สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โทรศัพท์บ้านไร้สายด้วยช่องสัญญาณบลูทูธบนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา

WIRELESS HOME TELEPHONE NETWORK OVER BLUETOOTH TECHNOLOGY ON PORTABLE COMPUTER

T119255

โดย

นายกรวี เตชะโพธิวรคุณ

นายกฤตพล ประสพสุทธ์

นางสาวคณิตตา โลไชสง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119255
วัน,เดือน,ปี - 6 ธ.ค. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์บ้านไร้สายด้วยช่องสัญญาณบลูทูธบนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา

WIRELESS HOME TELEPHONE NETWORK OVER BLUETOOTH TECHNOLOGY ON PORTABLE COMPUTER

โดย

นายกรวี	เตชะโพธิวรคุณ	50010032
นายกฤตพล	ประสพสุทธ์	50010037
นางสาวคณิตตา	โลไชสง	50010163

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โทรศัพท์บ้านไร้สายด้วยช่องสัญญาณบลูทูธบนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา

WIRELESS HOME TELEPHONE NETWORK OVER BLUETOOTH TECHNOLOGY ON PORTABLE COMPUTER

ผู้จัดทำ

1. นายกรวี เตชะโพธิวรคุณ 50010032
2. นายกฤตพล ประสพสุทธ์ 50010037
3. นางสาวคณิตตา โลไชยสง 50010163

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ปราโมทย์ วงศ์เขียน

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยอย่างดี ทั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน และรศ.ดร. จีรสุดา โกษียาภรณ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อคิดแนวทางต่างๆ จนการทำงานประสบผลสำเร็จ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ในห้องโปรเจค สำหรับคำแนะนำ ความช่วยเหลือ และกำลังใจที่มีให้เสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายกรวี เตชะโพธิวรคุณ
นายกฤตพล ประสพสุทธ์
นางสาวคณิตตา โลไชสง
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัทพ์บ้านไร้สายด้วยช่องสัญญาณบลูทูธบนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา
WIRELESS HOME TELEPHONE NETWORK OVER BLUETOOTHTECHNOLOGY ON PORTABLE COMPUTER

โดย นายกรวี เตชะโพธิวรคุณ 50010032
นายกฤตพล ประสพสุทธ์ 50010037
นางสาวคณิตตา โลไชสง 50010163

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปราโมทย์ ปราโมทย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร. จีรสุดา โกษียาภรณ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอ การสร้างโทรศัพท์บ้านไร้สายด้วยช่องสัญญาณบลูทูธบนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา โดยองค์ประกอบหลักๆของโครงงานคือ ส่วนเชื่อมต่อโทรศัพท์บ้าน ไมโครคอนโทรลเลอร์ บลูทูธดีไวซ์และคอมพิวเตอร์พกพา ซึ่งคอมพิวเตอร์พกพาจะทำตัวเสมือนเป็นเครื่องลูกแบบไร้สายโดยช่องสัญญาณบลูทูธจะถูกนำมาใช้เป็นช่องสัญญาณสื่อสารระหว่างเครื่องลูก (คือคอมพิวเตอร์พกพา) กับอุปกรณ์ฐาน (วงจรA/D, วงจร D/A และวงจรบลูทูธ) ซึ่งจะเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์บ้าน โดยคอมพิวเตอร์พกพาสามารถทำการรับสายเรียกเข้าและโทรออกได้

ABSTRACT

This project presents the wireless home telephone network over Bluetooth technology on portable computer with the main components; interface equipment to home phone, microcontroller, Bluetooth device and portable computer. The portable computer will act as the wireless-client where bluetooth channel is used to connect between the client and to the base equipment (A/D circuit, D/A circuit and Bluetooth circuit) connected with the home telephone system. The portable computer is capable to receive incoming call and make outgoing call.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		III
สารบัญรูป		V
สารบัญตาราง		VIII
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	**3**
	2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	3
	2.2 สัญญาณพื้นฐาน	7
	2.3 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์	9
	2.4 บลูทูธ (BLUETOOTH)	10
	2.5 การสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม (SERIAL PORT)	24
	2.6 การรับส่งข้อมูล (TRANSMISSION MODE)	26
	2.7 รีเลย์ (RELAY)	27
	2.8 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ANALOG TO DIGITAL CONVERTER: A/D) และการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (DIGITAL TO ANALOG CONVERTER: D/A)	29
	2.9 วงจรกรองความถี่ (FILTERS)	32
	2.10 วงจรขยายสัญญาณ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์**	**38**
	3.1 การออกแบบ	38
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	49
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	49
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	**50**
	4.1 ผลการทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	50
	4.2 ผลการทดลองวงจรยกหูและวางหูโทรศัพท์	53
	4.3 ผลการทดลองวงจรยกระดับสัญญาณ	55
	4.4 ผลการทดลองวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	56
	4.5 ผลการทดลองวงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์	57
	4.6 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	58
	4.7 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก	19
	4.8 ผลการทดลองส่งสัญญาณเสียงเพลงผ่านช่องสัญญาณบลูทูธ	60
	4.9 ผลการทดลองส่งสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์บ้านผ่านช่องสัญญาณบลูทูธ	60
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	**62**
	5.1 สรุปผล	62
	5.2 ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม		**64**
ภาคผนวก	**โปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน**	**65**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 โครงสร้างการสื่อสารภายในบ้านผ่านระบบสื่อสารบลูทูธ 12
2.2 สัญลักษณ์ของบลูทูธ 13
2.3 การเชื่อมต่อแบบพอยท์ทูพอยท์ 16
2.4 การเชื่อมต่อแบบพอยท์ทูมัลติพอยท์ 16
2.5 วงพิโคเน็ตที่มีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ 8 ตัว 17
2.6 วงพิโคเน็ต 2 วงมาเชื่อมต่อกันเป็นสแกทเทอร์เน็ต 18
2.7 เทคนิคการกระโดดข้ามทางความถี่ 22
2.8 องค์ประกอบของสัญญาณบลูทูธ 22
2.9 บล็อกไดอะแกรมการรับส่งข้อมูลผ่านบลูทูธ 24
2.10 การส่งผ่านทิศทางเดียว 25
2.11 การส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน 25
2.12 การส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน 25
2.13 รูปแบบการรับส่งข้อมูล 26
2.14 ซิงโครนัส 27
2.15 อะซิงโครนัส 27
2.16 รีเลย์ และ สัญลักษณ์ของรีเลย์ 27
2.17 แสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์ 28
2.18 ด้านล่างของรีเลย์จะแสดงตำแหน่งขา และด้านบนจะแสดงรายละเอียดการใช้งาน 28
2.19 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านลำดับที่ 1 34
2.20 โครงสร้างพื้นฐานของออปแอมป์ 35
2.21 ลักษณะของขาที่ใช้งานของออปแอมป์ 36
3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน 38
3.2 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง 39
3.3 วงจรยกหูและวางหูโทรศัพท์ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.4 วงจรยกระดับสัญญาณ 41
3.5 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านลำดับที่ 1 42
3.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล 43
3.7 วงจรอาร์ทูอาร์แลดเดอร์ 44
3.8 วงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์ 44
3.9 โฟว์ชาร์ตแสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ 45
3.10 โฟว์ชาร์ตแสดงการตัดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ 46
3.11 โฟว์ชาร์ตแสดงสถานะออนฮุคของโทรศัพท์บนคอมพิวเตอร์พกพา 47
3.12 โฟว์ชาร์ตแสดงสถานะออฟฮุคของโทรศัพท์บนคอมพิวเตอร์พกพา 47
3.13 โฟว์ชาร์ตแสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการยกหูวางหูโทรศัพท์ 48
เปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตและอินพุตจากวงจรโมโนสเตเบิล
4.1 เปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตและอินพุตจากวงจรโมโนสเตเบิล 50
4.2 สัญญาณกระดิ่ง 51
4.3 เปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตจากออปโต้คอปเปอร์กับสัญญาณกระดิ่ง 51
4.4 เปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตจากออปโต้คอปเปอร์ 52
กับสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรโมโนสเตเบิล
4.5 เปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรโมโนสเตเบิลกับสัญญาณกระดิ่ง 52
4.6 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันที่ออกมาจากพอร์ทที่ 0.6 ของ 53
ไมโครคอนโทรลเลอร์กับสัญญาณรหัสแอสกีที่ขารับข้อมูล
ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกดเลข 3 ที่คีย์บอร์ด
4.7 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันที่ออกมาจากพอร์ทที่ 0.6 ของ 54
ไมโครคอนโทรลเลอร์กับสัญญาณรหัสแอสกีที่ขารับข้อมูลของ
ไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อกดเลข 4 ที่คีย์บอร์ด
4.8 เปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุต 55
ที่ผ่านวงจรยกระดับสัญญาณ
4.9 เปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุต 56
ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.10 เปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุต ที่ผ่านวงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์ 57

