์ ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.13.4.1 หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (Flash Memory)

เป็นหน่วยความจำที่สามารถลบและเขียนใหม่ได้ 1,000-10,000 รอบ มีขนาด 1-2 กิโลเวิร์ด แต่อย่างไรก็ตามโดยปกติ หน่วยความจำโปรแกรมหลังจากที่ทำการเขียนในขั้นตอนของ การเขียนโปรแกรมแล้ว ก็จะมีไว้สำหรับอ่านออกมาได้เพียงทางเดียว

PIC16F62x มีโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) ขนาด 13 บิต เพื่อกำหนดการเข้าถึง หน่วยความจำโปรแกรม โดยใน PIC16F627 จะมีขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม 1K x 14 บิต (หรือ 1 กิโลเวิร์ด โดย 1 เวิร์ดมีขนาด 14 บิต) ส่วน PIC16F628 มีขนาด 2K x 14 บิต (หรือ 2 กิโล เวิร์ด)

2.13.4.2 สแต็ก (Stack)

ใน PIC16F618 มีหน่วยความจำสำรองสำหรับเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) ชั่วคราว ขนาด 13 บิตหรือเรียกว่าสแต็ก โดยสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งสิ้น 8 ระดับ โดยพื้นที่ของสแต็กนั้นจะจัดสรรแยกไว้ต่างหากไม่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ของหน่วยความจำแต่อย่างใด ตัวชี้ตำแหน่งของสแต็กหรือเรียกว่า สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer) ผู้ใช้งานไม่สามารถทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลได้โดยค่าของสแต็กพอยน์เตอร์จะเปลี่ยนแปลงอัตโนมัติจากการกระทำคำสั่ง CALL, RETURN, RETLW และ RETFIE การเก็บค่าของสแต็กจะต่อเนื่องกันเป็นวงกลม สามารถเก็บข้อมูลที่ไม่ซ้ำกันได้ 8 ค่า เมื่อมีการเก็บข้อมูลครั้งที่ 9 เข้ามา ข้อมูลนั้นจะไปทับในสแต็กของข้อมูลครั้งแรกวนเช่นนี้ไปตลอด ดังนั้น ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จึงไม่มีการแจ้งเหตุการณ์สแต็กเกิน (Stack Overflow)

นอกจากนั้นการเก็บหรืออ่านค่าในสแต็กของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จะเกิดขึ้นเมื่อมีการกระทำคำสั่ง CALL, RETURN, RETLW และ RETFIE หรือเกิดการอินเทอร์รัปต์เท่านั้น ไม่มีคำสั่ง PUSH หรือ POP เพื่อติดต่อกับสแต็กเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ

2.13.5 บอร์ด ET-BASE PIC16F628

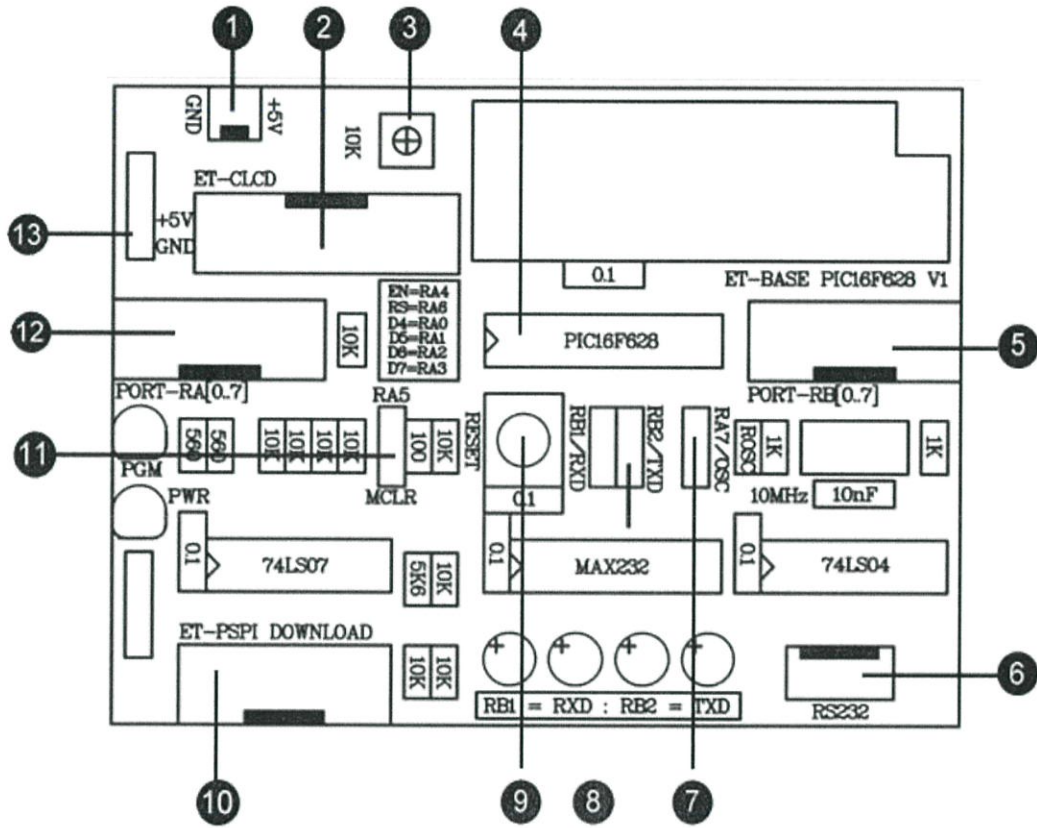
ET-BASE PIC16F628 V1 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC ขนาด 18 PIN ของบริษัท Microchip ซึ่งในเวอร์ชันนี้ได้นำเอา PIC MCU มาจัดวางใช้งานให้มีขนาดกะทัดรัด โดยเน้นการใช้งานทรัพยากรของ PIC MCU เป็นหลัก นอกจากนี้ยังออกแบบให้สนับสนุนการนำไปใช้งานร่วมกับบอร์ดทดลอง “ET-BASIC IO” ด้วย

2.13.5.1 คุณสมบัติของบอร์ด

- รองรับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาด 18 PIN คือ PIC16F628A (และเบอร์อื่นๆ ที่สามารถแทนกันได้)
- วงจรมอนิเตอร์นาฬิกาออสซิลเลเตอร์ขนาด 10 MHz
- I/O Port ขนาด 10 PIN (จัดเรียงตามมาตรฐานของอิตาลี) จำนวน 2 พอร์ต
- LCD Port ขนาด 14 PIN (จัดเรียงตามมาตรฐานของอิตาลี) จำนวน 1 พอร์ต
- ชุดวงจรไดรเวอร์ RS232 จำนวน 1 พอร์ต
- ชุดวงจรดาวน์โหลดแบบแรงดันต่ำ (Low Voltage Programming)
- ขั้วต่อแรงดันไฟ VCC และ GND

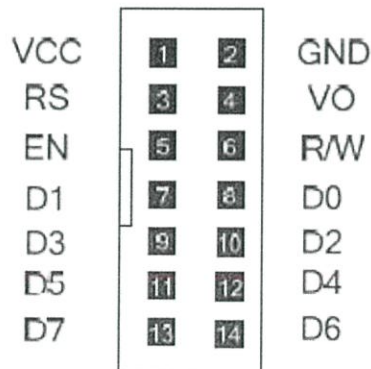
2.13.6 โครงสร้างบอร์ด ET-BASE PIC16F628 V1

อธิบายรายละเอียดตามหมายเลขต่างๆ ดังนี้



- หมายเลข 1 ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ
- หมายเลข 2 ขั้วต่อจอแสดงผล LCD แบบตัวอักษรขนาด 14 PIN ใช้การเชื่อมต่อแบบ 4 บิตข้อมูล

CLCD



- หมายเลข 3 ตัวต้านทานปรับความสว่าง (Brightness) ของหน้าจอแสดงผลแอลซีดี
- หมายเลข 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18 PIN คือ PIC16F628A หรือ PIC16F628-20

•หมายเลข 5 และ 12 เป็นพอร์ตของขาสัญญาณ I/O ของ PIC MCU คือ PORT-RA, PORT-RB โดยจะมี การจัดเรียงขาสัญญาณตามมาตรฐาน 10 PIN I/O ของอิตาลีที่ดังรูปต่อไปนี้



•หมายเลข 6 พอร์ตสัญญาณ RS-232

RS-232 Port



•หมายเลข 7 จัมป์เปอร์ RA7/OSC ใช้สำหรับเลือกใช้งานขาสัญญาณ RA7 ให้เป็น I/O หรือใช้เป็นขาสัญญาณนาฬิกา ดังนี้

- เลือกจัมป์เปอร์ไปที่ RA7 ขาสัญญาณ RA7 จะถูกต่อเข้ากับพอร์ต I/O (PORT-RA[0..7]) ซึ่ง สามารถใช้งานเป็น I/O ได้ตามปกติ (จะต้องกำหนดค่า Configuration ใน ส่วนของ OSC ให้เป็น INTRC I/O ด้วย)



- เลือกจัมป์เปอร์ไปที่ OSC ขาสัญญาณ RA7 จะถูกต่อเข้ากับวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาจะทำให้ไม่สามารถใช้งาน RA7 เป็น I/O ได้ (การใช้งานในโหมดนี้จะต้องกำหนดค่า Configuration ในส่วนของ OSC เป็น ExtClk ด้วย)



•หมายเลข 8 จัมป์เปอร์เลือกการใช้งานขาสัญญาณ RB2 และ RB1 ดังนี้

-เลือกจัมป์เปอร์ไปทาง RB1 หรือ RB2 ขาสัญญาณจะถูกต่อเข้ากับพอร์ต PORTB[0..7] และสามารถใช้งานเป็น I/O ได้ตามปกติ

-เลือกจัมป์เปอร์ไปทาง RXD หรือ TXD ขาสัญญาณจะถูกต่อเข้ากับวงจรไดเรเวอร์ RS-232



•หมายเลข 9 สวิตช์ RESET โปรแกรม

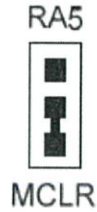
•หมายเลข 10 พอร์ตสัญญาณสำหรับดาวนโหลดโปรแกรม

•หมายเลข 11 จัมป์เปอร์เลือกใช้งานขาสัญญาณ RA5 ดังนี้

-เลือกไปทาง RA5 ขาสัญญาณ RA5 จะถูกต่อเข้ากับขาสัญญาณ PORTA[0..7] ซึ่งสามารถนำไปใช้งานเป็น INPUT Digital ได้เท่านั้น ไม่สามารถใช้เป็น OUTPUT ได้ (จะต้อง Disable คุณสมบัติของ MCLR ใน Configuration ของโปรแกรมด้วย)



-เลือกไปทาง MCLR ขาสัญญาณ RA5 จะถูกต่อเข้ากับวงจรรีเซต (จะต้อง Enable คุณสมบัติของ MCLR ใน Configuration ของโปรแกรมด้วย) จะทำให้ขาสัญญาณนี้ทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณรีเซต



•หมายเลข 13 ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ สำหรับใช้ร่วมกับบอร์ด ET-BASIC I/O

2.14 หลักการสื่อสารข้อมูล

การรับส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกหรือการรับส่งระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่อง มี 2 รูปแบบด้วยกัน คือรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมและรับส่งข้อมูลแบบขนาน

2.14.1 การรับส่งข้อมูลแบบขนาน

เป็นการรับและส่งข้อมูลคราวละ 4-8 บิต ในเวลาเดียวกัน จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ ดังนั้น จึงต้องมีช่องทางการสื่อสารให้ข้อมูลเดินทางหลายๆช่องทาง โดยมากจะเป็นสายนำสัญญาณหลายๆเส้น โดยจำนวนสายส่งจะต้องเท่ากับจำนวนบิตที่ต้องการส่งแต่ละครั้ง ซึ่งจะทำให้การรับและส่งข้อมูลมีความเร็วสูง โดยปกติความยาวของสายไม่ควรยาวมากเกินไป เพราะอาจทำให้เกิดปัญหาสัญญาณสูญหายไปกับความต้านทานของสาย การส่งโดยวิธีนี้จึงนิยมใช้กับการส่งข้อมูลในระยะทางใกล้ๆ

2.14.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต โดยข้อดีของการสื่อสารแบบนี้คือจะใช้จำนวนสายในการสื่อสารน้อย สามารถรับส่งได้ในระยะทางที่ไกลๆ แต่มีข้อเสียคือต้องใช้เวลาในการสื่อสารมาก เมื่อเทียบกับการรับส่งข้อมูลแบบขนาน นอกจากนั้นการเกิดโอกาสผิดพลาดของข้อมูลก็สูงกว่าแบบขนาน ซึ่งการรับส่งข้อมูลด้วยวิธีการนี้จะต้องมีการตรวจสอบความพร้อมในการรับและส่งข้อมูลของตัวส่งและตัวรับ

โดยข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเป็นข้อมูลที่มีความยาวขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิต ซึ่งโดยปกติถ้าจะส่งข้อมูลพร้อมๆ กันไป 8 บิตจะเป็นวิธีการส่งข้อมูลแบบขนาน ซึ่งจะเป็นการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตพร้อมกันไปยังอุปกรณ์ภายนอก และจะต้องมีจำนวนของสายสัญญาณจำนวน 8 เส้น เพื่อให้พอดีกับจำนวนของบิตที่ต้องการจะส่ง การส่งข้อมูลแบบขนานจึงทำให้มีการส่งข้อมูลที่มีความรวดเร็ว แต่ถ้าหากมีการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล ก็จะต้องใช้จำนวนของสาย และระยะทางของสายมากขึ้นจึงทำให้มีการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจึงถูกนำมาใช้ในการสื่อสาร โดยจะใช้สายเพียงเส้นเดียวในการส่งข้อมูล หรือรับข้อมูล (คำว่าเส้นเดียวหมายความว่าสายส่ง (Tx) 1 เส้น สายรับ (Rx) 1 เส้น และสายกราวด์ร่วม (Ground) 1 เส้น

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส และการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

1. การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส

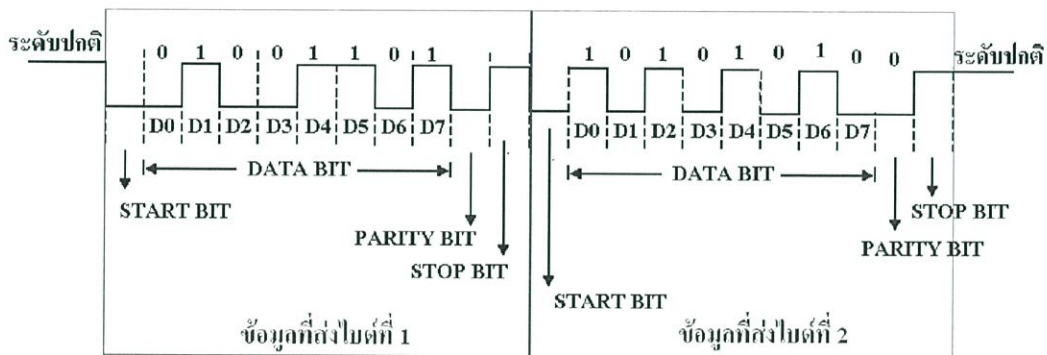
เป็นการส่งข้อมูลครั้งละหลายๆ ไบต์ โดยมีสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวช่วยให้ตัวส่งและตัวรับทำงานสอดคล้องกัน ซึ่งจะมีสายเส้นหนึ่งเป็นสายของนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการสื่อสารแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูลและกราวด์

2. การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

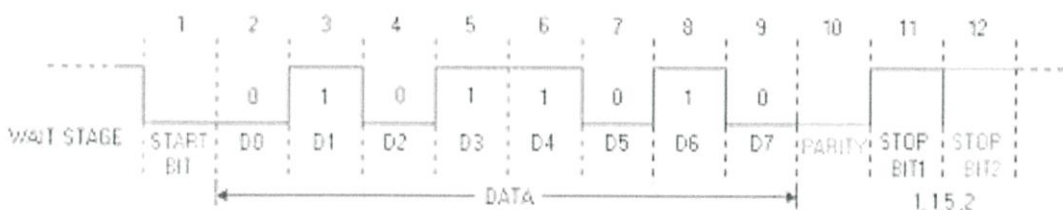
เป็นการสื่อสารข้อมูลโดยกำหนดอัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีความเท่ากันหรือที่เรียกว่า Baud rate ซึ่ง Baud rate ก็คือค่าของจำนวนบิตที่ส่งได้ใน 1 วินาที โดยปกติ Baud rate ที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 จะมีด้วยกันหลายค่า ได้แก่ 110 150 300 1200 2400 4800 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- 1) บิตเริ่มต้น (Start Bit) บอกจุดเริ่มต้นข้อมูล มีขนาด 1 บิต
- 2) บิตข้อมูลแบบอนุกรม (Data Bit) ค่าข้อมูลมีได้ 5 ถึง 8 บิต
- 3) บิตตรวจสอบพาริตี (Parity Bit) สำหรับใช้ตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล มีได้ 0 ถึง 1 บิต
- 4) บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (Stop Bit) บิตใช้บอกจุดสิ้นสุดข้อมูล มีได้ 1, 1.5 และ 2 บิต



รูปที่ 2.25 แสดงรูปแบบการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส



รูปที่ 2.26 แสดงขั้นตอนหลักๆ ของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ ซึ่งจากรูปที่ 2.39 การส่งข้อมูลจะมี ขั้นตอนในการส่งหลักๆ จะมีดังนี้

- ก่อนเริ่มส่งข้อมูล สถานะของสายจะมีค่าเป็น “1” ซึ่งอยู่ในสถานะหยุดรอ
- เริ่มส่ง Bit แรกที่ Start Bit จะมีลอจิก เป็น “0” ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต
- หลังจากได้ Start Bit แล้วก็จะเริ่มส่ง Bit ต่อๆ ไป โดยบิตข้อมูลที่ถูกส่งออกไปจะเริ่มจากบิตที่มีนัยต่ำสุด (Least Significant Bit, LSB) ก่อน โดยข้อมูลที่ต้องการส่งอาจมีจำนวน 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยพาริตีบิต ซึ่งเป็นบิตที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล และบิตสุดท้ายก่อนที่จะส่งก็คือ บิตหยุด (Stop Bit) โดยจะเป็นการทำให้หา DATA มีสถานะลอจิก “1” อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิตเพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

ในส่วนของบิตพาริตีคือบิตที่ใช้เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีความผิดพลาดหรือไม่ โดยใช้หลักการนับจำนวนบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ในทุกๆ 8 บิต การเช็ค Parity นี้แบ่งได้ 2 วิธี ได้แก่

- 1.การกำหนดเป็นแบบคี่ (Odd Parity) นับจำนวนบิตที่เป็น 1 ในข้อมูลจริง 8 บิตแรกว่ามีจำนวนเป็นเลขคี่หรือเลขคู่ ถ้าได้เลขคี่ให้เติมพาริตีเป็น 0 ถ้านับได้เลขคู่ ก็เติมพาริตีบิตเป็น 1
- 2.การกำหนดเป็นแบบคู่ (Even Parity) นับจำนวนบิตที่เป็น 1 ในข้อมูลจริง 8 บิตแรกว่ามีจำนวนเป็นเลขคี่หรือเลขคู่ ถ้าได้เลขคี่ให้เติม Parity Bit เป็น 0 ถ้านับได้เลขคู่ ก็เติม Parity Bit เป็น 1 เพื่อให้จำนวนเป็นเลขคู่

ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลไบต์ที่มีจำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตีเป็นคู่ ค่าของพาริตีบิตจะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้ากำหนดพาริตีเป็นคี่ ค่าของพาริตีจะต้องมีค่าลอจิกเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูลไบต์รวมทั้งบิตเป็นพาริตี

2.14.3 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)

UART เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ในส่วนของบิตพาริตีจะถูกสร้างขึ้นโดยภาคส่งข้อมูลของ UART ซึ่งภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตีให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตีคู่หรือพาริตีคี่ จากนั้น UART จะตรวจสอบโดยการนับจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตีด้วย ถ้ากำหนดพาริตีเป็น NONE ทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี

2.14.4 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232

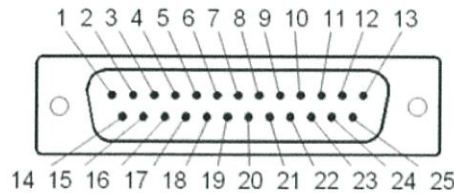
การกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง เพื่อให้มีการใช้งานในการเชื่อมต่อที่สอดคล้อง มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้ขั้วต่อแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดไว้ที่ไม่เกิน 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12โวลต์แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และถ้ามีค่าระดับสัญญาณตั้งแต่ +3 ถึง +12โวลต์แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS - 232 กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล DTE กับวงจรข้อมูลปลายทาง DCE ไว้โดยอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล หรือ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการรับและส่งข้อมูลได้

ส่วนวงจรข้อมูลปลายทาง หรือ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE และในส่วนของการรับและส่งข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่าน มาตรฐาน RS-232 ขั้วต่อสำหรับพอร์ต RS - 232 และการเชื่อมต่อ

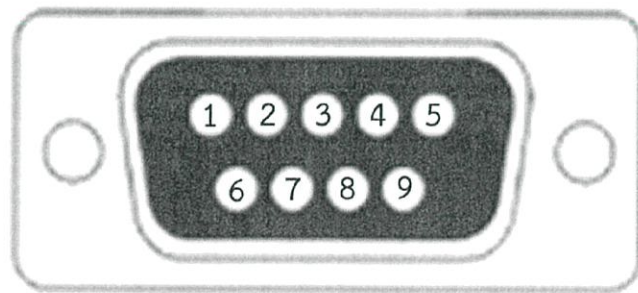
มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้ขั้วต่อ แบบ DB-25 หรือ DB-9

- ขั้วต่อแบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้น คือ ขาที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20, 22
- ขั้วต่อแบบ DB-9 เป็นการตัดสายที่ไม่ได้ใช้งานออก ให้เหลือขาที่ใช้งานได้ 9 เส้น



Pin #	Assignment	Pin #	Assignment
1	X axis direction	14	Spindle off
2	X axis movement	15	Spindle speed up
3	Y axis direction	16	Spindle slow down
4	Y axis movement	17	E-Stop 1
5	Z axis direction	18	E-Stop 2
6	Z axis movement	19	Signal function 1
7	X axis max limit	20	Signal function 2
8	X axis min limit	21	Signal function 3
9	Y axis max limit	22	Ground
10	Y axis min limit	23	Ground
11	Z axis max limit	24	Ground
12	Z axis min limit	25	Ground
13	Spindle on		

รูปที่ 2.27 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25



Pin	Signal	Pin	Signal
1	Data Carrier Detect	6	Data Set Ready
2	Received Data	7	Request to Send
3	Transmitted Data	8	Clear to Send
4	Data Terminal Ready	9	Ring Indicator
5	Signal Ground		

รูปที่ 2.28 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9

ตารางที่ 2.2 ตารางขาของสัญญาณพอร์ตอนุกรมในแบบต่างๆ และหน้าที่การทำงาน

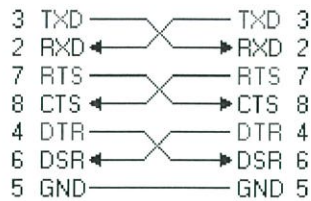
คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต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

หน้าที่การทำงานแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม

- ขาที่ 1 DCD (Carrier Detect: CD) ทำหน้าที่แอกติฟเมื่อส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม การใช้งานปกติขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- ขาที่ 2 RxD (Received Data: RD) ทำหน้าที่รับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- ขาที่ 3 TxD (Transmitted Data: TD) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป
- ขาที่ 4 DTR (Data Terminal Ready) ทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดย DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ และการเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สาย จะต้องต่อขา DTR และขา DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน
- ขาที่ 5 GND (Signal Ground) ทำหน้าที่เป็นสายเชื่อมระบบกราวด์
- ขาที่ 6 DSR (Data Set Ready) ทำหน้าที่ตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง โดยจะรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจาก DTR
- ขาที่ 7 RTS (Request to Send) ทำหน้าที่เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทาง ส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS คือขา CTS การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สาย จะต้องต่อขา RTS กับ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- ขาที่ 8 CTS (Clear to Send) ทำหน้าที่เป็นขาคอยรับสัญญาณจาก RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

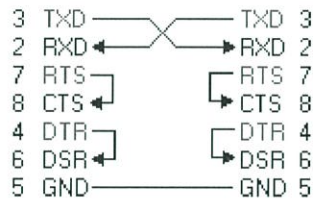
- ขาที่ 9 RI (Ring Indicator) ทำหน้าที่ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติ การสื่อสารทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการ ตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

2.14.5 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก



รูปที่ 2.29 การต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมรูปแบบ Null Modem

จากรูปที่ 2.29 เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null Modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรง ไม่มีการผ่านโมเด็ม



รูปที่ 2.30 การต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมโดยใช้สายสัญญาณ 3 เส้น

จากรูปที่ 2.30 เป็นการเชื่อมโดยใช้สัญญาณน้อยสุดเพียง 3 เส้น โดย TxD ใช้สำหรับส่งข้อมูล RxD ใช้สำหรับรับข้อมูล ส่วนเส้นสุดท้าย GND เป็นเส้นกราวด์

2.14.6 มาตรฐานการรับ ส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (UART)

UART ย่อมาจาก Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส โดยการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจาก คอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสแล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณ แบบอนุกรมอะซิงโครนัสให้เป็นขนานก่อนเข้าสู่คอมพิวเตอร์และยังแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ ทราบอีกด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต) รูปแบบการรับส่งข้อมูล ความผิดพลาดที่ เกิดขึ้นระหว่างการรับส่งข้อมูล เป็นต้น

2.15 ET-WiFly GSX

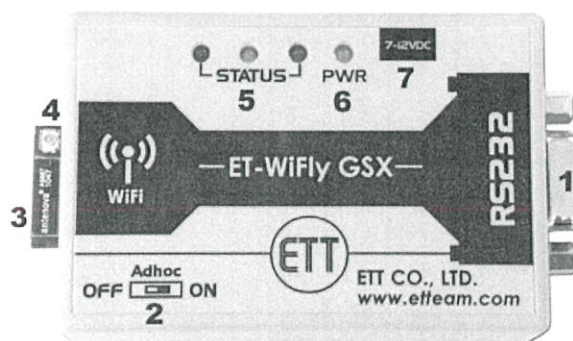
ET-WiFly GSX เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงข้อมูลระหว่างการติดต่อแบบ RS232 ให้เป็น แบบ Wireless LAN โดยในชุดจะประกอบด้วยบอร์ดโมเด็ม WiFly พร้อมเสาอากาศ ช่วยลดความ

ยุ่งยากสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องการสื่อสารกับระบบ Wireless LAN กับ RS232 PORT โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเสียเวลาศึกษาหรือเขียนโปรแกรมติดต่อกัน ตัวอุปกรณ์นี้สามารถนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย เช่น การต่อเครื่องจักรเข้ายังระบบ Wireless LAN, การต่อบอร์ดควบคุมต่างๆ เข้ากับระบบ Wireless LAN, การต่อระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ต่างๆ หรือ Smartphone

2.15.1 คุณสมบัติของ ET-WiFly GSX

- ใช้โมดูล WiFly รุ่น RN-131C ของบริษัท Roving Networks ในการทำงาน
- ใช้ความถี่ย่าน 2.4 GHz ในระบบมาตรฐาน IEEE 802.11b/g
- ใช้เสาอากาศแบบ Ceramic Chip On Board และมี Connector U.FL สำหรับต่อเสาอากาศภายนอก
- รองรับการเชื่อมต่อแบบ Adhoc Mode (PEER TO PEER)
- มีระบบรักษาความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูลแบบ WEP-128, WPA-PSK (TRIP), WPA2-PSK (AES)
- มี MAC ADDRESS ที่เป็นมาตรฐานสากลประจำอยู่ในตัวโมดูล
- สามารถตั้งค่า CONFIGURATION การทำงานต่างๆ ผ่านทาง Wi-Fi โดยการ TELNET หรือทาง PORT RS232 ได้
- มี LED แสดงสถานะการทำงาน และสถานะ POWER SUPPLY
- ตั้ง BAUDRATE การติดต่อสื่อสารของ RS232 ได้ตั้งแต่ (2400, 4800, 9600 ... 460800, 921600 bps)
- SERIAL PORT แบบ RS232 เป็นแบบ DB9PIN ตัวเมีย
- POWER SUPPLY แบบ DC JACK 2.5 mm., 7 - 12VDC (500mA)
- ขนาดของชุด ET-WiFly GSX เป็นกล่องพลาสติก ขนาด 7.5 x 2.5 x 5 cm.

2.15.2 ลักษณะภายนอกของ ET-WiFly GSX



รูปที่ 2.31 ชุด ET-WiFly GSX

หมายเลข 1 ขั้วต่อกับ RS-232 ตัวเมียแบบ DB9 ใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล RS-232

หมายเลข 2 เป็นสวิตช์สำหรับเลือกการทำงานแบบ Adhoc Mode หรือใช้เคสียร์ค่า Configuration ต่างๆ ของโมดูลให้กลับสู่ค่ามาตรฐานจากโรงงาน

หมายเลข 3 เส้าอากาศแบบ Ceramic chip ของโมดูล

หมายเลข 4 คอนเน็คเตอร์ U.FL สำหรับต่อเส้าอากาศภายนอก

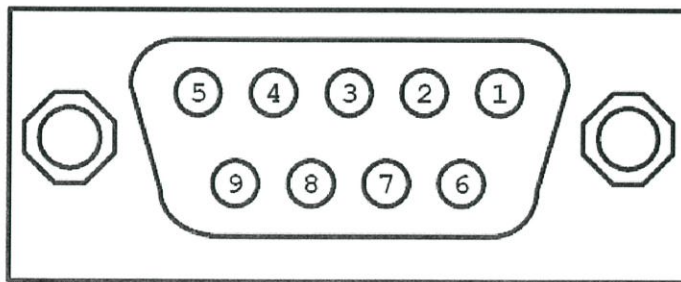
หมายเลข 5 LEDSTATUS แสดงสถานะต่างๆ ของ ET-WiFly GSX

หมายเลข 6 LED PWR ใช้สำหรับแสดงว่ามีการจ่ายไฟเลี้ยงให้ ET-WiFly GSX

หมายเลข 7 ขั้วต่อ DC-JACK สำหรับรับแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก 7-12 VDC โดยจัดขั้วแบบใดก็ได้เนื่องจากภายใน ET-WiFly GSX มีการจัดวงจรกลับขั้วแหล่งจ่ายไฟไว้เรียบร้อยแล้ว

2.15.3 การติดต่อสื่อสารกับ ET-WiFly GSX

การติดต่อสื่อสารกับ ET-WiFly GSX นั้นจะเชื่อมต่อผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 โดยใช้ขั้วต่อแบบ DB9 ตัวเมีย จัดเรียงตามมาตรฐาน RS232-DCE สามารถนำไปเชื่อมต่อกับสัญญาณ RS232-DCE มาตรฐาน โดยใช้สาย DB9 แบบต่อตรงได้ทันทีโดยสัญญาณทั้งหมดที่ขั้ว DB9 นี้ได้ผ่านวงจร Line Driver เพื่อแปลงระดับลอจิกจากโมดูล ให้เป็นสัญญาณระดับมาตรฐาน RS232 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ซึ่งถ้าต้องการนำไปเชื่อมต่อกับ RS232(Com Port) ของคอมพิวเตอร์ PC ก็ สามารถทำการเชื่อมต่อกันโดยตรงได้ทันที โดยไม่ต้องทำการสลับสายสัญญาณใดๆ ทั้งสิ้น โดยสัญญาณเชื่อมต่อทาง ET-WiFly GSX นั้น จะมีทั้งหมด 5 เส้นสัญญาณ ซึ่งในการเชื่อมต่อใช้งานนั้น จะต่อให้ครบทั้ง 5 เส้น หรือ จะเลือกต่อเพียง 3 เส้น (RXD, TXD และ GND) ก็ได้เช่นเดียวกัน โดยสามารถกำหนดได้จากการตั้งค่า Configuration โดยที่ขาสัญญาณของการเชื่อมต่อ RS232 จะแสดงดังตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.32 แสดงตำแหน่งขา RS232 (DB9 ตัวเมีย) ของ ET-WiFly GSX

ตารางที่ 2.3 ตารางการต่อสายสัญญาณระหว่าง ET-WiFly GSX กับคอมพิวเตอร์ PC

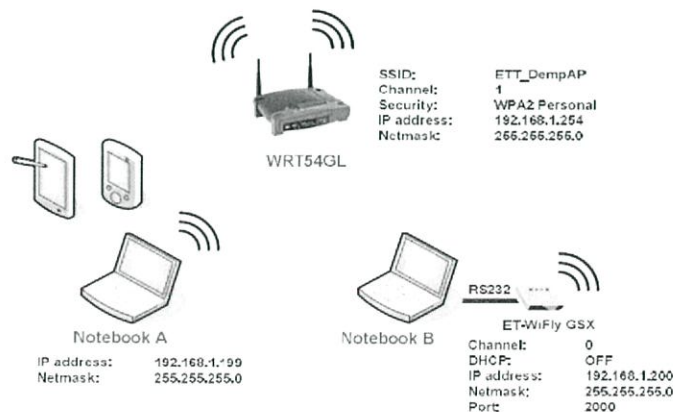
DB9 Female(ET-WiFly GSX)		Signal Direction	DB9 Male (Computer PC)	
Pin	Signal		Signal	Pin
1	NC		DCD	1
2	TXD	→	RXD	2
3	RXD	←	TXD	3
4	NC		DTR	4
5	GND	---	GND	5
6	NC		DSR	6
7	RTS	←	RTS	7
8	CTS	→	CTS	8
9	NC		RI	9

ตารางที่ 2.4 ตารางการต่อสายสัญญาณระหว่าง ET-WiFly GSX กับไมโครคอนโทรลเลอร์

DB9 Female(ET-WiFly GSX)		Signal Direction	Microcontroller
Pin	Signal		Signal
2	TXD	→	RXD
3	RXD	←	TXD
5	GND	---	GND

2.15.4 รูปแบบการเชื่อมต่อของ ET-WiFly GSX

การเชื่อมต่อแบบ Infrastructure การเชื่อมต่อแบบนี้จะมี Access Point เป็นศูนย์กลางในการเชื่อมโยงข้อมูลทำให้ระบบนี้สามารถเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต และสามารถตั้งค่าระบบรักษาความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูลแบบ WEP-128, WPA-PSK(TRIP), WPA2-PSK(AES) ได้ การเชื่อมต่อ ET-WiFly GSX ในรูปแบบนี้แสดงดังรูปที่ 2.47



รูปที่ 2.33 แสดงการเชื่อมต่อ ET-WiFly GSX ในรูปแบบ Infrastructure

2.16 Linksys

Linksys WRT54GL เป็นอุปกรณ์ Access Point สำหรับเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน โดยเป็นการสื่อสารในระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Infrastructure



รูปที่ 2.34 Linksys WRT54GL

2.16.1 Access Point

Access Point จะทำหน้าที่เป็นจุดกระจายและเชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สายทุกชนิด (ที่ทำงานภายใต้มาตรฐานของ IEEE802.11) เข้าด้วยกัน

2.16.2 ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Infrastructure

เป็นการเชื่อมโยงระบบเครือข่ายไร้สายเข้ากับระบบเครือข่ายอีเธอร์เน็ตแลนโดยอาศัย Access Point ระบบนี้สามารถรองรับเครื่องคอมพิวเตอร์ไร้สายได้จำนวนมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับสเปคของ Access Point นั้นๆ ว่า จะสามารถรองรับการเชื่อมโยงเครื่องลูกข่ายได้กี่เครื่อง เช่น 32, 64 หรือ 128 เครื่อง คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งแลนการ์ดไร้สายและต้องการเชื่อมโยงเข้ากับ Access Point จะต้องเลือกโหมดการทำงานของแลนการ์ดเป็นแบบ Infrastructure และกำหนดชื่อ SSID ให้ตรงกับ Access Point (โหมดการทำงานและชื่อ SSID) จะกำหนดในโปรแกรม Configuration Utility ของแลนการ์ด จากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการค้นหาและเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ Access Point เองอัตโนมัติ การเชื่อมสายสัญญาณ UTP จาก Access Point ไปยังฮับหรือสวิตช์ได้ในระยะทางไม่เกิน 100 เมตร

2.17 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android)

แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่เป็นโอเพนซอร์สของกูเกิล (Google) ติดตั้งการทำงานบนสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรืออุปกรณ์ต่างๆอีกหลายชนิด โดยจะทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันที่

พัฒนาขึ้นบนแอนดรอยด์ ความสามารถของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ทำได้หลากหลายมาก เช่น การเขียนแอปพลิเคชันจัดการด้านฐานข้อมูล การเขียนควบคุมกับอุปกรณ์ภายนอก การพัฒนาด้านระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกหรือจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) หรือแม้กระทั่งการออกแบบกราฟิกหรือการเขียนเกมต่างๆ ก็สามารถพัฒนาในแอนดรอยด์ได้



รูปที่ 2.35 อุปกรณ์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

แอนดรอยด์จะใช้โครงสร้างของภาษาจาวาในการพัฒนาเป็นหลัก และในแอนดรอยด์นั้น การเขียนโปรแกรมจะมีส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface: API) ที่ถูกพัฒนาสำหรับแอนดรอยด์ให้เลือกใช้มากมาย เช่น ส่วนที่ช่วยจัดการเกี่ยวกับกราฟิก การออกแบบมัลติมีเดีย หรือที่เกี่ยวข้องกับจีพีเอส บลูทูธ เอดจ์ หรือสามจี ที่จะเข้ามาจัดการเกี่ยวกับฐานข้อมูล

2.17.1 สถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์

แอนดรอยด์เป็นซอฟต์แวร์ที่มีโครงสร้างแบบเรียงทับซ้อน(Stack) ซึ่งรวมเอา ระบบปฏิบัติการ (Operating System), มิดเดิลแวร์ (Middleware) และแอปพลิเคชันที่สำคัญเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อใช้สำหรับทำงานบนอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ (Mobile Devices) เช่น โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

การทำงานของแอนดรอยด์มีพื้นฐานอยู่บนระบบลินุกซ์ เคอร์เนล (Linux Kernel) ซึ่งใช้ Android SDK (Software Development Kit) เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ Android และใช้ภาษา Java ในการพัฒนา

สถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์ (Android Architecture) นั้นถูกแบ่งออกเป็นลำดับชั้น ออกเป็น 4 ชั้น ดังนี้

1) ชั้นแอปพลิเคชัน (Application) เป็นชั้นที่อยู่บนสุดของโครงสร้างสถาปัตยกรรม แอนดรอยด์ ซึ่งเป็นส่วนของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน เช่น แอปพลิเคชันรับ/ส่งอีเมล แผนที่

เว็บเบราว์เซอร์ รายชื่อผู้ติดต่อ เป็นต้น ซึ่งแอปพลิเคชันจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ .apk โดยทั่วไปแล้ว จะอยู่ในไดเรกทอรี data/app

2) ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค (Application Framework) จะอนุญาตให้นักพัฒนาสามารถเข้าเรียกใช้งาน โดยผ่าน API (Application Programming Interface) ซึ่งแอนดรอยด์ได้ออกแบบไว้เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการใช้งาน application component

โดยในชั้นนี้ประกอบด้วยแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์คดังนี้

- View System เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานสำหรับการสร้างแอปพลิเคชัน
- Location Manager เป็นส่วนที่จัดการเกี่ยวกับตำแหน่งของเครื่องอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่
- Content Provider เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการเข้าถึงข้อมูลที่มีการใช้งานร่วมกัน (Share data) ระหว่างแอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน เช่น ข้อมูลผู้ติดต่อ (Contact)
- Resource Manager เป็นส่วนที่จัดการข้อมูลต่างๆ ที่ไม่ใช่ส่วนของโค้ดโปรแกรม เช่น รูปภาพ, localized strings, layout ซึ่งจะอยู่ในไดเรกทอรี res/
- Notification Manager เป็นส่วนที่ควบคุมอีเวนต์ (Event) ต่างๆ ที่แสดงบนแถบสถานะ (Status bar) เช่น ในกรณีที่รับข้อความหรือสายที่ไม่ได้รับและการแจ้งเตือนอื่นๆ เป็นต้น
- Activity Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จัดการเกี่ยวกับสันทนาการของหน้าต่างโปรแกรม

3) ชั้นไลบรารี (Library) เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C/C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น การจัดการเกี่ยวกับการแสดงผล (Surface Manage) การจัดการเกี่ยวกับการการแสดงผลภาพและเสียง (Media Framework) การจัดการเกี่ยวกับภาพ 3มิติ และ 2มิติ การจัดการเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล (SQLite) เป็นต้น

Android Runtime เป็นชั้นย่อยที่อยู่ในชั้นไลบรารี ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ Dalvik VM (Virtual Machine) ส่วนนี้ถูกเขียนด้วยภาษา Java เพื่อใช้เฉพาะการใช้งานในอุปกรณ์เคลื่อนที่ Dalvik VM จะแตกต่างจาก Java VM (Virtual Machine) คือ Dalvik VM จะรันไฟล์ .dex ที่คอมไพล์มาจากไฟล์ .class และ .jar โดยมี tool ที่ชื่อว่า dx ทำหน้าที่ในการบีบอัดคลาส Java ทั้งนี้ไฟล์ .dex จะมีขนาดกะทัดรัดและเหมาะสมกับอุปกรณ์เคลื่อนที่มากกว่า .class เพื่อต้องการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

Core Java Library ส่วนนี้เป็นไลบรารีมาตรฐาน แต่ก็มีแตกต่างจากไลบรารีของ Java SE (Java Standard Edition) และ Java ME (Java Mobile Edition)

4) ชั้นลินุกซ์เคอร์เนล (Linux Kernel) ระบบ Android ถูกสร้างบนพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ Linux โดยในชั้นนี้จะมีฟังก์ชันการทำงานหลายๆ ส่วน แต่โดยส่วนมากแล้วจะเกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์โดยตรง เช่น การจัดการหน่วยความจำ (Memory Management) การจัดการโพรเซส (Process Management) การเชื่อมต่อเครือข่าย (Networking)

2.17.2 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์

แอนดรอยด์จะเขียนคำสั่งภาษาจาวาบนโปรแกรม Eclipse ในการเขียนนั้นจะใช้ภาษาจาวาพัฒนาและเขียนคำสั่งให้โปรแกรมทำงาน รูปในการเขียนเป็นโปรแกรมเชิงวัตถุทั้งหมดและส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ที่อยู่ในแอนดรอยด์เฟรมเวิร์กที่สามารถเรียกใช้งานได้ ก็ถูกพัฒนาด้วยภาษาจาวาเช่นเดียวกัน และจะมีให้เลือกเรียกใช้งานหลายตัวมาก แบ่งแยกตามวัตถุประสงค์ต่างๆ โดยจะมีการแยกแพ็คเกจ

ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ถูกแยกจัดเก็บไว้ในแต่ละหมวดหมู่ เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการนำมาใช้ เช่น Text View จัดการเกี่ยวกับข้อความ, Button จัดการเกี่ยวกับปุ่ม ซึ่งคำสั่งพวกนี้จะอยู่ในกลุ่มของ Widgets Class และถ้าจะใช้งานตัวไหนก็ค่อยทำการ Import เข้ามาใน Class

ในการเตรียมระบบในเครื่องคอมพิวเตอร์ให้พร้อมสำหรับการพัฒนาแอนดรอยด์นั้นบนคอมพิวเตอร์จะต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ตามลำดับดังนี้

1. ติดตั้ง JDK (Java Development Kit) ในการพัฒนาแอนดรอยด์ต้องใช้ภาษาจาวาดังนั้นจึงต้องติดตั้ง JDK เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์มีคอมไพเลอร์ (Compiler) สำหรับคอมไพล์โค้ดจาวาไปเป็นแอปที่รันได้บนอุปกรณ์แอนดรอยด์

2. ติดตั้ง Eclipse ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเขียนโค้ด ดีบั๊ก และ ทดสอบแอปที่ได้พัฒนาขึ้น

3. ติดตั้ง Android SDK ซึ่งเป็นชุดที่ประกอบด้วยเครื่องมือ (SDK Tools) และเฟรมเวิร์คสำหรับการพัฒนาแอปแอนดรอยด์ โดย SDK Tools จะเป็นคำสั่งที่เรียกใช้ในคอมมานด์ไลน์สำหรับเฟรมเวิร์คนั้นจะแบ่งตามเวอร์ชันของแอนดรอยด์ ซึ่งเรียกว่า Android Platform

4. ติดตั้ง ADT Plug-in ให้กับ Eclipse ซึ่งจะทำให้มันมีความสามารถและเครื่องมืออำนวยความสะดวกที่เกี่ยวกับการพัฒนาแอปแอนดรอยด์เพิ่มขึ้นมา โดยบางคำสั่งที่เพิ่มขึ้นใน Eclipse จะเรียกไปยัง SDK Tools ใน Android SDK ทำให้ไม่ต้องเรียกใช้ SDK Tools ทางคอมมานด์ไลน์อีก ในโครงสร้างการเขียนโปรแกรม Android พื้นฐานทั่วไปจะเป็นการทำงานของ XML Layout ซึ่งจะผสมการทำงานร่วมกับ XML และ Java โดย XML จะถูกออกแบบให้เป็นส่วนที่เป็น GUI และใช้ XML Syntax ในการวาง Layout ต่าง ๆ ของ Widgets หรือ Element ต่างๆ ส่วนในภาษา Java จะเป็นชุดคำสั่งที่ควบคุมการทำงานของโปรแกรม และหน้าจอที่แสดงผลที่อยู่ในรูปแบบของ XML Layout

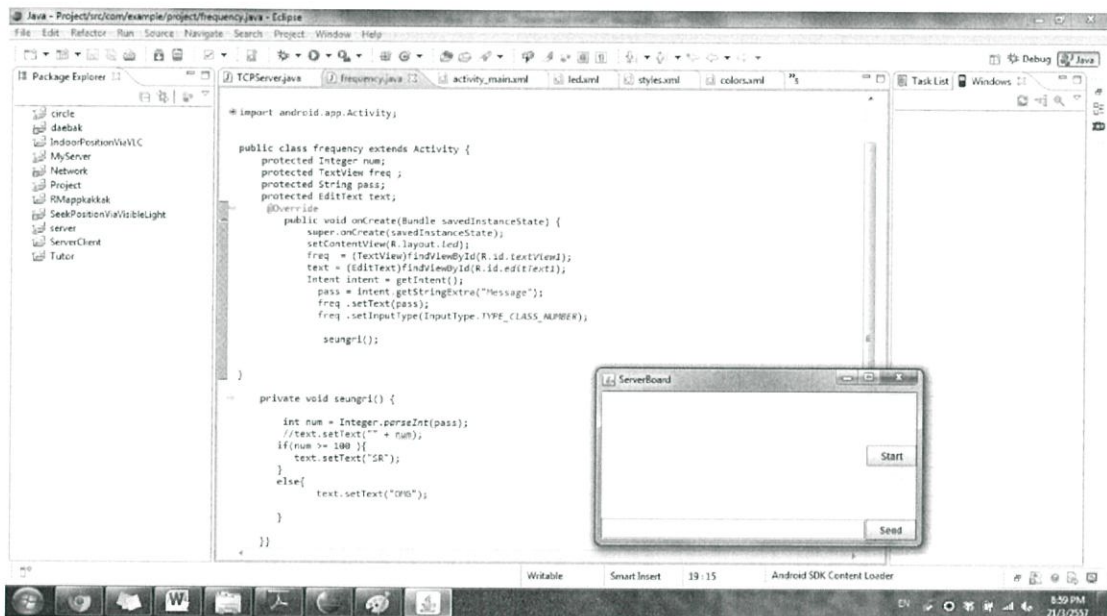
2.17.3 ส่วนหลักในการพัฒนาแอนดรอยด์

ในการพัฒนาแอนดรอยด์ ด้วยโปรแกรม Eclipse นั้น สามารถพัฒนาผ่านส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface: UI) ที่เป็นส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphical User Interface: GUI) ได้เช่นเดียวกัน ซึ่งจะช่วยให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้นและสะดวกยิ่งขึ้น และในการสร้างโปรเจกต์แต่ละครั้งตัวโปรแกรม Eclipse จะทำการ include library ที่เป็นค่า Default และจำเป็นต่อการพัฒนาโปรแกรมนั้นหลายตัว แต่หลักๆ ที่ต้องสนใจในขั้นตอนนี้มี 2 ตัวคือ

- activity_main.xml จัดเก็บไว้ที่ /res/layout/ คือจะเก็บ resource ที่ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ที่ได้จากการออกแบบหน้าจอต่างๆ โดยเมื่อทำการลากวิดเจ็ตหรืออีลีเมนต์ต่างๆ เข้าไปในหน้าจอก็จะมีสร้างแท็กต่างๆ ที่เป็นวิดเจ็ตหรืออีลีเมนต์ที่อยู่ในรูปแบบ XML ลงในไฟล์ ในการ

สร้างโปรเจก แต่แต่ละครั้งจะต้องมีไฟล์ที่เป็น Activity อย่างน้อย 1 ตัว และในโปรเจกหนึ่งๆ สามารถมีได้หลาย Activity ขึ้นอยู่กับว่าโปรแกรมจะแยกหน้าจการทำงานเป็นแบบใดบ้าง

- MainActivity.java จัดเก็บไว้ที่ /src/com/helloworld/ มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของไฟล์ที่เป็น activity_main.xml ซึ่งก็คือการจัดเก็บ Event การทำงานต่างๆ ของวิดเจ็ทหรืออีลีเมนต์ที่อยู่ใน activity_main.xml



รูปที่ 2.36 ตัวอย่างการพัฒนาแอนดรอยด์บนโปรแกรม Eclipse

บทที่ 3

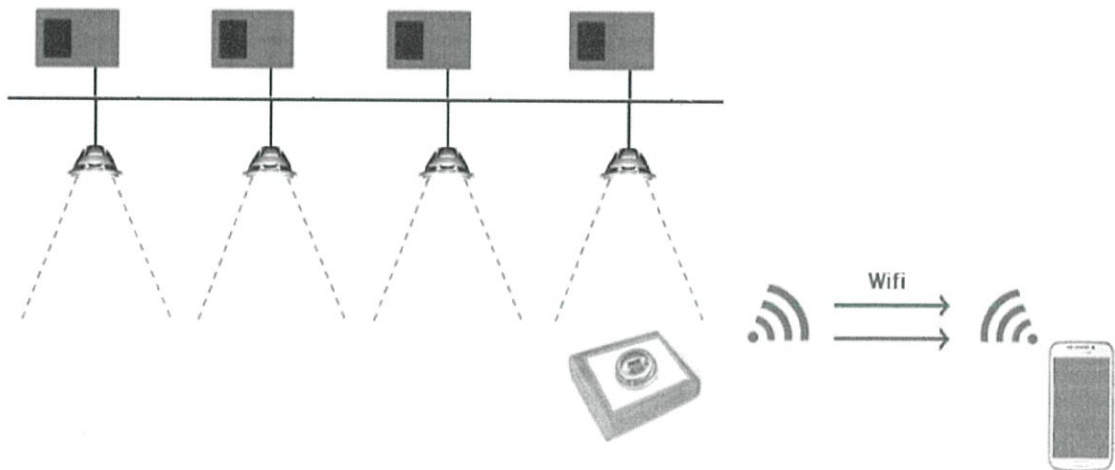
การออกแบบและการจำลองการทำงาน

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงภาพรวมการทำงานของระบบและการออกแบบแต่ละส่วนของโครงงาน โดยโครงสร้างที่จะออกแบบประกอบด้วยส่วนของอุปกรณ์ตัวส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ ส่วนของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณแสง ส่วนของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการประมวลผลและ ส่วนของแอปพลิเคชันที่จะแสดงตำแหน่งบนหน้าจอสมาาร์ทโฟน

3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบ

การใช้หลักการสื่อสารไร้สายโดยใช้แสงที่ตามองเห็นได้ (Visible Light Communication: VLC) มาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งบุคคลภายในอาคาร ภาพรวมของโครงสร้างระบบแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 ในส่วนแรกคือการออกแบบอุปกรณ์ภาคส่ง ซึ่งจะใช้แสงจากหลอดแอลอีดี 4 ดวง ในการระบุตำแหน่ง โดยที่แต่ละดวงนั้นจะมีการระบุโอดีตำแหน่งที่แตกต่างกัน ในส่วนของผู้รับจะมีอุปกรณ์ตัวรับติดตามตัว เมื่อผู้รับเดินผ่านหลอดแอลอีดีที่ตำแหน่งใด ไฟโตไดโอดจะตรวจจับความถี่แสงแล้วประมวลผลหาตำแหน่ง จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลตำแหน่ง ไปแสดงผลบนสมาร์ทโฟน



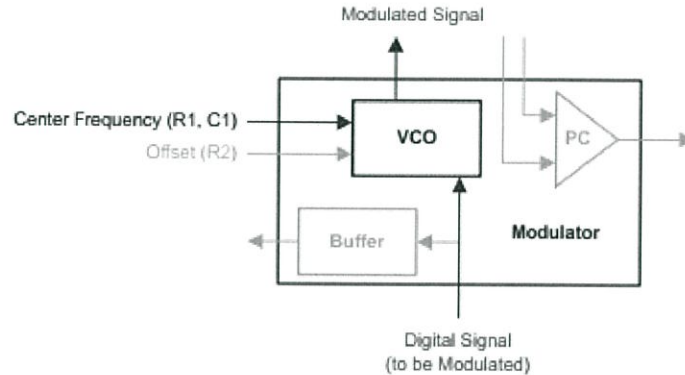
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบการระบุตำแหน่งโดยใช้หลักการของแสงที่ตามองเห็นได้

3.3 วงจรส่งสัญญาณแสงจากหลอดแอลอีดี

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรตัวส่ง

- | | |
|----------------------------|-------------|
| - หลอดแอลอีดี 1 วัตต์ | จำนวน 3 ดวง |
| - ทรานซิสเตอร์เบอร์ IRF510 | จำนวน 1 ตัว |

การออกแบบวงจรและการทำงานของวงจรส่งสัญญาณผ่านแสงจากรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 ได้ทำการออกแบบวงจร โดยใช้อุปกรณ์ IRF510 สำหรับขับกระแสให้กับวงจร ให้หลอดแอลอีดีสามารถขับกระแสและมีความสว่างมากที่สุดเมื่อไม่มีสัญญาณเข้าไป เมื่อต่อวงจรเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรจะทำการส่งสัญญาณความถี่ออกมา และในวงจรนี้มีส่วนของวงจรที่ทำการมอดูเลตทางความถี่



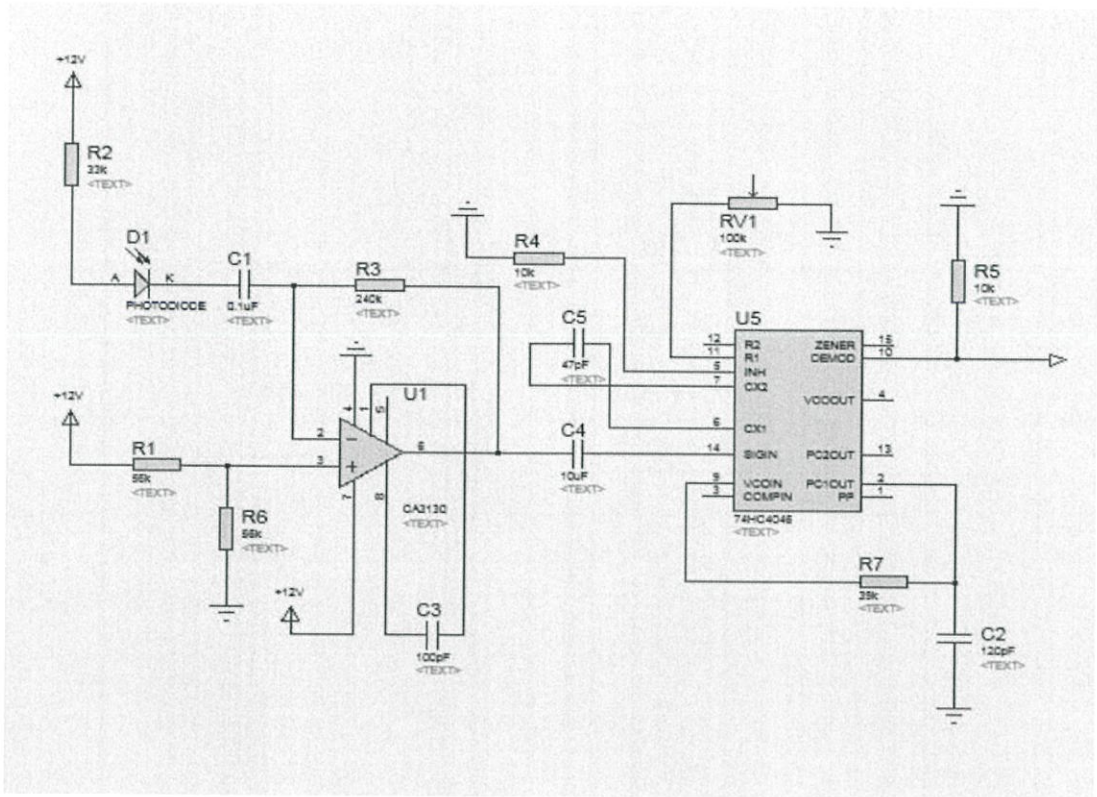
รูปที่ 3.4 วงจรมอดูเลต

จากรูปที่ 3.4 เป็นการทำงานในส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่มอดูเลต ซึ่งจะช่วยให้วงจรสามารถทำงานในการส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสัญญาณที่ทำการมอดูเลตนี้ จะถูกนำไปตีมอดูเลตภายหลังต่อไป