4.11 กราฟที่นำค่าที่ได้จากการแปลงสัญญาณของสัญญาณไซน์ ความถี่ 10 เฮิรตซ์ 58

4.12 กราฟที่นำค่าที่ได้จากการแปลงสัญญาณของสัญญาณไซน์ ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ 58

4.13 รูปสัญญาณไซน์ที่สร้างจากคอมพิวเตอร์พกพา 59

4.14 รูปสัญญาณที่รับได้จากการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก 59

4.15 รูปสัญญาณเสียงที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา 60

4.16 สัญญาณเสียงไดอัลโทนที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา 61

4.17 สัญญาณเสียงบิวซี่โทนที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 การเปรียบเทียบโมเดลโอเอสไอกับโมเดลการทำงานของบลูทูธ 14
2.2 ความถี่และช่วงสัญญาณไอเอสเอ็มแบนด์ (ISM BAND) 20
2.3 การแบ่งคลาสตามอุปกรณ์ของกำลังส่ง 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันคอมพิวเตอร์แบบพกพามีความนิยมอย่างมากและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะคอมพิวเตอร์แบบพกพานั้น มีความสามารถและประสิทธิภาพเทียบเท่ากับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะในด้านการประมวลผล แต่ในคอมพิวเตอร์แบบพกพานั้นมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกบางอย่างมากกว่าคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะเช่น อุปกรณ์บลูทูธ และอุปกรณ์ไวเลส

โครงงานนี้จึงได้นำเสนอโทรศัพท์บ้านไร้สายด้วยช่องสัญญาณบลูทูธบนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา กล่าวคือเมื่อคอมพิวเตอร์แบบพกพาเชื่อมต่ออยู่กับอุปกรณ์บลูทูธที่ต่ออยู่กับโทรศัพท์บ้านหากมีผู้เรียกโทรเข้ามา ผู้ถูกเรียกจะสามารถรับสายโทรศัพท์และสนทนากับผู้เรียกได้ด้วยโปรแกรมในคอมพิวเตอร์แบบพกพาโดยผ่านอุปกรณ์ไมค์ที่ทำหน้าที่เสมือนปากพูดและลำโพงที่ทำหน้าที่เสมือนหูฟังของคอมพิวเตอร์แบบพกพา

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อนำเอาเทคโนโลยีบลูทูธมาประยุกต์เข้ากับโทรศัพท์บ้าน

2) เพื่อสร้างวงจรแปลงสัญญาณ(A/D),(D/A)ระหว่างโทรศัพท์บ้านกับคอมพิวเตอร์พกพา

3) เพื่อสร้างโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์พกพาให้สามารถรับสายเรียกเข้าและโทรออกแทนการใช้งานโทรศัพท์บ้านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

โทรศัพท์บ้านไร้สายด้วยช่องสัญญาณบลูทูธบนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา โดยหลักการทำงานหลักๆของโครงงานคือ ส่วนเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์บ้านกับคอมพิวเตอร์พกพาโดยใช้ช่องสัญญาณบลูทูธจะถูกนำมาใช้เป็นช่องสัญญาณสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์พกพากับอุปกรณ์ฐาน (วงจรA/D, วงจร D/A และวงจรบลูทูธ) ซึ่งจะเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์บ้านโดยคอมพิวเตอร์พกพาสามารถทำการรับสายเรียกเข้าและโทรออกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

2.1.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิก และผู้รู้เลขหมายสมาชิกสามารถเรียกคู่สายสนทนาต่างๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นได้

การเรียกทางโทรศัพท์ คือ การเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียกและผู้รับ

ผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียกโดยทำการแจ้งให้พนักงานช่วยติดต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดเลขหมายของผู้รับ เมื่อโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของชุมสายอัตโนมัติ

ผู้รับ คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกระดิ่งเรียก

คู่สายสมาชิก คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนเสียงพูดแจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกและสมาชิกผู้รับอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set)

เครื่องโทรศัพท์ คืออุปกรณ์ปลายทางอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยจะทำการแปลงคลื่นเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งไปในสายโทรศัพท์ และในทางกลับกันก็เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นคลื่นเสียง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น
2. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณโคด (Code) ที่ใช้แทนเลขหมายของผู้ถูกเรียก
3. ทำหน้าที่รับเสียงโทนที่ตอบรับจากชุมสาย ตลอดจนสัญญาณเรียก
4. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อเรียกไปยังชุมสาย

เครื่องโทรศัพท์จะติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ ด้วยสายสัญญาณ 2 สาย คือ สายทิป (Tip) และสายริง (Ring) ปกติเมื่อไม่มีการใช้งานโทรศัพท์จะถูกตัดออกจากคู่ของสายโทรศัพท์ คงเหลือแต่เพียงวงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringing) หรือวงจรกระดิ่งต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์เท่านั้น เพื่อส่งสัญญาณเรียกเมื่อมีการติดต่อจากผู้อื่นเข้ามา ทำให้ขณะที่โทรศัพท์ไม่ถูกใช้งานจะไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องรับโทรศัพท์ แต่เมื่อเรายกหูโทรศัพท์ก็จะมีการเชื่อมต่อเครื่องรับโทรศัพท์เข้ากับชุมสายโทรศัพท์ เกิดการไหลของกระแสในวงจรโดยกระแสนี้มาจากแบตเตอรี่ในชุมสายโทรศัพท์ และเมื่อชุมสายโทรศัพท์เลือกคู่สายที่ต้องการจะติดต่อได้แล้ว ก็จะทำการส่งสัญญาณกระดิ่งซึ่งเป็นสัญญาณเอซี (AC) ออกไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ของผู้ถูกเลือกเพื่อทำการสั่นกระดิ่งให้ดังขึ้น เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์รับสายก็จะเกิดกระแสดีซี (DC) ไหล เมื่อชุมสายตรวจพบก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่งและจะสามารถทำการสนทนาได้ เครื่องโทรศัพท์จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักใหญ่ๆ 7 อย่างด้วยกัน

1. ส่วนรับ (Receiver)
2. ส่วนส่ง (Transmitter)
3. กระดิ่ง (Ringing)
4. สปีช เน็ตเวิร์ค (Speech Network)
5. ฮุค สวิตช์ (Hook Switch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ไดอัลเลอร์ (Dialer)

7. วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง (Bridge Rectifier)

ตำแหน่งของส่วนส่งและส่วนรับ ปกติจะติดอยู่ที่ตัวพูดและหูฟัง (Handset) ของเครื่องโทรศัพท์ตามลำดับ ซึ่งในส่วนส่งมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Electrical Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไปสวิตชิ่งเซ็นเตอร์ (Switching Center) แต่ส่วนรับมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียงสัญญาณที่ส่วนรับนั้นจะประกอบด้วย สัญญาณแถบความถี่เสียง (Voice Band Signal) จากสวิตชิ่งเซ็นเตอร์และจะคอยลดทอนการป้อนกลับจากส่วนส่ง

สำหรับสปีชเน็ตเวิร์คมีหน้าที่แยกสัญญาณส่งและรับในเครื่องโทรศัพท์ ดังนั้นสัญญาณทั้งหมดระหว่างสวิตชิ่งเซ็นเตอร์ และเครื่องรับโทรศัพท์อาจจะส่งไปในคู่สายเดียวกันได้ ชุดสวิตช์มีอยู่ 2 สถานะ คือ ออนฮุค (On Hook) และออฟฮุค (Off Hook) ทั้ง 2 สถานะนี้ขึ้นอยู่กับว่าสัญญาณว่าง (Idle) หรือใช้งาน (Busy) ตามลำดับ ในสถานะออฟฮุคปกติจะทำงานก็ต่อเมื่อเรายกหู เมื่อยกหูกระแสที่ส่งจะบอกให้อุปกรณ์สวิตชิ่งเซ็นเตอร์รับรู้ว่าอยู่ในสถานะออฟฮุค สวิตชิ่งเซ็นเตอร์จะปิดกันสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Signal) และเตรียมรับสัญญาณไดอัลโทน (Dial Tone) ฮุคสวิตช์จะต่อสายโทรศัพท์เข้ากับกระดิ่งเมื่ออยู่ในสถานะออนฮุค และต่อสายโทรศัพท์กับสปีชเน็ตเวิร์ค ในสถานะออฟฮุควงจรโทรศัพท์จะรับดีซี ไบแอส (DC Bias) จากส่วนจ่ายไฟ (Power Supply) ที่สวิตชิ่งเน็ตเวิร์คส่วนสถานะออนฮุค จะปรากฏสัญญาณกระดิ่งเมื่อมีผู้เรียกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งถูกสร้างขึ้นที่สวิตชิ่งเซ็นเตอร์และถูกส่งมาทำให้กระดิ่งในโทรศัพท์ทำงาน

วงจรแปลงสัญญาณไฟตรงจะทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายโทรศัพท์ไปเลี้ยงวงจรโทรศัพท์ เมื่อฮุคสวิตช์อยู่ในสภาวะยก และทำหน้าที่ให้สัญญาณทั้งด้านบวกและด้านลบผ่านในวงจรโทรศัพท์ได้ไซด์โทน (Side Tone) คือ เสียงที่เราพูดแล้วได้ยินที่หูฟังของตัวเอง เสียงที่เราพูดไปจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณไฟฟ้านี้จะผ่านเข้าไปที่หูฟังของตัวเองอย่างเต็มที่ ทำให้ได้ยินเสียงตัวเองดังมาก เพราะถ้ามีขนาดแรงเกินไปผู้พูดจะพูดค่อยลงไปด้วย แต่ถ้ามีไซด์โทนต่ำไป ผู้พูดก็จะพูดดังมากซึ่งอาจทำให้สัญญาณเพี้ยน หรือผู้รับจะได้ยินเสียงดังจนไม่สามารถทนได้การส่งเลขหมายโทรศัพท์สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การส่งสัญญาณพัลซ์ (Pulse) ที่แสดงถึงหมายเลขต่างๆ กัน ซึ่งมีในโทรศัพท์แบบหมุน

2. การส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่างๆ กัน โดยค่าตัวเลขจะถูกแทนค่าด้วยความถี่ 2 ค่าที่มอดดูเลตกัน ซึ่งมีในโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

2.1.3 เครื่องโทรศัพท์แบบหมุน (Rotary Dial Telephone)

โทรศัพท์ชนิดนี้จะสร้างสัญญาณจากกระแสลูปโดยต่อเข้ากับอุปกรณ์สวิตช์ทำหน้าที่เปิดและปิด เข้ากับกลไกการหมุนเลขหมายเครื่องทำให้กระแสพัลซ์ตอบสนองเข้ากับหมายเลขที่หมุน

2.1.4 เครื่องโทรศัพท์หน้าปัดแบบกดปุ่ม (Push Button Dial Telephone)

ระบบหน้าปัดแบบกดปุ่มในระบบสวิตช์ สัญญาณเรียกของผู้เช่าเป็นสัญญาณจังหวะไฟตรงที่เท่ากับจำนวนครั้งของการหมุนของหน้าปัดเพื่อให้แผงสวิตช์ทำงาน จากการพัฒนาแผงสวิตช์อิเล็คทรอนิกส์ จึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. เวลาของการหมุนหมายเลขได้ลดลงมาก
2. การหมุนหมายเลขง่ายกว่า
3. สามารถเพิ่มปุ่มกดอื่นนอกจากปุ่มกดหมายเลขเพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่น
4. ใช้สัญญาณความถี่เสียงซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้และนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้

เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัดแบบกดปุ่ม และใช้กรรมวิธีของไดอัลโทนมัลติฟรีเควนซี (Dial Tone Multi Frequency: DTMF) ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปจะมี 12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 แถว และ 3 คอลัมน์ ในโทรศัพท์บางรุ่นอาจมี 16 ปุ่ม โดยเพิ่มคอลัมน์ที่ 4 เข้ามา ความถี่ที่ใช้ในแต่ละแถวและคอลัมน์นั้นจะมีความถี่ที่ต่างกัน ความถี่ทั้ง 4 แถว เรียกว่าเป็นกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ต่ำ และความถี่ทั้ง 4 คอลัมน์ เรียกว่ากลุ่มความถี่สูง การกดปุ่มหมายเลขใดๆ จะทำให้วงจรภายในผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่

ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม

1. สามารถลดเวลาในการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ลงได้ ทำให้มีผลคือเวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์ลดลง ซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรองรับทราฟฟิกได้มากขึ้น

2. สามารถใช้วงจรทางโซลิดสเตทอิเล็กทรอนิกส์ (Solid State Electronics) แทนอุปกรณ์ทางด้านเมคคานิกส์ (Mechanics) ทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำในการส่งหมายเลข

3. สามารถเพิ่มปุ่มกดได้ เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณบริการประเภทอื่นๆ

4. มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบสตอร์โปรแกรมคอนโทรล (Store Program Control)

2.2 สัญญาณพื้นฐาน

สัญญาณ คือ ข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวสารที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วๆ ไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์

1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ข่าวสาร (Transmitting Address Information)
3. การตรวจตรา (Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmitting Information Signaling)

2.2.1 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

2.2.1.1 สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่ากับชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ออฟฮุค (Off Hook) คือ สภาพที่ผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ สายจะมีสภาพลูปปิด (Close Loop) หรือ อิมพีแดนซ์ต่ำ (Low Impedance)

2. ออนฮุค (On Hook) คือ สภาพที่ผู้เช่าวางหู สายจะมีสภาพลูปเปิด (Open Loop) หรือ อิมพีแดนซ์สูง (High Impedance)

3. ไดลิ่ง (Dialing) คือ สภาพผู้เช่าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็นโรตารีไดอัล (Rotary Dial) สัญญาณจะเป็นพัลซิ่ง (Pulsing) ค่าอิมพีแดนซ์จะสูงต่ำสลับกันไปตามที่หมุนหมายเลข ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่มสัญญาณออกจะเป็นความถี่ดีทีเอ็มเอฟไปยังชุมสาย