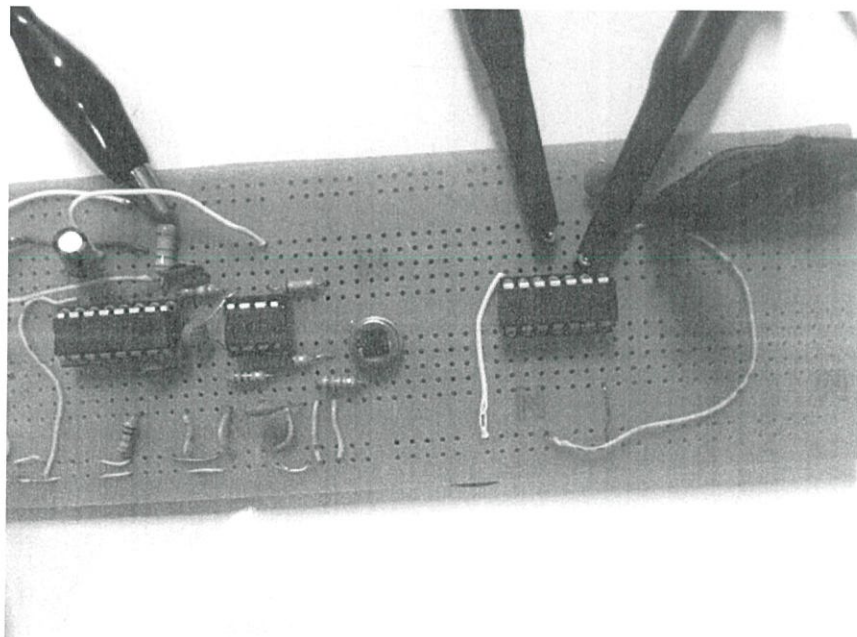
3.4 วงจรรับข้อมูลจากแสง

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรตัวรับ

- ไอซีเบอร์ MC4046	จำนวน 1 ตัว
- ไอซีเบอร์ CA3130	จำนวน 1 ตัว
- โฟโต้ไดโอด OSD-15E	จำนวน 1 ตัว
- ตัวต้านทาน 56 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	จำนวน 2 ตัว
- ตัวต้านทาน 33 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	จำนวน 1 ตัว
- ตัวต้านทาน 50 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	จำนวน 1 ตัว
- ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	จำนวน 1 ตัว
- ตัวต้านทาน 39 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	จำนวน 1 ตัว
- ตัวต้านทาน 240 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	จำนวน 1 ตัว
- ตัวต้านทานปรับค่าได้ 100 กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด	จำนวน 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัด	จำนวน 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุ 100 พิโกฟารัด	จำนวน 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุ 47 พิโกฟารัด	จำนวน 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุ 120 พิโกฟารัด	จำนวน 1 ตัว

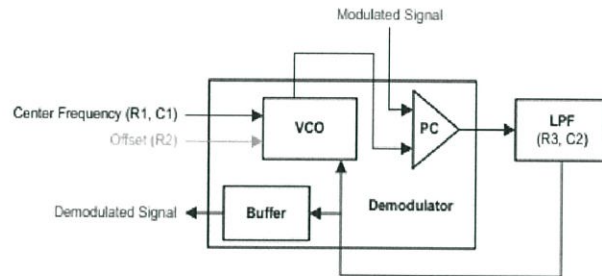


รูปที่ 3.5 การจำลองการทำงานของวงจรภาครับ



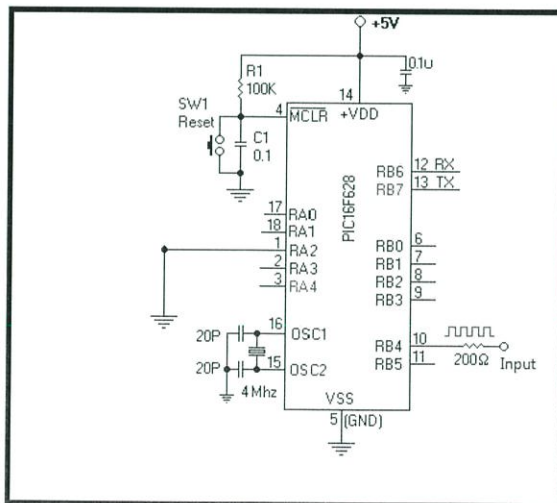
รูปที่ 3.6 วงจรรับข้อมูลจากแสงบนบอร์ดไขปลา

การออกแบบและการทำงานของวงจรรับสัญญาณจากรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6 วงจรรับสัญญาณทำการออกแบบให้วงจรมีหน้าที่ในการกรองความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) คือวงจรถะสามารถรับความถี่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ ไปถึงช่วงความถี่ที่ต้องการ ส่วนความถี่ที่สูงขึ้นเรื่อยๆ วงจรจะไม่รับความถี่นั้น เมื่อคัดกรองสัญญาณแล้วจะทำการมันสัญญาณนั้นมาทำการตีมอดูเลตต่อไป

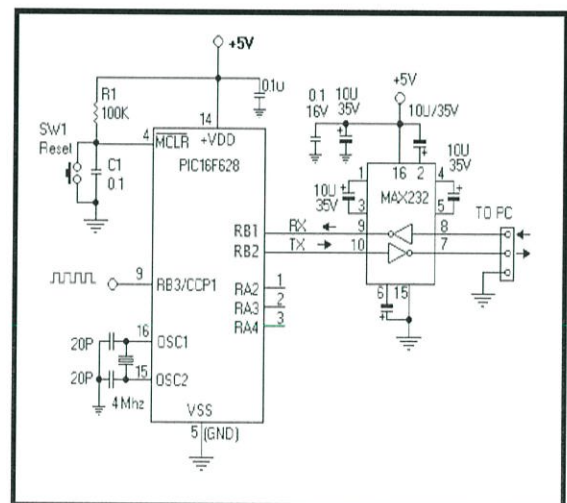


รูปที่ 3.7 วงจรตีมอดูเลต

จากรูปที่ 3.7 เป็นลักษณะการทำงานของส่วนวงจรมีหน้าที่ตีมอดูเลต โดยเมื่อตีมอดูเลตแล้ว ก็จะมีส่วน MC4584 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่นั้น และนำสัญญาณนั้นไปประมวลผลต่อไป



(ก)



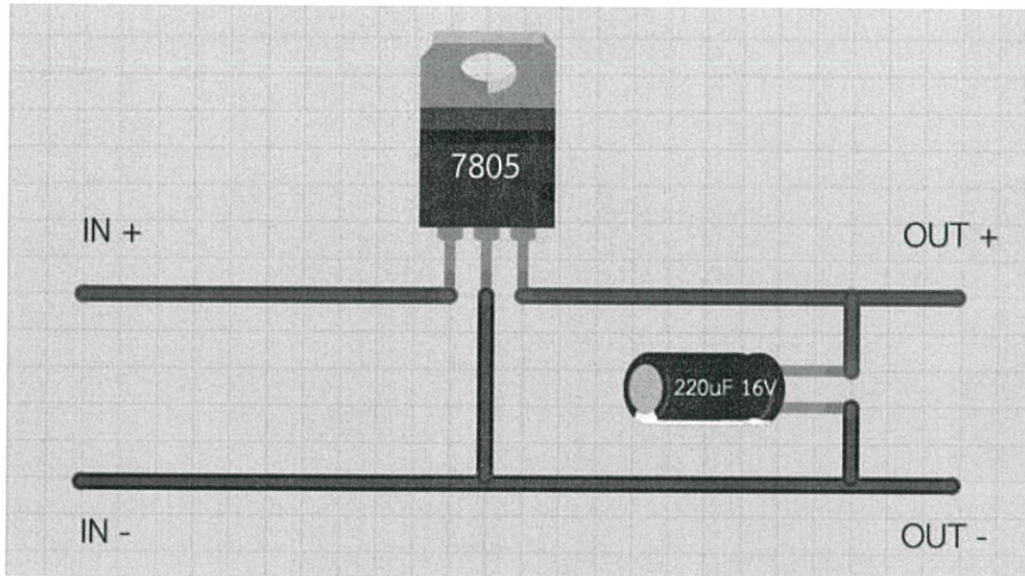
(ข)

รูปที่ 3.8 วงจร PIC Microcontroller (ก) ภาคส่ง (ข) ภาครับ

จากรูปที่ 3.8 ในส่วนนี้ คือการออกแบบส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถผลิตความถี่ (รูป ก) และประมวลผลความถี่ (รูป ข) ให้สามารถนำข้อมูลนั้นไปติดต่อกับ RS232 ได้

3.5 การแปลงไฟโดยใช้ IC Linear Regulator (12V to 5V)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยุคดิจิทัลในปัจจุบัน จะใช้ไฟจ่ายที่ 5 โวลต์ หากต้องการต่อพ่วงกับแบตเตอรี่หรืออแดปเตอร์ ที่มีไฟสูงกว่าเช่น 12 โวลต์ สามารถแปลงได้ด้วยวิธีการแปลงอย่างง่าย ๆ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ไอซีเบอร์ 7805 มาต่อกับตัวเก็บประจุขนาด 220 ไมโครฟารัด 16 โวลต์



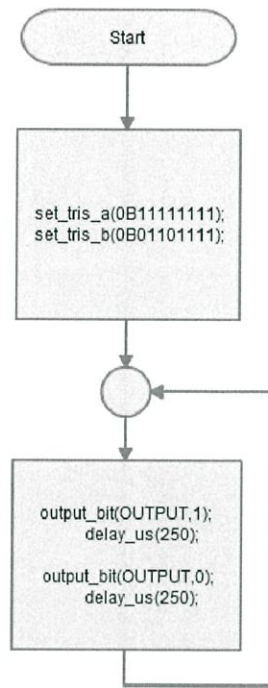
รูปที่ 3.9 วงจร IC Linear Regulator

จากรูปที่ 3.9 เมื่อต่อไฟจากแหล่งจ่ายเข้าทางด้าน IN+/IN- และต่อทางด้าน OUT+/OUT- เพื่อใช้งานได้เลย ไอซีจะสามารถจ่ายกระแสได้ 1 แอมแปร์ แต่จะมีข้อเสียคือ หากอุปกรณ์ใช้กระแสสูง ไอซีจะร้อนมาก วงจรนี้ไฟเข้าไม่ได้จำกัดแค่ 12 โวลต์ สามารถใช้ได้ตั้งแต่ 8 – 24 โวลต์ แต่ถ้าโวลต์ยิ่งสูง ไอซียิ่งจะร้อน อาจจะทำให้ไอซีไหม้ได้

3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

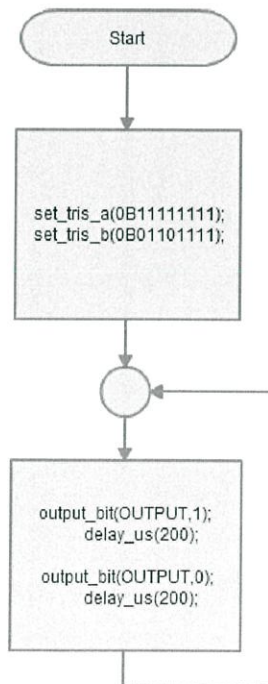
3.6.1 ภาคส่ง

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ โดยใช้หลักการการมอดูเลตทางความถี่ในการควบคุมการเปิดปิดของหลอดแอลอีดีแต่ละดวง ซึ่งการทดลองนี้จะใช้หลอดแอลอีดี 4 ดวง โดยแต่ละดวงจะกำหนดความถี่ในการกระพริบต่างกัน โดยจะกำหนดให้ดวงที่ 1 มีความถี่ในการกระพริบ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ดวงที่ 2 มีความถี่ในการกระพริบ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ดวงที่ 3 มีความถี่ในการกระพริบ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ และดวงที่ 4 มีความถี่ในการกระพริบ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยมีการทำงานตามแผนผัง ดังนี้



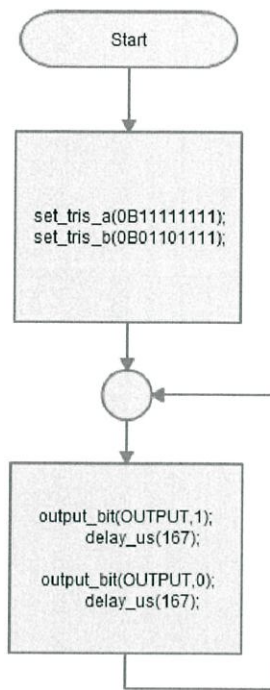
รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานของวงจรถ่ายส่ง หลอดแอลอีดีดวงที่ 1

กำหนดให้มีความถี่ในการกระพริบ 1 กิโลเฮิร์ตซ์



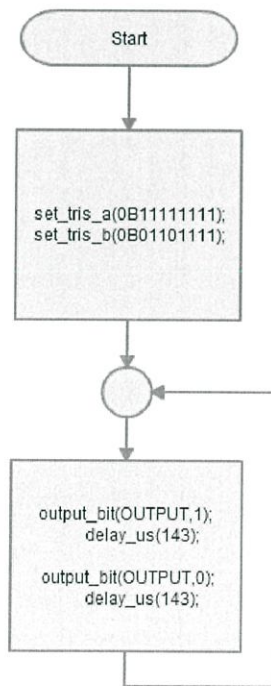
รูปที่ 3.11 แผนผังการทำงานของวงจรถ่ายส่ง หลอดแอลอีดีดวงที่ 2

กำหนดให้มีความถี่ในการกระพริบ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์



รูปที่ 3.12 แผนผังการทำงานของวงจรภาคส่ง หลอดแอลอีดีดวงที่ 3

กำหนดให้มีความถี่ในการกระพริบ 2 กิโลเฮิร์ตซ์

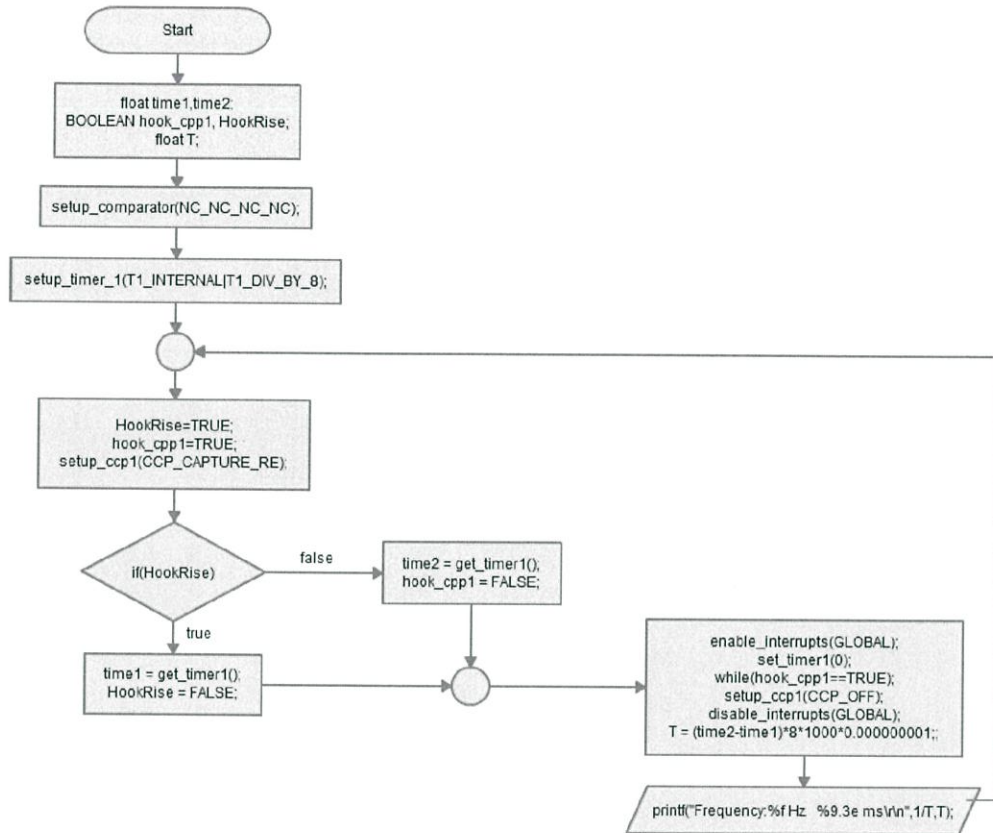


รูปที่ 3.13 แผนผังการทำงานของวงจรภาคส่ง หลอดแอลอีดีดวงที่ 4

กำหนดให้มีความถี่ในการกระพริบ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์

3.6.2 ภาครับ

วงจรภาครับจะตรวจจับสัญญาณความถี่ที่ได้รับจากวงจรส่งข้อมูล ซึ่งจะรับข้อมูลออกมาในรูปของสัญญาณพัลส์ จากนั้นจึงนำไปประมวลผลความถี่เอาต์พุต ออกมาจะได้ค่าความถี่ของแต่ละหลอด จากนั้นจึงส่งค่านี้ออกไปยังส่วนของวายุพายุ