2.2.1.2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

1. สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) เป็นสัญญาณที่บอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสายและชุมสายพร้อมจะรับโคดที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณให้หมุนนี้เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 เฮิรตซ์ มอดดูเลตด้วยความถี่ 50 เฮิรตซ์ ผู้เช่าจะได้ยินเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์

2. สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง ถ้ายกหูแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่าอุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่าง และถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้วแสดงว่าผู้เช่าผ่ายถูกเรียกไม่ว่าง สัญญาณไม่ว่างจะเป็นสัญญาณความถี่ 425 เฮิรตซ์ ดัง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที สลับกัน

3. สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขเสร็จแล้ว ที่ชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ทราบว่าการต่อได้สำเร็จแล้ว เป็นสัญญาณ 425 เฮิรตซ์ โดยดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

4. สัญญาณกระดิ่งเรียก (Ringing Tone) เป็นสัญญาณความถี่ 25 เฮิรตซ์ ค่าแรงดัน 70 ถึง 100 โวลต์พีคทูพีค โดยส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที เป็นสัญญาณความที่ส่งไปให้ผู้ถูกเรียกทราบ

5. สัญญาณโทนอื่นๆ เช่น นูโทนเป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนยังไม่มีการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

สัญญาณพื้นฐานมี 5 ประเภท คือ

1. ซีเซอะ (Seizure) เป็นสัญญาณบอกให้ชุมสายปลายทางทราบว่าคู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้เรียกที่จะส่งมา

2. แอดเดรสอินฟอร์เมชั่น (Address Information) เป็นสัญญาณบอกเลขหมาย หรือประเภทของผู้เช่า

3. แอนเซอร์ซิกแนล (Answer Signal) สัญญาณนี้ใช้เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูรับ หน้าที่ของสัญญาณนี้คือ

1) เริ่มต้นคิดเงิน

2) ส่งสัญญาณคิดเงิน

3) ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

4. เคลียร์ฟอร์เวิร์ด (Clear Forward) จะถูกส่งเมื่อผู้เรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

5. เคลียร์แบก (Clear Back) จะถูกส่งเมื่อผู้เรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้น จับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90 ถึง 120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อพร้อมกับส่งสัญญาณเคลียร์ฟอร์เวิร์ดออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

2.3 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

2.3.1. เครื่องส่ง มีระบบการติดต่อกันดังนี้คือ

1. ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีแรงดันตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

2. เมื่อมีผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ แรงดันจะลดลงเหลือประมาณ 8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุนเมื่อกดรหัสสัญญาณความถี่หมายเลขโทรศัพท์แล้วสัญญาณให้หมุนจะหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดรหัสสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์รหัสสัญญาณโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ

4. ขณะที่รอการรับสายจากผู้เรียก จะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่คือสัญญาณไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับ

5. เมื่อผู้ถูกเรียกรับสายแล้วสัญญาณจะอยู่ที่ระดับสัญญาณกระแสตรง 8 โวลต์ และมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียง และความดังของเสียงพูด

6. เมื่อผู้เรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดแรงดันตกคร่อมสายโทรศัพท์จะกลับไปที่ 48 โวลต์ ดังเดิม

2.3.2 เครื่องรับ มีระบบการติดต่อกันดังนี้คือ

1. ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีแรงดันตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

2. เมื่อมีผู้เรียกเรียกเข้ามา จะมีสัญญาณกระดิ่งเรียกเข้ามา ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับของผู้เรียก

3. เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ ขนาดของแรงดันตกคร่อมสายโทรศัพท์ จะเหลือประมาณ 8 โวลต์ และจะมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียง และความดังของเสียงพูด

4. เมื่อผู้ถูกเรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดแรงดันตกคร่อมสายโทรศัพท์จะกลับไปที่ 48 โวลต์

2.4 บลูทูธ (BLUETOOTH)

2.4.1 ความหมายบลูทูธ

บลูทูธ คือ ระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น โดยปราศจากการใช้สายเคเบิ้ลหรือสายสัญญาณการเชื่อมต่อและไม่จำเป็นต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับอินฟราเรด ซึ่งถือว่าเพิ่มความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

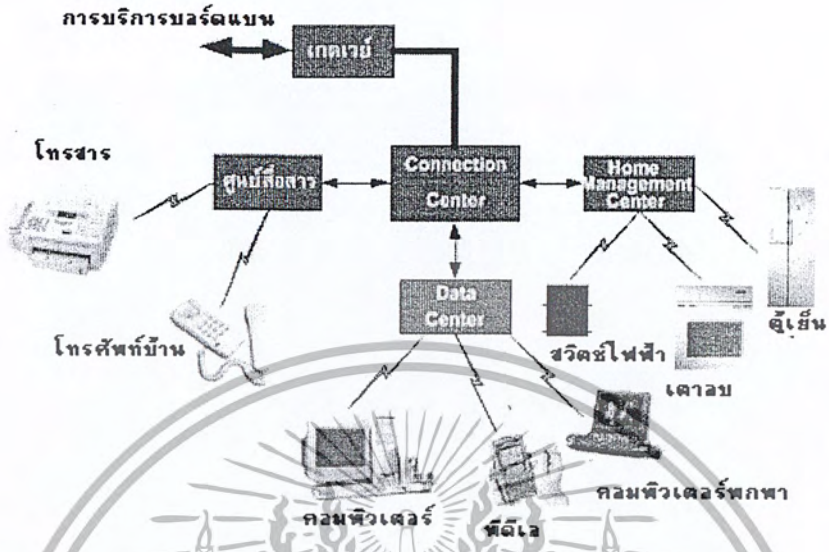
ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือกับอุปกรณ์ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อน และในการวิจัยไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว

2.4.2 การทำงานของบลูทูธ

บลูทูธจะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 จิกะเฮิรตซ์ แต่จะแยกย่อยออกไป ตามแต่ละประเทศ ช่องระยะทำการของบลูทูธจะอยู่ที่ 5 ถึง 10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสาร โดยระบุสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น โดยหลักของบลูทูธจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กเนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก เช่น ไฟล์ภาพ เสียง แอพพลิเคชั่นต่างๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายในระยะประมาณ 5 ถึง 10 เมตร นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อยๆด้วย ในส่วนความสามารถการโอนถ่ายข้อมูลของ บลูทูธจะอยู่ที่ 1 เม-กะเฮิรตซ์ และไม่มีปัญหามากกับขนาดของไฟล์ที่ใช้กันบนโทรศัพท์มือถือ หรือการใช้งานแบบทั่วไป แต่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่การส่งข้อมูลจะช้าลง และถ้าถูกนำไปเปรียบกับระบบเครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless LAN :WLAN) แล้วความสามารถของบลูทูธจะมีความสามารถด้อยกว่า ซึ่งในส่วนของ ระบบเครือข่ายแบบไร้สายก็ยังมีระยะการรับและส่งที่ไกลกว่า แต่ข้อได้เปรียบของบลูทูธจะอยู่ที่ขนาดที่เล็กกว่าการติดตั้งทำได้ง่ายกว่า และที่สำคัญการใช้พลังงานก็น้อยกว่ามาก อยู่ที่ 0.1 วัตต์

บลูทูธสามารถจัดให้ตัวอุปกรณ์หลายชนิดสามารถติดต่อสื่อสารได้พร้อมกัน จะมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) และอุปกรณ์อื่นๆทำหน้าที่เป็นสเลฟ (Slave) ในการรวมกลุ่มของอุปกรณ์ที่ติดต่อสื่อสารกันได้ทั้งหมด 8 ชิ้น มีตัวหนึ่งที่เป็นมาสเตอร์และสเลฟอย่างน้อยหนึ่งตัว ซึ่งการติดต่อสื่อสารจะเป็นแบบจุดต่อหลายจุดช่องสัญญาณและแบนด์วิดธ์จะถูกแบ่งระหว่างอุปกรณ์ในพิโคเน็ต โครงสร้างการสื่อสารภายในบ้านผ่านระบบสื่อสารบลูทูธแสดงดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างการสื่อสารภายในบ้านผ่านระบบสื่อสารบลูทูธ

(อ้างอิงจาก: http://kowitreru9.multiply.com/journal)

2.4.4 จุดมุ่งหมายของบลูทูธ

บลูทูธเป็นมาตรฐานเปิด (Open specification) ที่ออกแบบเพื่อใช้สำหรับข้อมูลไร้-สายระยะใกล้ (Short Range Wireless) ถูกกำหนดขึ้นโดยกลุ่มผู้สร้างสรรค์เทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth Special Interest Group)

1. เป็นมาตรฐานเปิดที่ทุกคนสามารถใช้ข้อมูลที่ส่งผ่านบลูทูธนี้ได้โดยไม่ต้องเสียค่าธรรมเนียมใดๆทั้งสิน เพื่อให้เกิดความแพร่หลายในการใช้งานและมีการพัฒนาระบบได้อย่างรวดเร็ว

2. รับส่งข้อมูลไร้สายในระยะใกล้ คือ อุปกรณ์ต่างๆ สามารถส่งข้อมูลถึงกันได้โดยไม่ต้องใช้สาย

3. สามารถรองรับการรับส่งเสียงและข้อมูลได้ในเวลาเดียวกันนั่นคือ ระบบจะต้องมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลเพียงพอสำหรับการส่งเสียงและข้อมูลไปพร้อมๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถใช้งานได้ทั่วโลก หมายความว่าอุปกรณ์ที่ผลิตตามมาตรฐานของบลูทูธ ไม่ว่าจะผลิตจากผู้ผลิตใดหรืออยู่ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งบนโลกสามารถใช้งานร่วมกันได้ จากจุดมุ่งหมายนี้ ทำให้ต้องใช้ความถี่คลื่นวิทยุที่สามารถใช้งานได้ในทุกประเทศ และมีการกำหนดสัญลักษณ์บลูทูธ ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์ของบลูทูธ

2.4.5. วัตถุประสงค์ของบลูทูธ

จุดประสงค์ของเทคโนโลยีบลูทูธนั้นเริ่มต้นเพื่อขายให้แก่บริษัทผู้ผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่ เนื่องจากเทคโนโลยีนี้สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ของกลุ่มบริษัทเหล่านี้ใช้งานได้ดีขึ้น โดยการเพิ่มขีดความสามารถของการติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับอุปกรณ์ต่างๆ เนื่องจากในอดีตการสื่อสารทำได้โดยใช้สายเคเบิลซึ่งมีความเสี่ยงที่ข้อมูลจะเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นจุดประสงค์ของเทคโนโลยีบลูทูธคือ การแทนที่การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่างๆ ที่ใช้สายเคเบิล มาเป็นใช้อุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีบลูทูธ เนื่องจากเทคโนโลยีบลูทูธถูกออกแบบมาให้ใช้กับอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่างๆ เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่จึงสามารถทำงานได้โดยใช้แบตเตอรี่ ดังนั้น เทคโนโลยีบลูทูธจึงเป็นเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานน้อยและสามารถทำงานได้แม้ขณะที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นเทคโนโลยีบลูทูธจึงถูกนำไปใช้กับอุปกรณ์ขนาดเล็กอื่นๆ เช่น หูฟังและพีดีเอเอส (PDAs)

ในปัจจุบันการแทนที่สายเคเบิลด้วยเทคโนโลยีบลูทูธยังมีปัญหาอยู่ในบางเรื่อง เช่น ราคาของอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีบลูทูธนั้น มีราคาสูงกว่าแบบใช้สายเคเบิลอยู่มาก ดังนั้นถ้าอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีบลูทูธนี้ สามารถบรรลุวัตถุประสงค์เหล่านี้ได้ คือ ราคาไม่แพง ใช้งานง่าย มีเสถียรภาพสูง ขนาดเล็ก และใช้พลังงานต่ำ เทคโนโลยีบลูทูธจะถูกนำมาใช้แทนที่การติดต่อสื่อสารแบบที่ใช้สายได้อย่างแพร่หลายแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 โปรโตคอล (Protocol)

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกันนั้นจำเป็นจะต้องมีข้อตกลงในการเชื่อมต่อหรือโปรโตคอลระหว่างกันเพื่อให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างราบรื่น ทุกๆอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ในปัจจุบันนี้ จะมีการกำหนดโปรโตคอลระหว่างกันสำหรับบลูทูธแล้วจะมีโมเดลเป็นระดับชั้นของโปรโตคอล ที่เรียกว่า โปรโตคอลสแต็ก (Protocol Stack)

โปรโตคอลสแต็กเป็นส่วนของโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมที่เข้ามาควบคุมการทำงานของอุปกรณ์บลูทูธหรือที่เรียกว่า "ไดร์ฟเวอร์" (Driver) ซึ่งจะเป็นตัวที่อนุญาตให้แอพพลิเคชั่นซอฟแวร์ (Application Software) ส่งและรับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์บลูทูธได้

สำหรับโมเดลการทำงานของบลูทูธ (Bluetooth Model) ถูกกำหนดให้มีโครงสร้างการทำงานดังตารางที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามี 8 ชั้น มากกว่าโมเดลโอเอสไอ (OSI Model) อยู่ 1 ชั้น ทำให้ขอบเขตการทำงานในแต่ละชั้นแตกต่างจากโมเดลโอเอสไอ แต่ลำดับการทำงานมีลักษณะเหมือนกัน

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบโมเดลโอเอสไอกับโมเดลการทำงานของบลูทูธ

OSI Model	Bluetooth Model
Application Layer	Applications
Presentation Layer	RFCOMM/SDP
Session Layer	L2CAP
Transport Layer	HCI
Network Layer	Link Manager
Data Link Layer	Link Controller
Physical Layer	Base Band
	Radio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโมเดลบลูทูธในแต่ละชั้นมีหน้าที่หลักดังนี้

ชั้นที่ 1 เรดีโอ (Radio) เป็นส่วนที่เกิดการรับ และส่งคลื่นวิทยุจริงๆ เป็นส่วนวงจรฮาร์ดแวร์ภาคส่งและรับคลื่นวิทยุที่ถูกควบคุมจากชั้นเบสแบนด์ (Base band) ไม่ว่าจะเป็นความถี่และระดับความแรงของสัญญาณที่ใช้รวมไปถึงเฟรมข้อมูลที่จะส่ง

ชั้นที่ 2 เบสแบนด์ การทำงานของชั้นนี้ถือได้ว่าเป็นหัวใจหลักของบลูทูธในด้านฮาร์ดแวร์หน้าที่หลักของชั้นนี้ คือการควบคุมวงจรภาคส่งและรับคลื่นวิทยุที่อยู่ชั้นล่างสุด ซึ่งจุดสำคัญที่สุดของการควบคุม ก็คือการเลือกช่องความถี่ในการรับส่งข้อมูลให้ตรงกันระหว่างมาสเตอร์และสเลฟที่ต้องมีการกระโดดไปในรูปแบบเดียวกัน

ชั้นที่ 3 ลิ้งค์คอนโทรลเลอร์ (Link Controller) ควบคุมการเชื่อมต่อพื้นฐานของ บลูทูธทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นสถานะของอุปกรณ์ โหมดการทำงานของอุปกรณ์ การค้นหาอุปกรณ์บลูทูธใกล้เคียง รวมไปจนถึงการเลือกว่าจะเป็นมาสเตอร์ หรือสเลฟในสภาพแวดล้อมต่างๆ