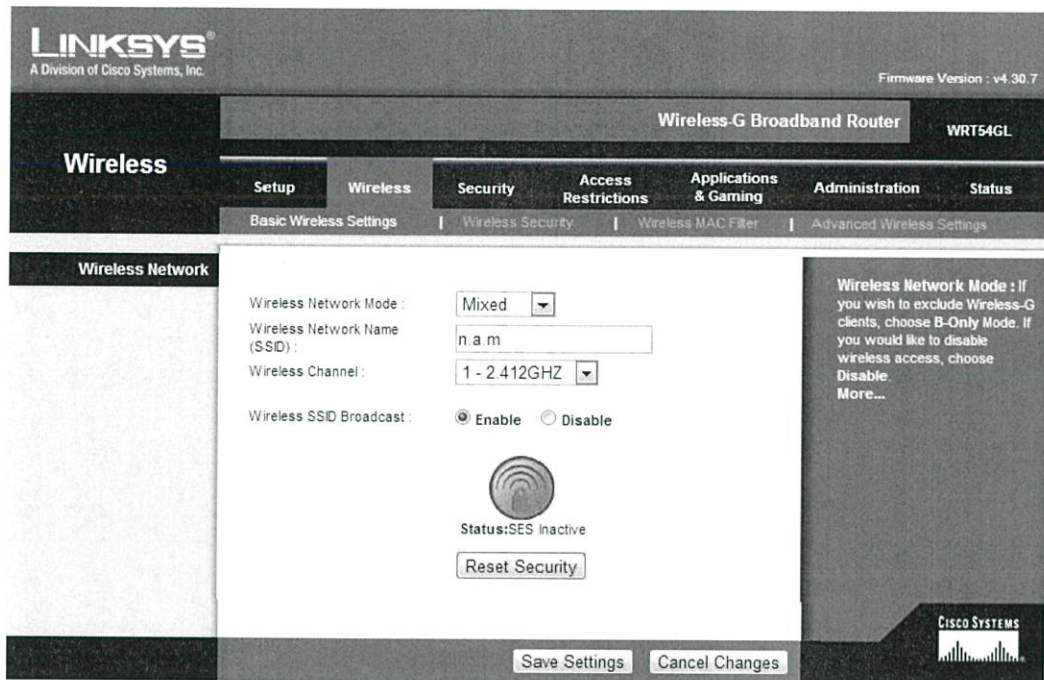


รูปที่ 3.14 แผนผังการทำงานของวงจรภาครับ

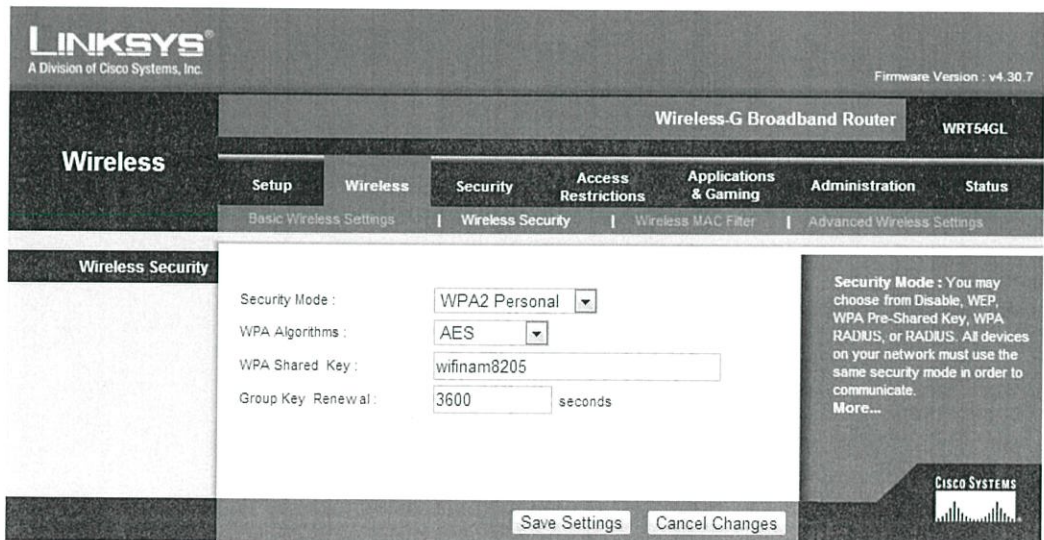
3.7 การสื่อสารระหว่างแอนดรอยด์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับสมาร์ทโฟนจะเป็นการเชื่อมต่อแบบ Infrastructure ซึ่งจะต้องมี Access Point เป็นศูนย์กลางในการเชื่อมโยงข้อมูล โดยในฝั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการติดต่อกับตัว WiFly GSX ผ่านทางพอร์ตอนุกรม ซึ่ง WiFly GSX จะมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านระบบ Wireless LAN โดยเฉพาะระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อื่นๆ ในเครือข่าย เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน เป็นต้น ส่วนลิงชีสจะเป็น Access Point เชื่อมโยงระหว่าง WiFly GSX กับ แอนดรอยด์ ให้สามารถสื่อสารกันได้

การตั้งค่าลิงกซิสให้เป็น Access Point แสดงดังรูปที่ 3.15 และ 3.16

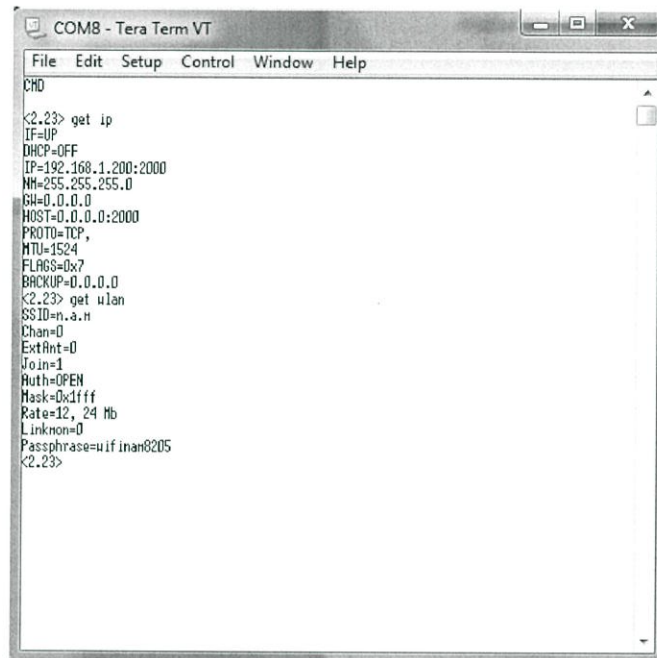


รูปที่ 3.15 กำหนดชื่อ SSID



รูปที่ 3.16 ตั้งค่าระบบรักษาความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูล

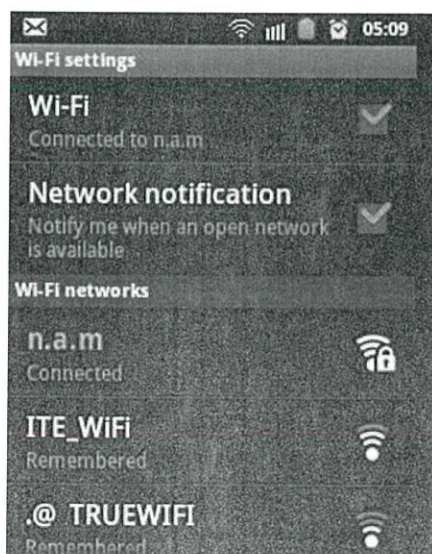
การตั้งค่า ET-WiFly GSX จะกระทำบนโปรแกรม Tera Term ในที่นี้ได้ทำการตั้งค่าทางฝั่ง
ลิงชิสต์โดยกำหนดให้ Wireless Network (SSID) ที่ลิงชิสต์เป็น n.a.m มีระบบรักษาความปลอดภัย
ของการสื่อสารข้อมูลแบบ WPA2 (AES) และ WPA Shared Key เป็น wifinam8205 ซึ่งค่า WPA
Shared Key ก็คือค่า passphrase ที่จะเอาไปใช้ในการตั้งค่า ET-WiFly GSX



```
COM8 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
COM8
<2.23> get ip
IF=UP
DHCP=OFF
IP=192.168.1.200:2000
NM=255.255.255.0
GM=0.0.0.0
HOST=0.0.0.0:2000
PROTO=TCP,
MTU=1524
FLAGS=0x7
BACKUP=0.0.0.0
<2.23> get wlan
SSID=n.a.m
Chan=0
ExtAnt=0
Join=1
Auth=OPEN
Mask=0x1fff
Rate=12, 24 Mb
Linknon=0
Passphrase=wifinam8205
<2.23>
```

รูปที่ 3.17 แสดงการตั้งค่าต่างๆ ของ ET-WiFly GSX บนโปรแกรม Tera Term

เมื่อเชื่อมต่อตัว WiFly GSX กับลิงชิสต์แล้ว ที่สมาร์ทโฟนจะปรากฏสัญญาณวายฟายที่ปล่อยจาก
WiFly Module ดังรูปที่ 3.18



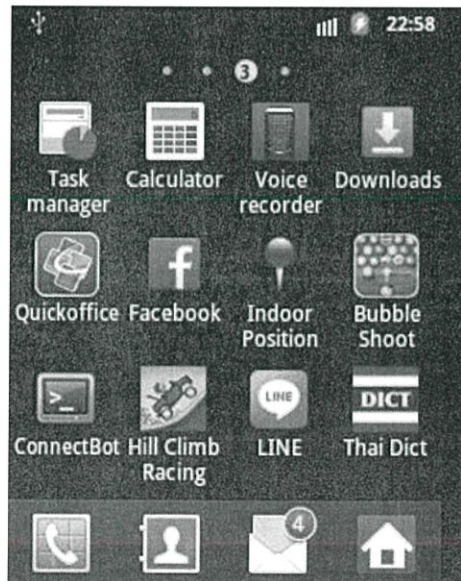
รูปที่ 3.18 จำลองรูปแบบการออกแบบการสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟน กับ WiFly GSX



รูปที่ 3.19 การเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ทโฟน กับ WiFly GSX

3.8 โปรแกรมติดต่อผู้ใช้งาน

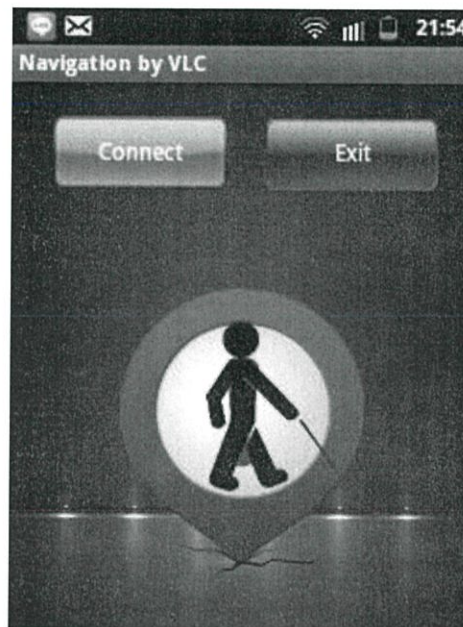
ส่วนของการแสดงผลจะใช้สมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นตัวแสดงผลตำแหน่ง โดยจะสร้างเป็นแอปพลิเคชันที่สามารถใช้ติดต่อและรับข้อมูลตำแหน่งมาจากอุปกรณ์ตัวรับที่ติดอยู่ที่ผู้พิการทางสายตา แอปพลิเคชันนี้ชื่อว่า Indoor Position ซึ่งไอคอนของแอปพลิเคชันแสดงดังรูปที่ 3.20



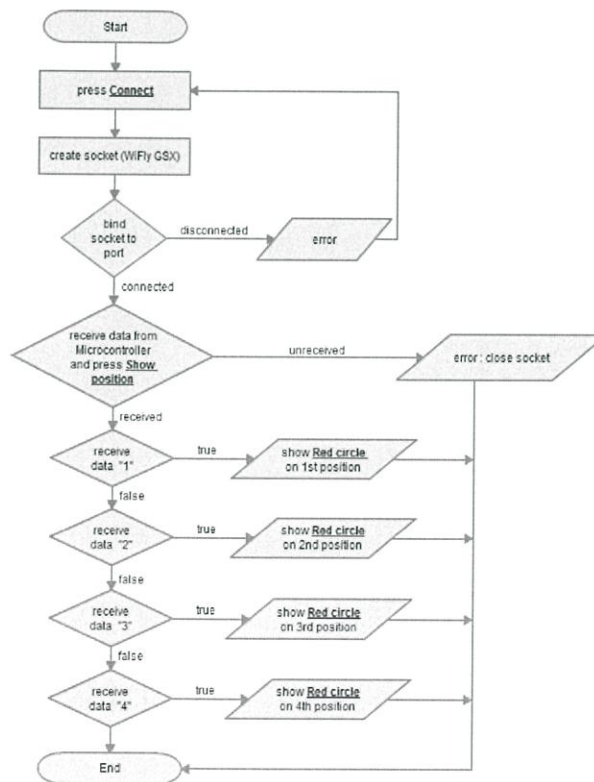
รูปที่ 3.20 แอปพลิเคชัน “Indoor Position”

ฟังก์ชัน Connect และฟังก์ชัน Exit

- Connect ทำการเชื่อมต่อไปยัง WiFly GSX และรอรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์
- Exit ยกเลิกการเชื่อมต่อกับ WiFly GSX และจบการทำงานของแอปพลิเคชัน

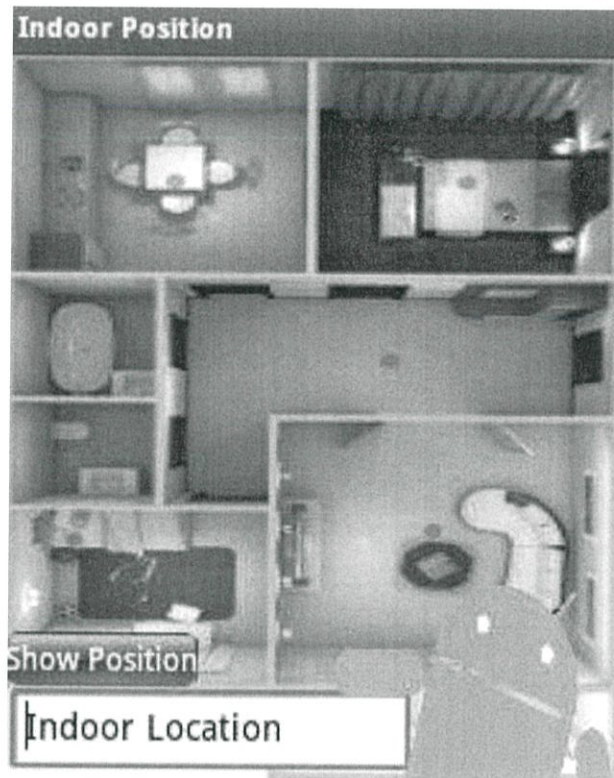


รูปที่ 3.21 แสดงหน้าหลักของแอปพลิเคชัน



รูปที่ 3.22 แผนผังการทำงานของโปรแกรมแสดงตำแหน่ง

แสดงหน้าของการออกแบบแผนผังห้องภายในอาคาร และจำลองการติดตั้งตำแหน่งหลอดแอลอีดี ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 หน้า Indoor Location จำลองการระบุตำแหน่ง

บทที่ 4

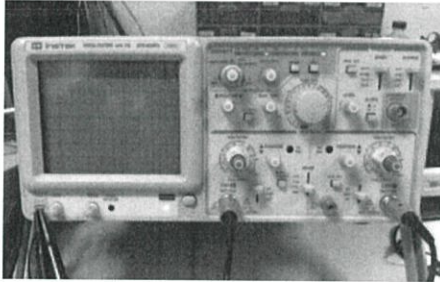
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

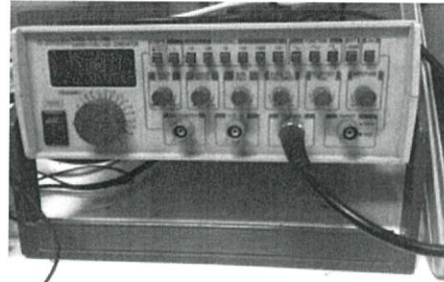
จากบทที่ 3 ได้ทำการออกแบบวงจร การแสดงผลบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และตั้งค่าอุปกรณ์ 와이파이 (Wi-Fi) เรียบร้อยแล้ว ในบทนี้จึงได้แสดงผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. ทำการทดลองโดยการอินพุตค่าด้วยฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์
2. ทำการทดลองโดยสร้างสัญญาณอินพุต
3. ทดสอบการรับค่าตำแหน่งให้แสดงผลผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

โดยการทดลองจะใช้อุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ก) และ (ข) และการจำลองการส่งสัญญาณผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ได้แสดงดังรูปที่ 4.2



(ก)



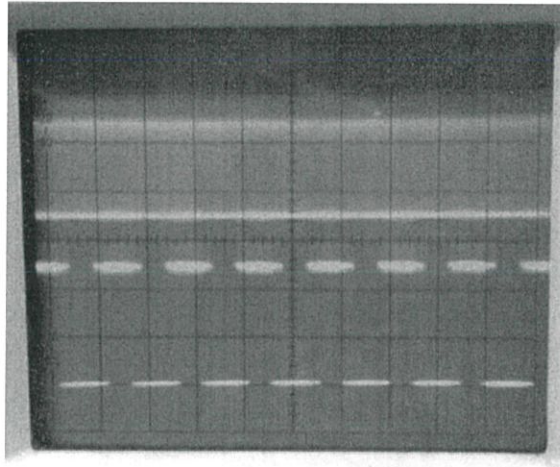
(ข)

รูปที่ 4.1 (ก) ออสซิลโลสโคป (ข) ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์



รูปที่ 4.2 แสดงการจำลองการส่งข้อมูลผ่านแสงที่ตามองเห็นได้

เมื่อตั้งค่าอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว จะทำการทดสอบวงจรภาครับและภาคส่ง โดยทำการวัดสัญญาณจากวงจรทั้งสองผ่านออสซิลโลสโคปซึ่งจะให้อุปกรณ์ทั้งภาครับและภาคส่งนั้นอยู่ในลำแสงเดียวกันหรืออยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยปรับค่าออสซิลโลสโคป TIME/DIV เท่ากับ 0.1 มิลลิวินาที VOLTS/DIV เท่ากับ 2 โวลต์



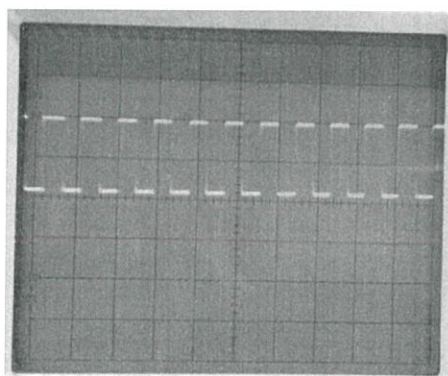
รูปที่ 4.3 การทดสอบโดยการวัดสัญญาณคลื่นพหุกับสัญญาณอินพุต

4.2 การทดลองและผลการทดลอง

4.2.1 ทำการทดลองโดยการอินพุตค่าด้วยฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์

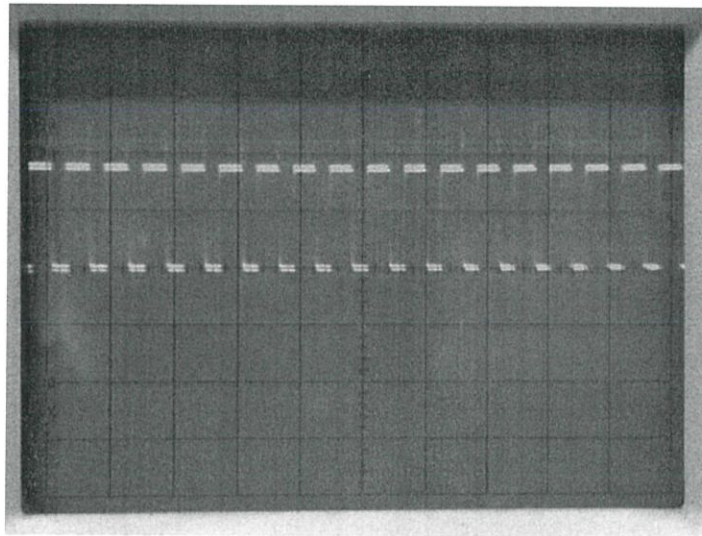
การทดลองนี้จะทำการอินพุตค่าความถี่ด้วยฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ จากนั้นจะทำการวัดค่าความถี่ด้วยออสซิลโลสโคปและจะทำการวัดระดับสัญญาณที่รับได้จากโฟโต้ไดโอดโดยให้แสดงค่าความถี่ที่โปรแกรม Tera term

ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ สามารถวัดระดับสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป โดยปรับค่า VOLTS/DIV เท่ากับ 1 โวลต์ และค่า TIME/DIV เท่ากับ 50 ไมโครวินาที โดยค่าที่วัดได้ทำการวัดจากขาเอาต์พุตของวงจรภาครับ ซึ่งระดับสัญญาณจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.4