ชั้นที่ 4 ลิ้งค์แมเนเจอร์ (Link Manager) ทำหน้าที่แปลงคำสั่งที่ได้รับจากชั้นบนเป็นลำดับหน้าที่การทำงานที่ชั้นล่างรู้จัก และคอยส่งคำสั่งลงไปควบคุมการทำงานของชั้นล่างทั้งหมด

ชั้นที่ 5 เอชซีไอ (Host Control Interface: HCI) เป็นโปรโตคอลเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมชั้นบนที่ทำงานอยู่บนระบบหนึ่ง เช่น โปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาทำงานบน CPU x86 กับส่วนควบคุมการทำงานของบลูทูธ เช่น การ์ดพีซีเอ็มซีเอ บลูทูธที่ต่ออยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาทำให้โปรแกรมรู้จักคำสั่งควบคุมอุปกรณ์บลูทูธ

ชั้นที่ 6 แอลทูซีเอพี (Logical Link Control and Adaptation Protocol: L2CAP) ทำหน้าที่ มัลติเพล็กซ์ข้อมูลจากชั้นบนซึ่งอาจจะมีการทำงานของโปรแกรมหลายโปรแกรมพร้อมกันและจัดแบ่งข้อมูลออกเป็นแพ็กเก็ต

ชั้นที่ 7 อาร์เอฟซีโอเอ็มเอ็มเอสดีพี (RFCOMM/SDP) เป็นโปรโตคอลเสมือน ที่ทำให้แอพพลิเคชั้นด้านบน มองบลูทูธเป็นเหมือนพอร์ทอนุกรม (Serial Port) ทั่วไป ส่วนเอสพีดี (Service Discovery Protocol: SDP) เป็นโปรโตคอลที่ช่วยค้นหาบริการจากอุปกรณ์บลูทูธตัวอื่นที่อยู่ในเน็ตเวิร์คเดียวกัน

ชั้นที่ 8 แอปพลิเคชั่น (Applications) เป็นส่วนของโปรแกรมที่ติดต่อรับหรือส่งข้อมูลกับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 การติดต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ (Bluetooth Connection)

การติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์บลูทูธนั้นจะกระทำได้ภายในรัศมีการส่งสัญญาณวิทยุคลื่นสั้นความถี่ประมาณ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ กล่าวคือต้องอยู่ภายในรัศมี 7 ถึง10 เมตร จึงจะสามารถติดต่อถึงกันได้ ซึ่งการติดต่อหรือเชื่อมต่อถึงกันของอุปกรณ์บลูทูธนั้นมีด้วยกัน 2 แบบ คือ

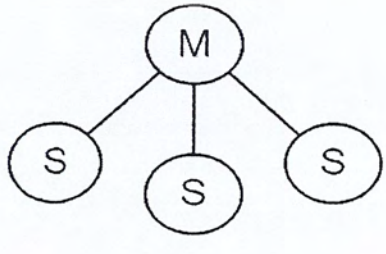
2.4.7.1 การเชื่อมต่อแบบพอยท์ทูพอยท์ (Point To Point)

เป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธลักษณะตัวต่อตัว โดยอุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น มาสเตอร์และอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นสเลฟ ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่อแบบพอยท์ทูพอยท์

2.1.7. 2 การเชื่อมต่อแบบพอยท์ทูมัลติพอยท์ (Point To Multipoint)

เป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธลักษณะตัวต่อตัว โดยอุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์กับอุปกรณ์บลูทูธที่ทำหน้าที่เป็นสเลฟหลายๆตัวในเวลาเดียวกัน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเชื่อมต่อแบบพอยท์ทูมัลติพอยท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.8 รูปแบบเครือข่ายบลูทูธ (Bluetooth Network Topology)

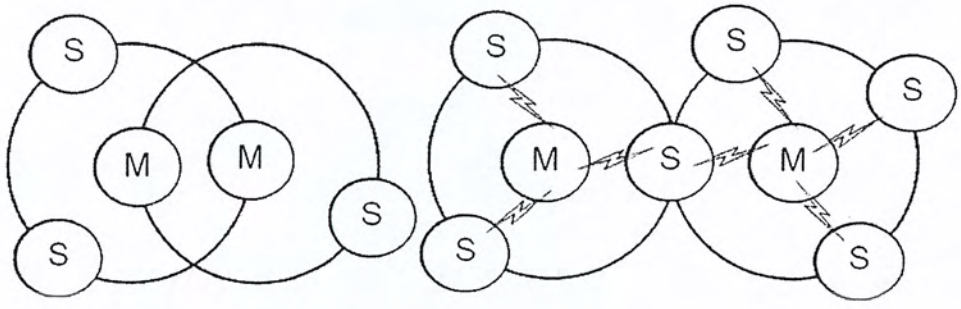
ระบบเครือข่ายระดับแรกสุดของบลูทูธ มีชื่อเรียกว่า “พิโคเน็ต” (Piconets) ซึ่งใน 1 วงเครือข่ายพิโคเน็ตจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์บลูทูธไม่เกิน 8 ตัว

โดยจะมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ ส่วนอุปกรณ์ที่เหลือจะทำหน้าที่เป็นสเลฟ ซึ่งสเลฟจะไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรงแต่จะสามารถติดต่อถึงกันได้ผ่านทางมาสเตอร์ ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 วงพิโคเน็ตที่มีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ 8 ตัว

การที่มีวงพิโคเน็ตตั้งแต่ 1 วงขึ้นไปแต่ไม่เกิน 10 วงมาเชื่อมต่อถึงกัน โดยมีการใช้อุปกรณ์บลูทูธในแต่ละวงร่วมกัน (Share Device) ทำให้เกิดระบบเครือข่ายขึ้นอีกระดับหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า “สแกทเทอร์เน็ต” (Scatternet) ส่งผลให้รัศมีการส่งสัญญาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถส่งสัญญาณจากวงพิโคเน็ตหนึ่งไปยังอีกวงหนึ่งได้ แต่ในขณะเดียวกันก็ส่งผลให้การส่งสัญญาณช้าลงหากต้องการส่งไปยังวงที่อยู่ไกลมาก ดังรูปที่ 2.6

119255
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 วงพิโคเน็ต 2 วงมาเชื่อมต่อกันเป็นสแกทเทอร์เน็ต

สแกทเทอร์เน็ตจะมีจำนวนวงของพิโคเน็ตได้มากที่สุดเพียง 10 วงเท่านั้น ดังนั้น ขอบเขตสูงสุดของการติดต่อจากอุปกรณ์บลูทูธตัวหนึ่งคือประมาณ 100 เมตร เนื่องจากใน 1 วงพิโคเน็ตมีรัศมีประมาณ 10 เมตร

2.4.9 ระบบรักษาความปลอดภัยของบลูทูธ (Bluetooth Security)

ในการส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์บลูทูธนั้นมีระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อป้องกันการรุกล้ำเข้ามาเอาข้อมูล (Hack) โดยการแบ่งการทำงานออกเป็น 3 หมวด ดังนี้

1. ระบบไม่รักษาความปลอดภัย (Unsecured) ไม่มีการป้องกันการล้วงเอาข้อมูล โดยผู้ใช้ที่มีอุปกรณ์บลูทูธ สามารถเข้ามาเชื่อต่อถึงกันในเครือข่ายได้ทันทีเมื่อเข้ามาในขอบเขตรัศมีการติดต่อ

2. ระบบรักษาความปลอดภัยแบบเซอร์วิซ (Service Secure) มีการแสดงตัวผู้ใช้ก่อนการเข้าถึงหรือเชื่อมต่อระหว่างกันเพื่อเป็นการยืนยันว่าผู้ที่เข้ามาเชื่อมต่อเป็นผู้ที่ได้รับอนุญาตให้เข้ามาเชื่อมต่อได้

3. ระบบรักษาความปลอดภัยแบบลิงค์ (Link Secure) มีการแสดงตัวผู้ใช้เช่นเดียวกันกับระบบรักษาความปลอดภัยแบบเซอร์วิส (Service Secure) แต่เพิ่มความปลอดภัยมากขึ้นด้วยการเข้ารหัส (Encryption) ข้อมูลที่จะทำการส่งถึงกันก่อนที่จะทำการส่งสัญญาณ ซึ่งหากมีการล้วงเอาข้อมูลระหว่างที่ทำการส่งสัญญาณนั้น ผู้ล้วงเอาข้อมูล (Hacker) ก็จะไม่สามารถเข้าใจข้อมูลที่ล้วงเอาไปนั้นได้เนื่องจากได้ทำการเข้ารหัสไว้ก่อนแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.10 ช่วงความถี่ที่ใช้งาน

หลักการพื้นฐานสำหรับการส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุก็คือการมอดูเลต (Modulate) หรือการแฝงเอาข้อมูลรวมเข้าไปไว้กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกอากาศไป เมื่อไปถึงปลายทางตัวรับก็จะแยกเอาตัวข้อมูลออกมาจากคลื่นวิทยุแล้ว นำข้อมูลที่ได้ออกไปใช้งาน ซึ่งคลื่นวิทยุที่ทำหน้าที่เป็นตัวพาข้อมูลไปยังปลายทางนี้เรียกว่า "คลื่นพาหะ" ส่วนกระบวนการในการมอดูเลตข้อมูลเข้าไปในคลื่นพาหะนั้นก็มีอยู่หลายวิธี ซึ่งในแต่ละวิธีก็จะมีข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมกับงานแต่ละอย่างแตกต่างกันไป

จากเป้าหมายหลักข้อหนึ่งของบลูทูธที่จะทำให้สามารถใช้งานได้ในทุกๆประเทศ ความถี่ที่จะใช้เป็นคลื่นพาหะ จึงจำเป็นต้องอยู่ในช่วงที่ทั่วโลกเปิดให้ใช้งานได้โดยไม่ต้องขออนุญาต ช่วงความถี่ดังกล่าวคือ ช่วงความถี่ไอเอสเอ็ม (Industrial Scientific and Medical Band : ISM Band) ซึ่งมีความถี่ที่ใช้งานอยู่ในช่วง 2.4 จิกะเฮิรตซ์ เนื่องจากช่วงความถี่นี้เป็นช่วงความถี่ที่สงวนไว้ใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมวิทยาศาสตร์และการแพทย์ที่ทุกประเทศทั่วโลกเปิดให้ใช้งานได้ช่วงความถี่ไอเอสเอ็ม นั้นถูกกำหนดขอบเขตไว้ในช่วง 2400 ถึง 2483.5 เมกะเฮิรตซ์ โดยมีแถบป้องกันต่ำ (Lower Guard Band :LGB) เท่ากับ 2 เมกะเฮิรตซ์ และแถบป้องกันสูง(Upper Guard Band :UGB) เท่ากับ 3.5 เมกะเฮิรตซ์ และจะถูกแบ่งเป็นช่องๆ เพื่อให้อุปกรณ์หลายๆตัวทำงานพร้อมกันได้ตามหลักของการทำมัลติเพลกซ์ที่แบ่งช่วงความถี่ (Frequency Division Multiplex : FDM) โดยแต่ละช่องจะมีความกว้างหรือแบนวิดธ์เท่ากับ 1 เมกะเฮิรตซ์ จากข้อกำหนดดังกล่าวจะได้ความถี่ใช้งานเริ่มต้นที่ 2402 เมกะเฮิรตซ์ (2400+LGB) และความถี่ที่ใช้งานสุดท้ายอยู่ที่ 2480 เมกะเฮิรตซ์ (2483.5 – UGB) เมื่อให้ความกว้างของแต่ละช่องสัญญาณเท่ากับ 1 เมกะเฮิรตซ์ จะได้จำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดเท่ากับ 79 ช่อง แต่เนื่องจากยังมีบางประเทศ เช่น ฝรั่งเศส ที่ไม่เปิดช่องความถี่ไอเอสเอ็มเต็มช่วง โดยเหลือช่องสัญญาณให้ใช้งานได้เพียง 23 ช่อง แต่คาดว่าจะมีการอนุญาตให้ใช้งานได้เต็มช่วงในอนาคต ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ความถี่และช่วงสัญญาณไอเอสเอ็มแบนด์ (ISM Band)

ประเทศ	ช่วงความถี่ ISM (จิกะเฮิรตซ์)	Lower Guard Band	Upper Guard Band (UGB)	จำนวนช่องสัญญาณที่ใช้
ฝรั่งเศส	2.4465-2.4835	7.5 เมกะเฮิรตซ์	7.5 เมกะเฮิรตซ์	23
ประเทศอื่นๆ	2.400-2.4835	2เมกะเฮิรตซ์	3.5เมกะเฮิรตซ์	79

นอกจากข้อกำหนดด้านความถี่ที่จะทำให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถใช้งานได้ทั่วโลกแล้ว ยังมีข้อจำกัดอีกส่วนหนึ่งที่แต่ละประเทศมีการตั้งข้อกำหนดไว้ นั่นคือเรื่องของกำลังส่งของอุปกรณ์ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อระยะห่างไกลสุดที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ ถ้ากำลังส่งแรงระยะห่างสูงสุดระหว่างอุปกรณ์ที่ส่งได้ก็จะมากตาม แต่เนื่องจากบลูทูธถูกออกแบบมาสำหรับการส่งข้อมูลในระยะใกล้ทำให้อุปกรณ์ไม่ต้องใช้กำลังส่งที่สูงมาก ซึ่งประเทศต่างๆ ให้ใช้งานได้โดยไม่ต้องขออนุญาต

การจัดแบ่งอุปกรณ์ออกเป็นคลาสต่างๆ ตามกำลังส่งสูงสุดของอุปกรณ์ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะไกลสุดที่สามารถรับส่งข้อมูลได้มีระยะสูงถึง 100 เมตร สำหรับอุปกรณ์คลาส 1 แต่ในปัจจุบันอุปกรณ์ที่ผลิตออกมาส่วนใหญ่จะอยู่ในคลาส 3 เพราะมีกำลังส่งที่ไม่สูงมากซึ่งหมายถึงการประหยัดพลังงาน ทำให้สามารถนำอุปกรณ์เหล่านี้ไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์พกพาที่มีความต้องการอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานน้อยเพื่อประหยัดพลังงานแบตเตอรี่ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การแบ่งคลาสตามอุปกรณ์ของกำลังส่ง

คลาส	กำลังสูงสุด	กำลังต่ำสุด	ระยะการใช้งาน (โดยประมาณ)
1	100 mW (20 dBm)	1 mW(0dBm)	100 m
2	2.5 mW(4dBm)	0.25mW(-6dBm)	10-20 m
3	1 mW(0dBm)	-	5-10 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.11 เทคนิคการรับและส่งข้อมูลผ่านบลูทูธ

เมื่อได้ข้อตกลงด้านความถี่ที่ใช้งานจำนวนช่องสัญญาณ และแบนวิดธ์ของแต่ละช่องสัญญาณมาเป็นกรอบแล้ว ต่อไปก็คือการเลือกวิธีมอดูเลตข้อมูลเข้าไปกับคลื่นพาหะ เนื่องจากการมอดูเลตแต่ละแบบจะส่งผลต่อความเร็วในการส่งข้อมูลด้วย และเนื่องจากความจำกัดในด้านแบนวิดธ์ของข้อมูลที่กว้างเพียง 1 เมกะเฮิรตซ์ ต่อช่องสัญญาณ บวกกับความต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลที่สูงสุด บลูทูธจึงได้เลือกใช้วิธีการมอดูเลตแบบจีเอฟเอสเค (Gaussian Frequency Shift Keying: GFSK)