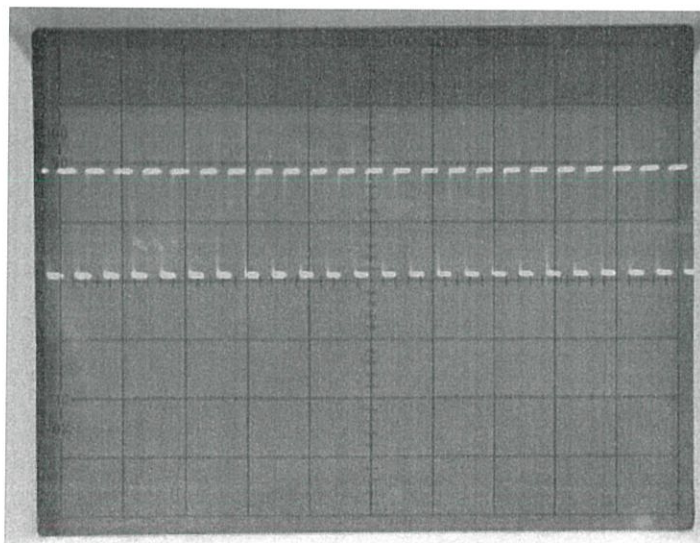
รูปที่ 4.4 แสดงระดับสัญญาณที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์

ที่ความถี่ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์ สามารถวัดระดับสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป โดยปรับค่า VOLTS/DIV เท่ากับ 1 โวลต์และค่า TIME/DIV เท่ากับ 50 ไมโครวินาที โดยค่าที่วัดได้ทำการวัดจากขาเอาต์พุตของวงจรภาครับ ซึ่งระดับสัญญาณจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.5



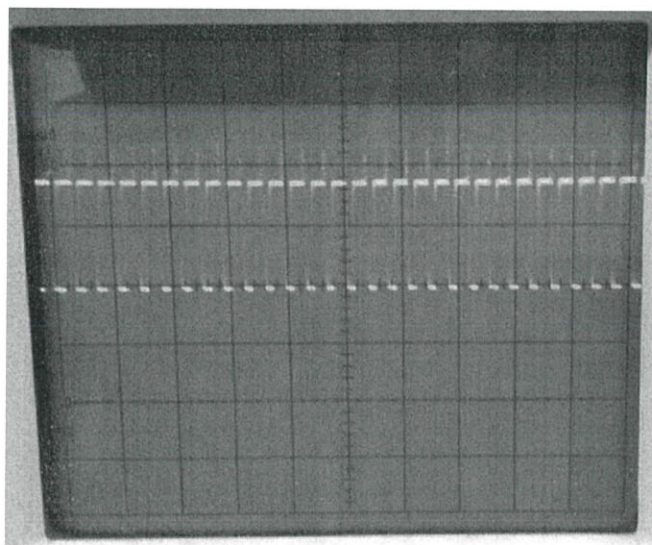
รูปที่ 4.5 แสดงระดับสัญญาณที่ความถี่ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์

ที่ความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ สามารถวัดระดับสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป โดยปรับค่า VOLTS/DIV เท่ากับ 1 โวลต์ และค่า TIME/DIV เท่ากับ 50 ไมโครวินาที โดยค่าที่วัดได้ทำการวัดจากขาเอาต์พุตของวงจรภาครับ ซึ่งระดับสัญญาณจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงระดับสัญญาณที่ความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์

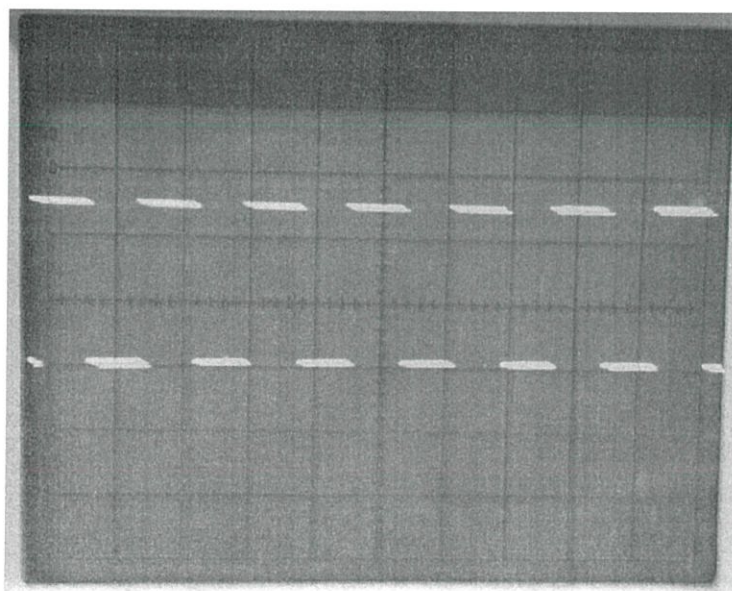
ที่ความถี่ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์ สามารถวัดระดับสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป โดยปรับค่า VOLTS/DIV เท่ากับ 1 โวลต์ และค่า TIME/DIV เท่ากับ 50 ไมโครวินาที โดยค่าที่วัดได้ทำการวัดจากขาเอาต์พุตของวงจรภาครับ ซึ่งระดับสัญญาณจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงระดับสัญญาณที่ความถี่ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์

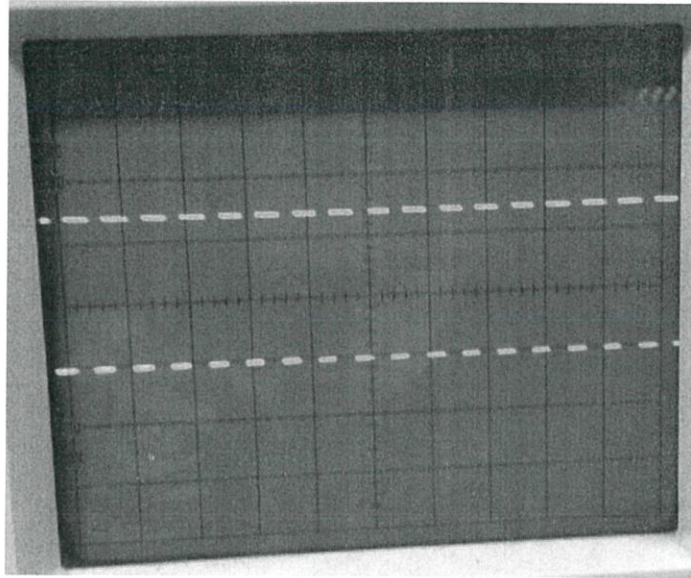
4.2.2 ทำการทดลองโดยสร้างสัญญาณอินพุต

ในหัวข้อนี้ทำการทดลองวัดระดับสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป โดยปรับค่า VOLTS/DIV เท่ากับ 2 โวลต์ และค่า TIME/DIV เท่ากับ 50 ไมโครวินาที โดยค่าความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ มีระดับสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 4.8



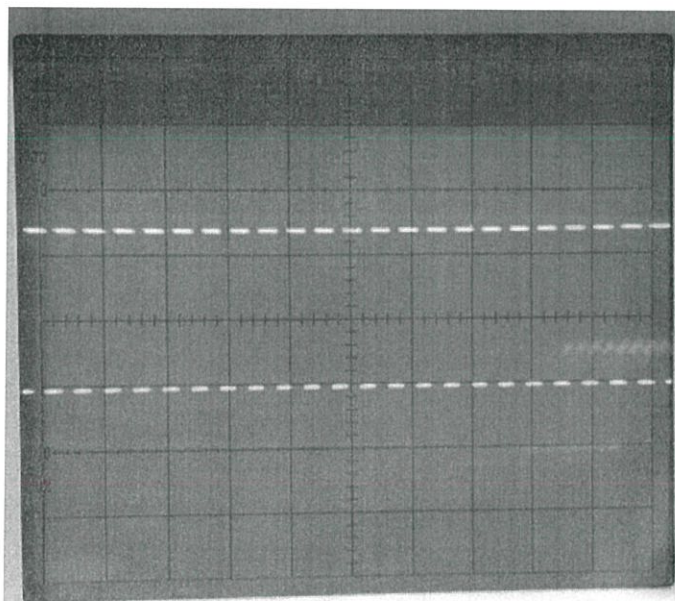
รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่วัดได้จากการสร้างสัญญาณความถี่

ระดับสัญญาณวัดด้วยออสซิลโลสโคป โดยปรับค่า VOLTS/DIV เท่ากับ 2 โวลต์ และค่า TIME/DIV เท่ากับ 50 ไมโครวินาที โดยค่าความถี่ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์ มีระดับสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 4.9



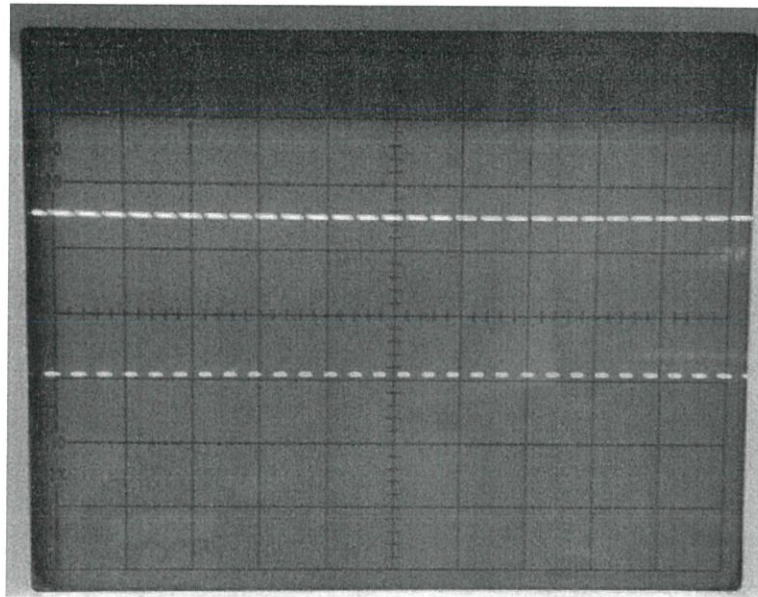
รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณที่ความถี่ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่วัดได้จากการสร้างสัญญาณความถี่

ระดับสัญญาณวัดด้วยออสซิลโลสโคป โดยปรับค่า VOLTS/DIV เท่ากับ 2 โวลต์ และค่า TIME/DIV เท่ากับ 50 ไมโครวินาที โดยค่าความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ มีระดับสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 4.10



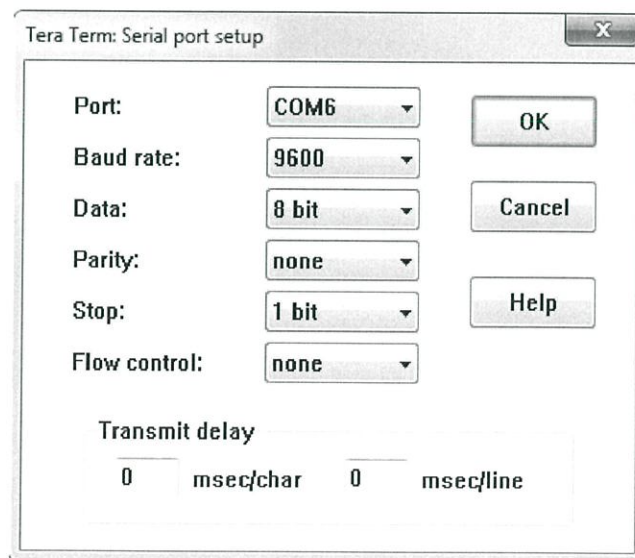
รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณที่ความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่วัดได้จากการสร้างสัญญาณความถี่

ระดับสัญญาณวัดด้วยออสซิลโลสโคป โดยปรับค่า VOLTS/DIV เท่ากับ 2 โวลต์ และค่า TIME/DIV เท่ากับ 50 ไมโครวินาที โดยค่าความถี่ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์ มีระดับสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณที่ความถี่ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่วัดได้จากการสร้างสัญญาณความถี่

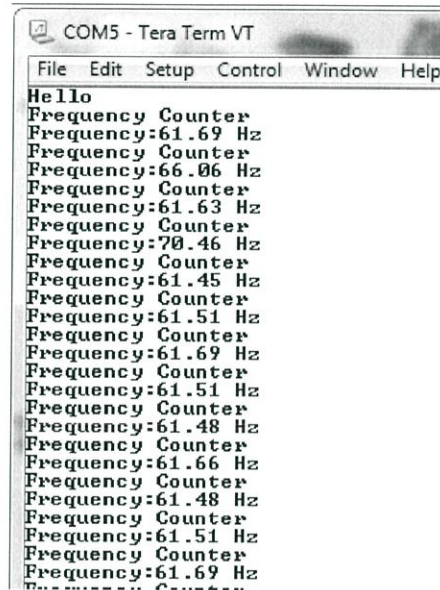
เมื่อวัดระดับสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคปแล้ว จากนั้นจะใช้โปรแกรม Tera Term อ่านค่าความถี่ที่สามารถอ่านได้เมื่อรับสัญญาณในแต่ละรับดับความถี่ โดยตั้งค่าโปรแกรม ดังแสดงรูปที่ 4.12 ซึ่งให้แสดงผลผ่านพอร์ตอนุกรม RS232



รูปที่ 4.12 ตั้งค่าโปรแกรม Tera Term

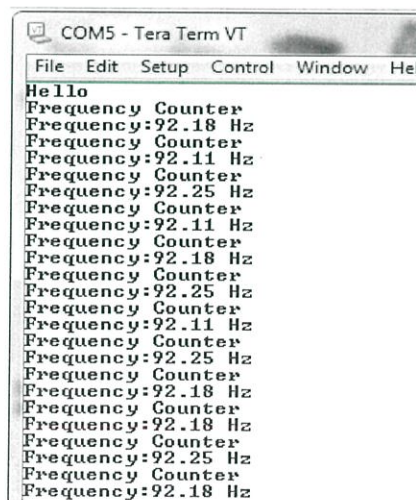
เมื่อต่อภาครับเข้ากับพอร์ตอนุกรม RS232 เพื่อให้อ่านค่าความถี่ ผลการทดลองเป็นดังนี้

ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ค่าความถี่ที่อ่านได้ มีค่าเท่ากับ 61 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.13



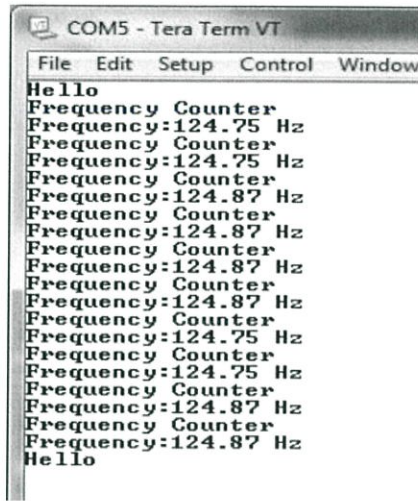
รูปที่ 4.13 ค่าความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อ่านจากโปรแกรม Tera Term

ที่ความถี่ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ค่าความถี่ที่อ่านได้ มีค่าเท่ากับ 92 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.14



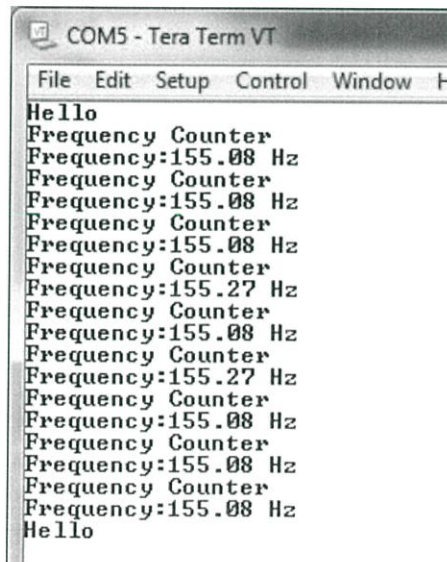
รูปที่ 4.14 ค่าความถี่ 1.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อ่านจากโปรแกรม Tera Term

ที่ความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ ค่าความถี่ที่อ่านได้ มีค่าเท่ากับ 124 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ค่าความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อ่านจากโปรแกรม Tera Term

ที่ความถี่ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ค่าความถี่ที่อ่านได้ มีค่าเท่ากับ 151 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.16

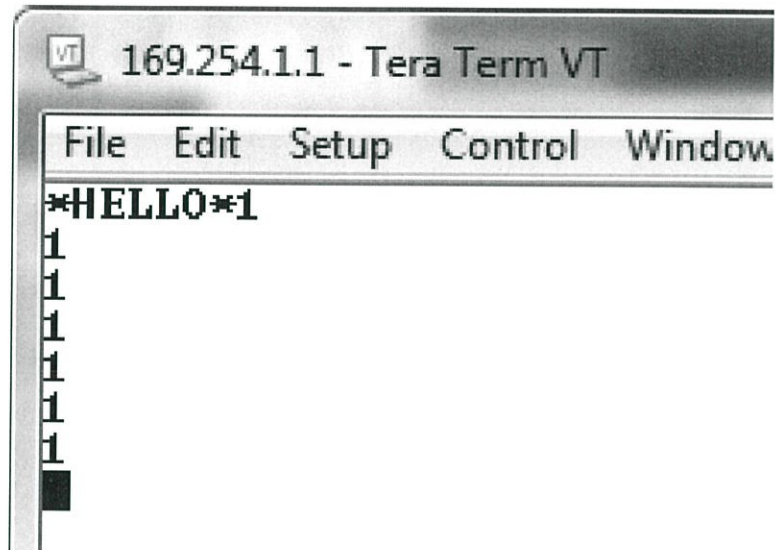


รูปที่ 4.16 ค่าความถี่ 2.5 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่อ่านจากโปรแกรม Tera Term

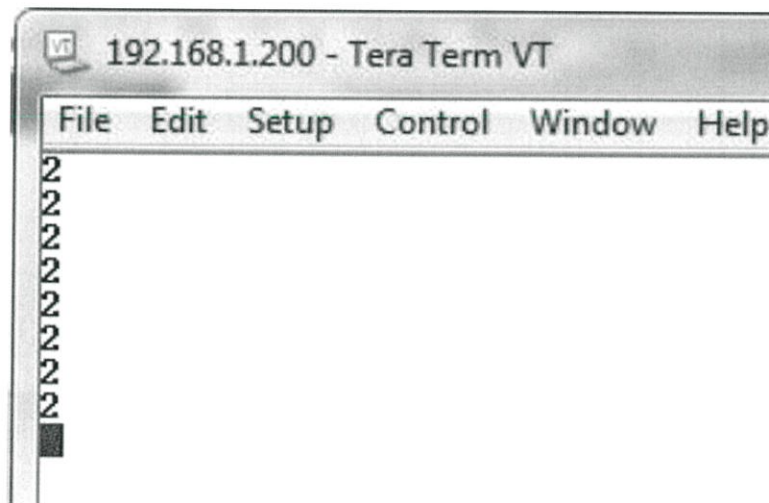
4.2.3 ทดสอบการรับค่าตำแหน่งให้แสดงผลผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

การทดลองในหัวข้อนี้จะทำการต่ออุปกรณ์ไวไฟ (Wi-Fi) เข้ากับวงจรโดยใช้พอร์ตอนุกรม RS232 เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูล จากนั้นไวไฟ (Wi-Fi) จะส่งข้อมูลตำแหน่งมาที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งลักษณะการสื่อสารเป็นการสื่อสารแบบทางเดียว

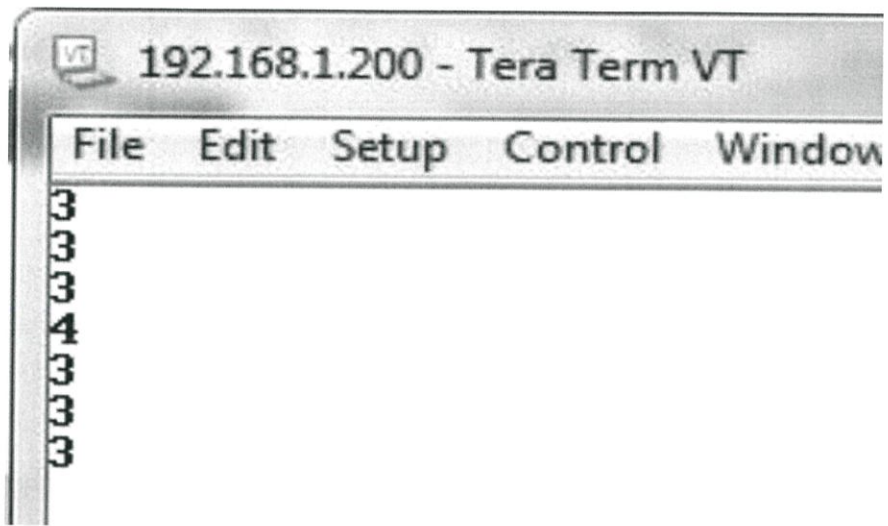
การทดลองได้ทำการทดลองส่งข้อมูลมาให้แสดงผลบนโปรแกรม Tera Term เพื่อตรวจสอบว่าสามารถส่งค่าตำแหน่งได้ถูกต้อง ผลการทดลองเป็นดังนี้



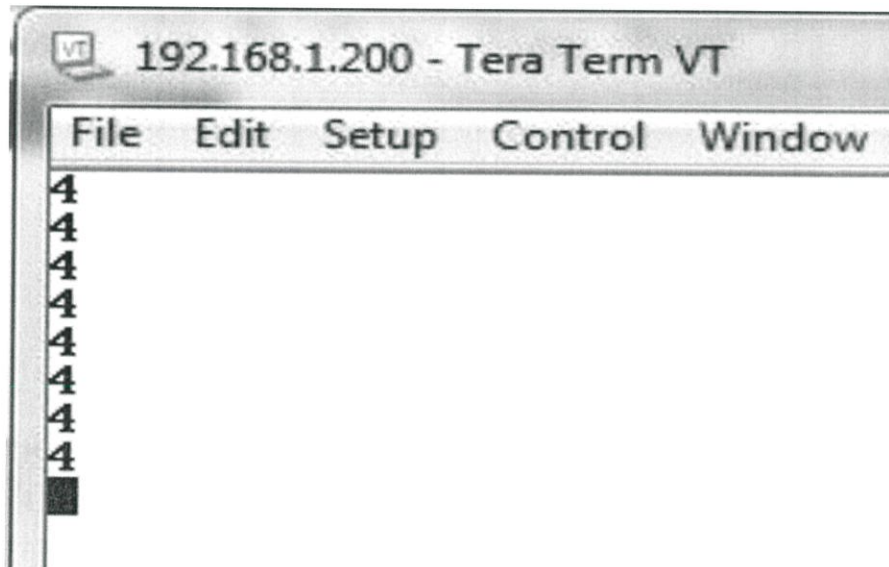
รูปที่ 4.17 แสดงค่าตำแหน่งที่ 1 บนโปรแกรม Tera Term



รูปที่ 4.18 แสดงค่าตำแหน่งที่ 2 บนโปรแกรม Tera Term

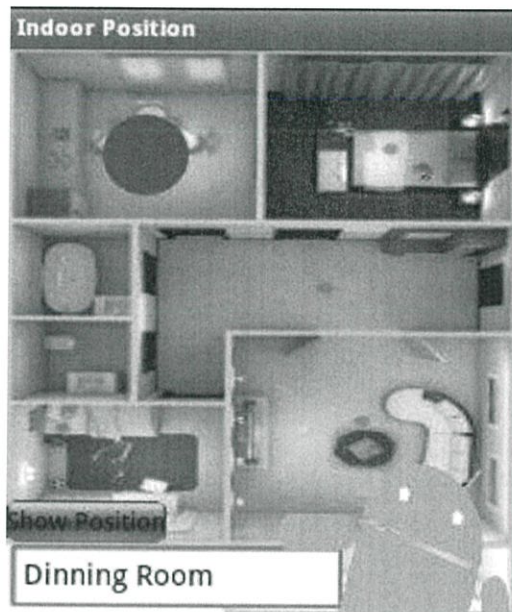


รูปที่ 4.19 แสดงค่าตำแหน่งที่ 3 บนโปรแกรม Tera Term

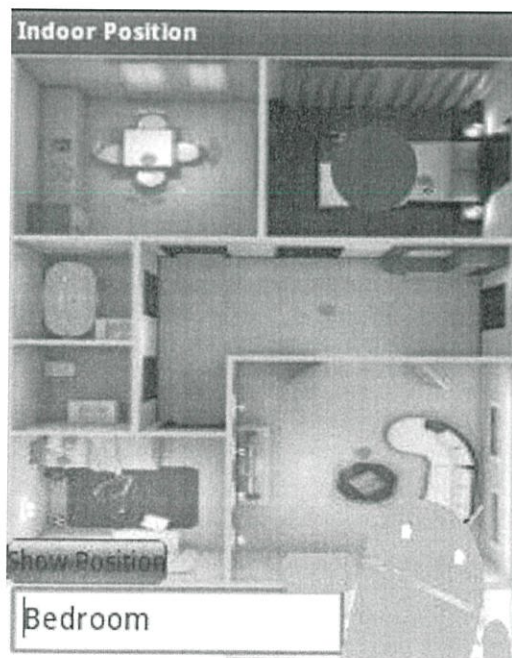


รูปที่ 4.20 แสดงค่าตำแหน่งที่ 4 บนโปรแกรม Tera Term

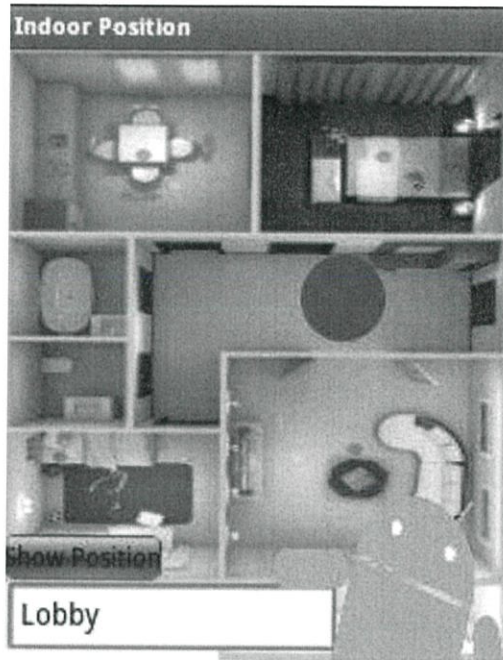
เมื่อทำการทดสอบแสดงผลข้อมูลตำแหน่งบนโปรแกรม Tera Term เรียบร้อยแล้ว ต่อมา จะทำการแสดงผลตำแหน่งบนแอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยสมาร์ทโฟนต้องทำการเชื่อมต่อ WiFly GSX ก่อน จากนั้นจึงรอรับค่าข้อมูลตำแหน่ง และแสดงผลชื่อห้อง ดังนี้



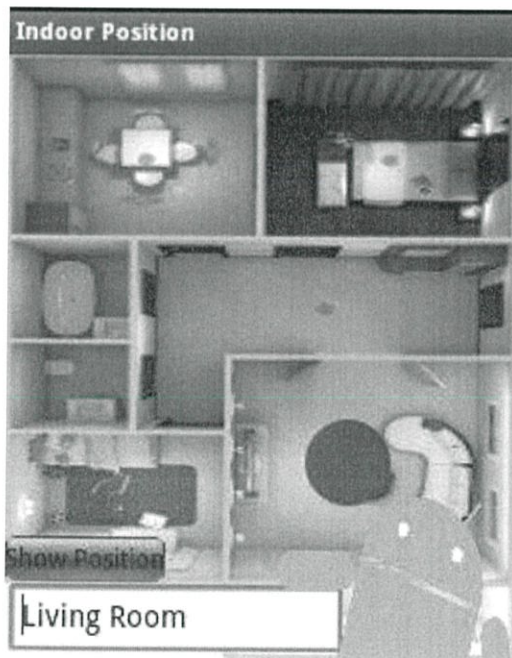
รูปที่ 4.21 รับข้อมูลมาจากตำแหน่งที่ 1
เมื่อกดปุ่ม Show Position จะแสดงตำแหน่งห้องรับประทานอาหาร



รูปที่ 4.22 รับข้อมูลมาจากตำแหน่งที่ 2
เมื่อกดปุ่ม Show Position จะแสดงตำแหน่งห้องนอน



รูปที่ 4.23 รับข้อมูลมาจากตำแหน่งที่ 3
เมื่อกดปุ่ม Show Position จะแสดงตำแหน่งห้องโถง



รูปที่ 4.24 รับข้อมูลมาจากตำแหน่งที่ 4
เมื่อกดปุ่ม Show Position จะแสดงตำแหน่งห้องนั่งเล่น

จากการทดลองพบว่า การรับข้อมูลจะมีความคลาดเคลื่อนบ้างเนื่องจากสภาพแวดล้อมและความสามารถในการรับสัญญาณของอุปกรณ์ที่ไม่มีความไวต่อกับจับสัญญาณมากพอ และเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างภาคส่งและภาครับมากขึ้น การตรวจจับความถี่ก็จะคลาดเคลื่อนมากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้ศึกษาและพัฒนาระบบการสื่อสารไร้สายผ่านแสงที่ตามองเห็นได้ โดยนำมาประยุกต์ใช้ในการติดตามบุคคลภายในอาคาร เช่น ติดตามตัวผู้พิการหรือติดตามเด็ก เพื่อป้องกันการเกิดการพลัดหลงกัน เนื่องจากในปัจจุบันอาคารส่วนใหญ่เปลี่ยนระบบไฟแสงสว่างเป็นแบบหลอดแอลอีดีสีขาว ซึ่งนอกจากจะใช้ไฟเป็นแสงสว่างแล้ว ยังใช้เป็นช่องทางการสื่อสาร เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สัญญาณความถี่วิทยุที่มีอย่างจำกัดและเรื่องข้อจำกัดเรื่องแบนด์วิธของระบบ

5.1 วิจัยารณ์ผลการทดลอง

จากการพัฒนาและทดลองระบบในสภาพแวดล้อมจริง ยังมีความผิดพลาดในเรื่องของการตรวจจับที่ระยะห่างเกินกว่า 1 เมตร ซึ่งอาจจะมาจากสาเหตุดังนี้

5.1.1 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์คือกำลังของแสงที่เปล่งจากหลอดแอลอีดีและความไวของตัวรับน้อยเกินไป

5.1.2 มุมของการรับและตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ ยังไม่มีความแม่นยำ

5.1.3 อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่เป็นสาเหตุของการสัญญาณรบกวนต่างๆ เช่น จากแสงจากภายนอก เป็นต้น

5.1.4 ความผิดพลาดในการมอดูเลตและดีมอดูเลต ทำให้การตรวจสอบตำแหน่งไอดีไม่ถูกต้อง

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 ความไวของอุปกรณ์ไม่ดีพอที่จะสามารถรับสัญญาณได้

5.2.2 เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นค่าตำแหน่งที่รับได้จะคลาดเคลื่อนบ้าง

5.2.3 การทดลองนี้สามารถนำไปใช้งานได้ดีกับการระบุตำแหน่งในห้องต่างๆ ภายในอาคาร

5.2.4 การรับค่าสัญญาณของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นั้นยังไม่เสถียรพอ ซึ่งบางครั้งไม่สามารถรับค่าได้จึงต้องพัฒนาต่อไปในส่วนการทำงาน

5.3 แนวทางในการพัฒนา

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการนำแสงที่ตามองเห็นได้มาช่วยในการระบุตำแหน่งภายในอาคาร มีการทดลองกับสภาพแวดล้อมจริง พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างภาคส่งที่ใช้หลอดแอลอีดีกับภาครับที่ใช้โฟโต้ไดโอดมากกว่า 1.5 เมตร ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณจะลดน้อยลง ดังนั้นหากจะพัฒนาต่อไปควรจะคำนึงถึง การวัดมุมหรือบีมของแสง การตรวจจับสัญญาณของวงจรถ่ายการวิเคราะห์ระยะห่างระหว่างวงจรถ่ายภาคส่งและภาครับ และผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

บรรณานุกรม

- [1] อนุโรจน์ นันทิวัดทอง. อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://202.143.156.146/~bse/4_2electronic_device/4_2_1fixed_resistor.html. (วันที่ค้นข้อมูล : 25 มิถุนายน 2556).
- [2] สุวัฒน์ หนูคีรี. มอสเฟต. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=902.0>. (วันที่ค้นข้อมูล : 10 กรกฎาคม 2556).
- [3] แสงและการมองเห็น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://sites.google.com/site/karsxngswang/saeng-laea-kar-mxng-hen>. (วันที่ค้นข้อมูล : 20 กรกฎาคม 2556).
- [4] ณิชกุลพล วงศ์สุนทรชัย และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. **เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628**. กรุงเทพฯ : อินโนเวติฟ เอ็กเพอริเมนต์, ม.ป.ป.
- [5] อีทีที. **คู่มือการใช้งาน ET-BASE PIC16F628 V1**. [ซีดี - รมม]. กรุงเทพฯ : อีทีที.
- [6] พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. **คู่มือเขียนแอฟ Android สำหรับผู้เริ่มต้น**. กรุงเทพฯ : โปริวิชั่น, 2555.
- [7] ณิชกุลนิชา วีระมงคลเลิศ, พงษ์ศธร จันทร์ยอย, และจักรชัย โสอินทร์. **Android App Development ฉบับสมบูรณ์**. นนทบุรี : ไอทีซี พรีเมียร์, 2555.
- [8] 1W High Power LED. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.wayjun.com/DatasheetLed/1W%20High%20Power%20LED.pdf>. (วันที่ค้นข้อมูล : 6 ธันวาคม 2557).
- [9] **คู่มือดูขาไอซีฉบับฉับไว**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2540.
- [10] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. **PIC Microcontroller Learning-By-Doing ด้วยภาษา C ฉบับรวมเครื่องโปรแกรมและอุปกรณ์ครบชุด**. กรุงเทพฯ : สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2550.
- [11] กฤษดา ใจเย็น, อรรถพล บุญยะโกคา และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. **เรียนรู้และปฏิบัติการ เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม**. กรุงเทพฯ : อินโนเวติฟ เอ็กเพอริเมนต์, ม.ป.ป.
- [12] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. **เรียนรู้การออกแบบและจำลองการทำงานของวงจรด้วย Proteus**. กรุงเทพฯ : สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2555.
- [13] นัฐพงษ์ ชาวโคกขี และปณณวัฒน์ พรพิพัฒน์พงศ์. **การศึกษาวิเคราะห์สัญญาณดาวเทียม ย่านความถี่ KU Band**. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555
- [14] วรเศรษฐ์ สุวรรณิก และทศพล ธนะทิพานนท์. **เขียนโปรแกรม Java เบื้องต้น J2SE 5.0**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2549.
- [15] อีทีที. **ET-WiFly GSX**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.ett.co.th/prod2011/WiFLY/man-ET-WiFly%20GSX.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 ธันวาคม 2556).
- [16] Canvas. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://developer.android.com/reference/android/graphics/Canvas.html>. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 ธันวาคม 2556).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [17] อุปกรณ์โฟโต้แบบต่างๆ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_electronics/wiki/b86ff/. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 ธันวาคม 2556).
- [18] ประจัน พลังสันติกุล. ALL ABOUT CCS C: PIC C Programming กับ CCS C คอมไพเลอร์. กรุงเทพฯ : แอปซอพท์เทค, 2553.
- [19] Android OS News, download, tutorials. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.helloandroid.com/tutorials>. (วันที่ค้นข้อมูล : 2 ธันวาคม 2556).
- [20] Visible Light Communications. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://visiblelightcomm.com/>. (วันที่ค้นข้อมูล : 6 ธันวาคม 2556).

ภาคผนวก ก.
โปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมวงจรรภาคส่ง

โปรแกรมภาษาซีสำหรับวงจรรภาคส่ง

หลอดแอลอีดีมีความถี่ในการกระพริบ 1 kHz

```
#include <16F628A.h>

#use delay(clock=4000000)

#fuses XT,PUT,BROWNOUT,MCLR,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP

#define OUTPUT    PIN_B4

void setport(void){

    output_a(0);

    output_b(0);

    set_tris_a(0B11111111);

    set_tris_b(0B01101111);

}

void main(){

    setport();

    while(true){

        output_bit(OUTPUT,1);

        delay_us(500);

        output_bit(OUTPUT,0);

        delay_us(500);

    } }

}
```

หลอดแอลอีดีที่มีความถี่ในการกระพริบ 1.5 kHz

```
#include <16F628A.h>

#use delay(clock=4000000)

#fuses XT,PUT,BROWNOUT,MCLR,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP

#define OUTPUT    PIN_B4

void setport(void){

    output_a(0);

    output_b(0);

    set_tris_a(0B11111111);

    set_tris_b(0B01101111);

}

void main(){

    setport();

    while(true){

        output_bit(OUTPUT,1);

        delay_us(333);

        output_bit(OUTPUT,0);

        delay_us(333);

    }

}
```

หลอดแอลอีดีที่มีความถี่ในการกระพริบ 2 kHz

```
#include <16F628A.h>

#use delay(clock=4000000)

#fuses XT,PUT,BROWNOUT,MCLR,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP

#define OUTPUT    PIN_B4

void setport(void){

    output_a(0);

    output_b(0);

    set_tris_a(0B11111111);

    set_tris_b(0B01101111);

}

void main(){

    setport();

    while(true){

        output_bit(OUTPUT,1);

        delay_us(250);

        output_bit(OUTPUT,0);

        delay_us(250);

    }

}
```

หลอดแอลอีดีมีความถี่ในการกระพริบ 2.5 kHz

```
#include <16F628A.h>

#use delay(clock=4000000)

#fuses XT,PUT,BROWNOUT,MCLR,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP

#define OUTPUT    PIN_B4

void setport(void){

    output_a(0);

    output_b(0);

    set_tris_a(0B11111111);

    set_tris_b(0B01101111);

}

void main(){

    setport();

    while(true){

        output_bit(OUTPUT,1);

        delay_us(200);

        output_bit(OUTPUT,0);

        delay_us(200);

    }

}
```

ภาคผนวก ข.
โปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมวงจรถ่ายภาพ

โปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมวงจรรภาครับ

```
#include <16F628A.h>
#fuses INTRC_IO, NOLVP, NOWDT, PUT, BROWNOUT,MCLR,
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=9600, xmit=pin_B2, rcv=pin_B1)

float time1,time2; // time1,time2 is floating point number
BOOLEAN hook_cpp1, HookRise;
#int_ccp1
void capture_isr()
{
    if(HookRise)
    {
        time1 = get_timer1();
        HookRise = FALSE;
    }
    else
    {
        time2 = get_timer1();
        HookRise = TRUE;
        hook_cpp1 = FALSE;
    }
}

void InitialChip(void)
{
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
}

void check (float f)

{
    if(f>=40&&f<=70)
    {
        printf("1\n\r");
    }
}
```

```

        else if(f>70&&f<=100)
        {
            printf("2\n\r");
        }
        else if(f>100&&f<=140)
        {
            printf("3\n\r");
        }
        else if(f>140&&f<=200)
        {
            printf("4\n\r");
        }
        putc(getc());

    }
float T;
int i;
void main(void)
{
    InitialChip();
    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);
    for(i=0;i<1;i++)
    {
        delay_ms(1000);
        HookRise=TRUE;
        hook_cpp1=TRUE;
        setup_ccp1(CCP_CAPTURE_DIV_16);
        enable_interrupts(INT_CCP1);
        enable_interrupts(GLOBAL);
        set_timer1(0);
        while(hook_cpp1==TRUE);
        setup_ccp1(CCP_OFF);
        disable_interrupts (GLOBAL);
        T = 1/((time2-time1)*8*1000*0.000000001);
        check(T);
    }
}

```

ภาคผนวก ค.

โปรแกรมภาษาจาวาสำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

โปรแกรมภาษาจาวาสำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1. คลาส Client ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับ WiFly GSX โดยจะใช้ Socket ในการกำหนด IP Address และ Port ของ WiFly GSX จากนั้นจะรอรับข้อความจากไมโครคอนโทรลเลอร์

```
package com.example.project;

import android.util.Log;
import java.io.*;
import java.net.Socket;

public class Client {

    private String Message;
    public static final String ServerIP = "192.168.1.200";
    public static final int ServerPort = 2000;
    private OnMessageReceived MessageListener = null;
    private boolean go = false;
    BufferedReader in;

    public Client(OnMessageReceived listener) {
        MessageListener = listener;
    }

    public void stopClient(){
        go = false;
    }

    public void run() {

        go = true;

        try {

            Socket socket = new Socket(ServerIP, ServerPort);

            try {
```

```
in = new BufferedReader(new InputStreamReader(socket.getInputStream()));
```

```
    while (go) {  
        Message = in.readLine();  
  
        if (Message != null && MessageListener != null) {  
  
            MessageListener.msgReceive(Message);  
        }  
        Message = null;  
    }
```

```
        Log.e("RESPONSE FROM SERVER", "Input: " + Message + "");
```

```
    } catch (Exception e) {
```

```
        Log.e("TCP", "S: Error", e);
```

```
    } finally {
```

```
        socket.close();
```

```
    }
```

```
    } catch (Exception e) {
```

```
        Log.e("TCP", "C: Error", e);
```

```
    }
```

```
}
```

```
public interface OnMessageReceived {
```

```
    public void msgReceive(String message);
```

```
}
```

```
}
```

2. Class MainActivity แสดงหน้าหลักของแอป ใ้ค้ดส่วน Activity ของ homepage และ กำหนด event ให้แก่ฟังก์ชันต่างๆ

```
package com.example.project;

import android.app.Activity;
import android.content.Intent;
import android.graphics.Color;
import android.widget.Button;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.view.View.OnClickListener;

public class MainActivity extends Activity {

    @Override
    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);

        Button btn = (Button)findViewById(R.id.Button1);
        btn.setTextColor ( Color.WHITE );
        btn.setOnClickListener(new OnClickListener() {
            public void onClick(View v) {
                Intent intent = new Intent(getApplicationContext(), led.class);
                startActivity(intent);
            }
        });

        Button btnex = (Button)findViewById(R.id.Button2);
        btnex.setTextColor ( Color.WHITE );
        btnex.setOnClickListener(new OnClickListener() {
            public void onClick(View v) {
                finish();
                System.exit(0);
            }
        });
    }
}
```

โค้ดออกแบบหน้าจอ homepage

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:layout_width="fill_parent"
    android:layout_height="fill_parent"
    android:orientation="vertical"

    >
```

```
<ImageView
    android:id="@+id/imageView1"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_alignParentLeft="true"
    android:layout_alignParentTop="true"
    android:scaleType="fitXY"
    android:src="@drawable/wall" />
```

```
<ImageView
    android:id="@+id/imageView2"
    android:layout_width="220dp"
    android:layout_height="200dp"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:layout_marginBottom="36dp"
    android:src="@drawable/tyt" />
```

```
<Button
    android:id="@+id/Button2"
    android:layout_width="120dp"
    android:layout_height="50dp"
    android:layout_above="@+id/imageView2"
    android:layout_alignParentRight="true"
    android:layout_marginBottom="67dp"
    android:layout_marginRight="26dp"
    android:background="@drawable/redd"
    android:text="Exit" />
```

```

<Button
    android:id="@+id/Button1"
    style="@color/lime"
    android:layout_width="120dp"
    android:layout_height="50dp"
    android:layout_alignBaseline="@+id/Button2"
    android:layout_alignBottom="@+id/Button2"
    android:layout_marginRight="25dp"
    android:layout_toLeftOf="@+id/Button2"
    android:background="@drawable/gr"
    android:text="Connect" />

```

```
</RelativeLayout>
```

3. โค้ดที่ทำหน้าที่ในการรับข้อความของไมโครคอนโทรลเลอร์จากคลาส Client แล้วนำข้อความนี้ไปแสดงผลเป็นตัวเลข

```

package com.example.project;

import android.app.Activity;
import android.content.Intent;
import android.graphics.Color;
import android.os.AsyncTask;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.view.View.OnClickListener;
import android.widget.Button;
import android.widget.EditText;
import android.widget.TextView;

public class led extends Activity
{

    private Client TcpClient;
    protected static EditText text;

```

```

protected TextView freq;

@Override
public void onCreate(Bundle savedInstanceState)
{
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.led);

    text = (EditText)findViewById(R.id.editText1);
    freq = (TextView)findViewById(R.id.textView1);
    freq.setTextColor(Color.YELLOW);
    text.setText("Indoor Location");

    Button btn = (Button)findViewById(R.id.bt_circle);
    btn.setTextColor ( Color.WHITE );
    btn.setOnClickListener(new OnClickListener() {

        public void onClick(View v) {

            Intent i = new Intent(led.this,Draw.class);
            i.putExtra("Message", freq.getText().toString() );
            startActivity(i);
        }
    });
    new connectTask().execute("");
}

public class connectTask extends AsyncTask<String,String,Client> {

    @Override
    protected Client doInBackground(String... message) {

        TcpClient = new Client(new Client.OnMessageReceived() {

            public void msgReceive (String message) {

```

```

        publishProgress(message);
    }
});
TcpClient.run();

return null;
}

protected void onProgressUpdate(String... values) {

    super.onProgressUpdate(values);
    freq .setText(values[0]);
}

}
}

```

4. โค้ดที่แสดงผลตำแหน่งเป็นจุดวงกลมตามข้อมูลตำแหน่งที่ได้รับมาจากคลาส `package com.example.project;`

```

import android.app.Activity;
import android.content.Context;
import android.content.Intent;
import android.graphics.Canvas;
import android.graphics.Color;
import android.graphics.Paint;
import android.os.Bundle;
import android.text.InputType;
import android.view.View;
import android.widget.EditText;
import android.widget.RelativeLayout;
import android.widget.TextView;

public class Draw extends Activity{
    protected static String pass;
    protected static float x ;
    protected static float y ;

```

```

protected Integer num;
protected TextView freq ;
protected EditText text;

protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {

    super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.led);
    freq = (TextView)findViewById(R.id.textView1);
    text = (EditText)findViewById(R.id.editText1);
    Intent intent = getIntent();
    pass = intent.getStringExtra("Message");
        freq.setTextColor(Color.YELLOW);
        freq.setText(pass);
        freq.setInputType(InputType.TYPE_CLASS_NUMBER);

        room();
}

private void room() {

    int num = Integer.parseInt(pass);

    if(num == 1){
        x = 64;
        y = 53;
        text.setText("Dinning Room");
    }
    else if(num == 2 ){
        x = 170;
        y = 53;
        text.setText("Bedroom");
    }
    else if(num == 3){
        x = 160;
        y = 115;
        text.setText("Lobby");
    }
}

```

```

else if(num == 4){
    x = 160;
    y = 190;
        text.setText("Living Room");

}
else{
    x = 190;
    y = 265;
}

RelativeLayout main = (RelativeLayout) findViewById(R.id.linlay);
main.addView(new Ball(this,x,y));
}}

class Ball extends View {
    private final float x2;
    private final float y2;

    private final Paint mPaint = new Paint(Paint.ANTI_ALIAS_FLAG);

    public Ball(Context context, float x2,float y2) {
        super(context);
        mPaint.setColor(0xFFFF0000);

        this.x2 = x2;
        this.y2 = y2;
    }

    protected void onDraw(Canvas canvas) {

        super.onDraw(canvas);
        canvas.drawCircle(x2, y2, 20, mPaint);

    }

}}

```

โค้ดออกแบบหน้าจอคลาส led และคลาส draw

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:id="@+id/linlay"
    style="@color/yellow"
    android:layout_width="fill_parent"
    android:layout_height="fill_parent"
    android:background="@drawable/rm"
    android:orientation="vertical" >
```

<EditText

```
    android:id="@+id/editText1"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_alignParentLeft="true"
    android:ems="10" />
```

<ImageView

```
    android:id="@+id/imageView1"
    android:layout_width="150dp"
    android:layout_height="120dp"
    android:layout_alignParentBottom="true"
    android:layout_alignParentRight="true"
    android:scaleType="fitXY"
    android:src="@drawable/android" />
```

<TextView

```
    android:id="@+id/textView1"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_above="@+id/editText1"
    android:layout_alignParentLeft="true"
    android:text=""
    android:textAppearance="?android:attr/textAppearanceSmall"
    android:textColorHint="@color/yellow" />
```

```
<Button
    android:id="@+id/bt_circle"
    style="@color/silver"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_above="@+id/textView1"
    android:layout_alignParentLeft="true"
    android:background="@drawable/bl"
    android:text="@string/led"
    android:textColorHint="@color/purple" />
```

```
</RelativeLayout>
```

ภาคผนวก ง.

ข้อมูลและคุณสมบัติต่างๆ ของอุปกรณ์ (Datasheet)

15MHz, BiMOS Operational Amplifier with MOSFET Input/CMOS Output

CA3130A and CA3130 are op amps that combine the advantage of both CMOS and bipolar transistors.

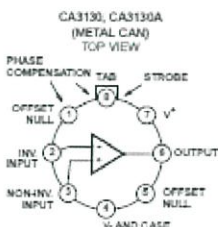
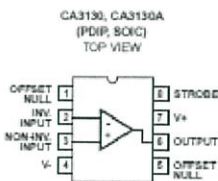
Gate-protected P-Channel MOSFET (PMOS) transistors are used in the input circuit to provide very-high-input impedance, very-low-input current, and exceptional speed performance. The use of PMOS transistors in the input stage results in common-mode input-voltage capability down to 0.5V below the negative-supply terminal, an important attribute in single-supply applications.

A CMOS transistor-pair, capable of swinging the output voltage to within 10mV of either supply-voltage terminal (at very high values of load impedance), is employed as the output circuit.

The CA3130 Series circuits operate at supply voltages ranging from 5V to 18V, ($\pm 2.5V$ to $\pm 8V$). They can be phase compensated with a single external capacitor, and have terminals for adjustment of offset voltage for applications requiring offset-null capability. Terminal provisions are also made to permit strobing of the output stage.

The CA3130A offers superior input characteristics over those of the CA3130.

Pinouts



Features

- MOSFET Input Stage Provides:
 - Very High $Z_i = 1.5 T\Omega$ ($1.5 \times 10^{12}\Omega$) (Typ)
 - Very Low I_i $5pA$ (Typ) at 15V Operation
 - $2pA$ (Typ) at 5V Operation
- Ideal for Single-Supply Applications
- Common-Mode Input-Voltage Range Includes Negative Supply Rail; Input Terminals can be Swung 0.5V Below Negative Supply Rail
- CMOS Output Stage Permits Signal Swing to Either (or both) Supply Rails

Applications

- Ground-Referenced Single Supply Amplifiers
- Fast Sample-and-Hold Amplifiers
- Long-Duration Timers/Monostables
- High-Input-Impedance Comparators (Ideal Interface with Digital CMOS)
- High-Input-Impedance Wideband Amplifiers
- Voltage Followers (e.g. Follower for Single-Supply D/A Converter)
- Voltage Regulators (Permits Control of Output Voltage Down to 0V)
- Peak Detectors
- Single-Supply Full-Wave Precision Rectifiers
- Photo-Diode Sensor Amplifiers

Ordering Information

PART NO. (BRAND)	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKQ. NO.
CA3130AE	-55 to 125	8 Ld PDIP	E8.3
CA3130AM (3130A)	-55 to 125	8 Ld SOIC	M8.15
CA3130AM06 (3130A)	-55 to 125	8 Ld SOIC Tape and Reel	M8.15
CA3130AT	-55 to 125	8 Pin Metal Can	T8.C
CA3130E	-55 to 125	8 Ld PDIP	E8.3
CA3130M (3130)	-55 to 125	8 Ld SOIC	M8.15
CA3130M06 (3130)	-55 to 125	8 Ld SOIC Tape and Reel	M8.15
CA3130T	-55 to 125	8 Pin Metal Can	T8.C

CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures. 1-800-INTERSIL or 321-724-7143 | Copyright © Intersil Corporation 1998

5.6A, 100V, 0.540 Ohm, N-Channel Power MOSFET

This N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor is an advanced power MOSFET designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17441.

Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRF510	TO-220AB	IRF510

NOTE: When ordering, include the entire part number.

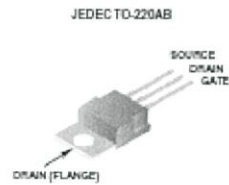
Features

- 5.6A, 100V
- $r_{DS(ON)} = 0.540\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA Is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
 - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Symbol



Packaging



P2N2222A

Amplifier Transistors

NPN Silicon

Features

- Pb-Free Packages are Available*

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V _{CE0}	40	Vdc
Collector-Base Voltage	V _{CB0}	75	Vdc
Emitter-Base Voltage	V _{EB0}	6.0	Vdc
Collector Current - Continuous	I _C	500	mAdc
Total Device Dissipation @ T _A = 25°C Derate above 25°C	P _D	505 5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ T _C = 25°C Derate above 25°C	P _D	1.5 12	W mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T _C , T _{stg}	-55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	R _{θJA}	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	R _{θJC}	53.3	°C/W

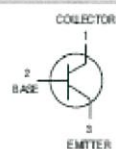
Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.



ON Semiconductor™

<http://onsemi.com>



TO-92
(TO-255AA)
GAGE 09-11
STYLE 17

MARKING DIAGRAM



- P2N2 = Device Code
- 222A = Specific Device
- A = Assembly Location
- Y = Year
- WW = Work Week
- = Pb-Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping†
P2N2222A	TO-92	5000 Units / Bulk
P2N2222A/D	TO-92 (Pb-Free)	5000 Units / Bulk
P2N2222A/RL1	TO-92	2000 / Tape & Ammo
P2N2222A/RL1/D	TO-92 (Pb-Free)	2000 / Tape & Ammo
P2N2222A/ZL1	TO-92	2000 / Tape & Reel
P2N2222A/ZL1/D	TO-92 (Pb-Free)	2000 Units / Tube

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specification Brochure, BRD8011/D.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2008
March, 2008 – Rev. 3

1

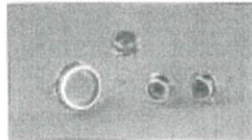
Publication Order Number:
P0N2255A/D

Silicon Photodetectors

Series E

CYC RESPONSE DETECTORS

General Series E photodetectors use the standard silicon Si die together with high quality glass window covering them. The resulting low cost silicon detectors are the most widely used silicon detectors for general utility applications.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

	Max. Rating
DC Reverse Voltage	75V
Peak Pulse Current (1 us, 1% duty cycle)	200mA
Peak D-C Current	100mA
Storage Temperature Range	-55°C to +100°C
Operating Temperature Range	-55°C to +75°C
Soldering Temperature for 5 seconds max.	300°C

Figure 1: Typical Quantum Response
for most energy detectors

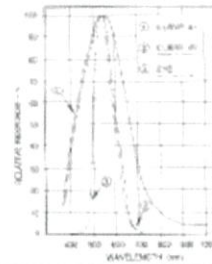
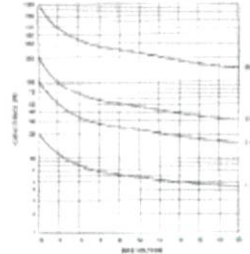


Figure 2: Typical Capacitance versus
Bias Voltage for a given Detector area



22

Tel: 01689 808022
Fax: 01689 845117

Silicon Photodetectors

Series E

Electrical / Optical Specifications

Characteristics measured at 25 °C, V_{CE} = 5V, I_{CE} = 100 nA, unless otherwise stated.
 *Typical Parameters measured at 170nm

Single Elements

Type No.	Active Area		Responsivity		Dark Current (V _{CE} = 5V)		Capacitance (V _{CE} = 5V)		Rise Time		Spectral Response		Package	
	mm	mm	A/W	µA/W	nA	nA	pF	pF	ns	ns	nm	nm		
OSD1-E	1	1.12 x 0.62	1.8	2	2	0.8	3.0 x 10 ⁻¹¹	25	6	130	1300	1	7	1
OSD3-E	3	3.12 x 1.9	4	5	5	1	3.0 x 10 ⁻¹¹	52	20	80	1300	1	8	1
OSD5-E	5	5.22 x 3.0	5	7.5	10	2	3.0 x 10 ⁻¹¹	130	30	40	1300	1	8	2
OSD7.5-E	7.5	7.71 x 4.2	5	11	10	2	2.7 x 10 ⁻¹¹	130	40	30	1300	1	10	2
OSD15-E	15	15.8 x 8.8	18	22	10	2	2.2 x 10 ⁻¹¹	380	60	20	1300	1	12	2
OSD30-E	30	30.8 x 18.0	20	30	20	1.8	1.9 x 10 ⁻¹¹	1300	100	10	1300	1	15	2
OSD60-E	60	61.6 x 36.0	18	35	30	1.5	1.3 x 10 ⁻¹¹	1300	210	1	1300	2	30	2
OSD120-E	120	123.2 x 72.0	18	40	50	1.0	1.2 x 10 ⁻¹¹	1300	320	1	1300	2	40	2

Note: In addition to the normal P-N junction, CMOS can include any other devices in this technology with optical fibre circuit facility ready for more information.

Unit Conversion Table for Illuminance

The Series E photodiodes have been chosen to provide a photopic response. This can be used as low cost illuminance detectors for many instrument and industrial applications. The following table provides useful conversion factors for various illuminance units.

lux	(µW/cm ²)	foot-candle	W/m ² per square centimetre
1	1.00 x 10 ⁻⁶	0.29 x 10 ⁻²	1.0 x 10 ⁻⁴
1.00 x 10 ³	1	0.29 x 10 ¹	1.0 x 10 ³
1.00 x 10 ⁶	1.00 x 10 ³	1	1.0 x 10 ⁶
2.0 x 10 ⁷	2.0 x 10 ⁴	1.2 x 10 ²	2

* Total irradiance measured within the CIE standard eye area of 30°

High power versions of these photodiodes products generally available from stock.