การมอดูเลตด้วยวิธีนี้สามารถส่งข้อมูลได้ 1 บิตต่อความถี่คลื่นพาหะ 1 เฮิรตซ์ นั่นหมายความว่าแต่ละช่องสัญญาณสามารถส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาที โดยถ้าบิตข้อมูลเป็น '1' จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ทางด้านลบจากความถี่พาหะ

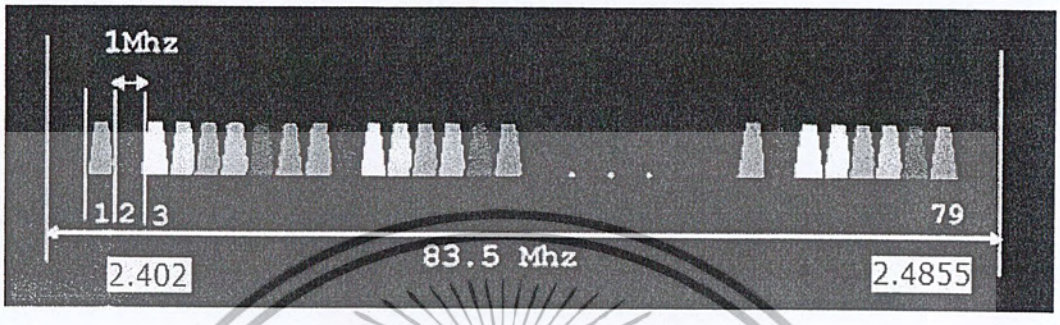
การรับและส่งข้อมูลจะทำโดยแบ่งข้อมูลออกเป็นแพ็กเกจย่อยๆ แล้วทำการส่งในแบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) เพื่อประหยัดช่องสัญญาณ ไม่เช่นนั้นจะต้องใช้ 2 ช่องสัญญาณเพื่อรับและส่งข้อมูลได้พร้อมๆกัน จังหวะการรับและส่งข้อมูลทั้งหมดกำหนดโดยอุปกรณ์ที่เป็นมาสเตอร์ในลักษณะของการโพล ซึ่งอุปกรณ์ที่เป็นสเลฟจะต้องตอบกลับมายังมาสเตอร์ในทุกๆแพ็กเกจ เพื่อให้มาสเตอร์รู้ว่ายังคงติดต่อกับสเลฟอยู่ได้

เมื่อมีการแบ่งข้อมูลออกเป็นแพ็กเกจ ทำให้แต่ละแพ็กเกจต้องมีข้อมูลส่วนหัวเพิ่มเข้ามา เพื่อให้ทางฝั่งรับสามารถประกอบข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกันได้อย่างถูกต้อง นอกจากนั้นก่อนการส่งแต่ละครั้งจะต้องมีการส่งข้อมูลเพื่อทำการซิงโครไนซ์สัญญาณนาฬิกาทางฝั่งส่งและรับให้เท่ากัน เพื่อให้สามารถรับและส่งข้อมูลกันได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเมื่อรวมปริมาณข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็นต้องส่งในแต่ละครั้งจะทำให้ความเร็วการส่งข้อมูลจริงลดลงจาก 1 เมกะบิตต่อวินาที เหลือ 723.2 กิโลบิตต่อวินาที ในทิศทางหนึ่งและ 57.6 กิโลบิตต่อวินาที ในอีกทิศทางหนึ่ง

นอกจากความเร็วและความสะดวกสบายแล้ว สิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสื่อสารข้อมูลในปัจจุบันก็คือ ความปลอดภัยของข้อมูล โดยเฉพาะอุปกรณ์บลูทูธที่สามารถทำงานได้ในทุกที่ยิ่งมีความจำเป็นที่จะต้องมีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลเป็นอย่างดี เทคนิคการส่ง

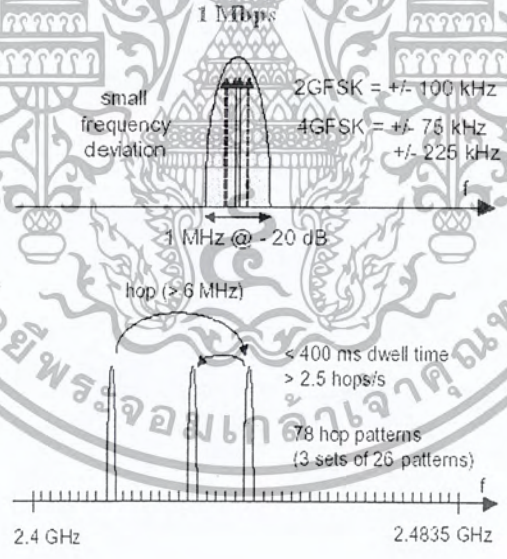
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่บลูทูธใช้คือเทคนิคการกระโดดข้ามทางความถี่ (Frequency Hopping Spread Spectrum: FHSS) ดังรูปที่ 2.7 อัตราการกระโดดข้ามช่องสัญญาณ 1600 ครั้งต่อวินาที ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.7 เทคนิคการกระโดดข้ามทางความถี่

(อ้างอิงจาก: http://cpe.kmutt.ac.th/wiki/index.php/BlueTooth_Group_13)



รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของสัญญาณบลูทูธ

(อ้างอิงจาก: http://cpe.kmutt.ac.th/wiki/index.php/BlueTooth_Group_13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนรับส่งข้อมูลในระบบบลูทูธ

1. สร้างคลื่นความถี่ข้อมูลโดยนำข้อมูลทีละ 1 เมกะบิตต่อวินาที มาเข้ารหัสเพื่อแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปความถี่ จากขั้นตอนนี้จะได้คลื่นที่มีช่วงเวลาแบนด์วิธเท่ากับ 0.5 และอัตราขยายเพิ่มขึ้น 14000 เท่า

2. สร้างคลื่นความถี่พาหะโดยการกระโดดข้ามทางความถี่มีการสุ่มระยะ ภายใน 79 ความถี่ต่อช่องสัญญาณ 1 เมกะเฮิรตซ์ และมีการเปลี่ยนช่องสัญญาณที่ 1600 ครั้งต่อวินาที

3. นำคลื่นข้อมูลและคลื่นพาหะ มาทำการมอดูเลตแบบจีเอฟเอส ซึ่งการมอดูเลชั่นคือการรวมคลื่นความถี่ของข้อมูล ซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยเข้ากับคลื่นความถี่พาหะ ซึ่งมีความยาวคลื่นมากเพื่อใช้ในการรับและส่งข้อมูลให้ได้ระยะทางที่ไกลขึ้น ยิ่งคลื่นมีความยาวคลื่นมากยิ่งส่งระยะทางได้ไกลและอุปกรณ์ส่งสัญญาณก็จะมีขนาดเล็ก และจีเอฟเอสเคจะทำหน้าที่เลือกช่องสัญญาณว่าต้องการจะส่งสัญญาณในช่องสัญญาณใดบ้าง

4. จากนั้นนำคลื่นมาผ่านทีดีดี (Time Division Duplex: TDD) ซึ่งจะคอยสลับส่งรับข้อมูลทุก 625 วินาที

5. จะได้คลื่นวิทยุบลูทูธออกจากอุปกรณ์ที่เราส่ง

6. ในการรับคลื่นบลูทูธ เคลื่อนจะผ่านเข้าทีดีดี ซึ่งทำหน้าที่แบ่งช่วงเวลาในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ

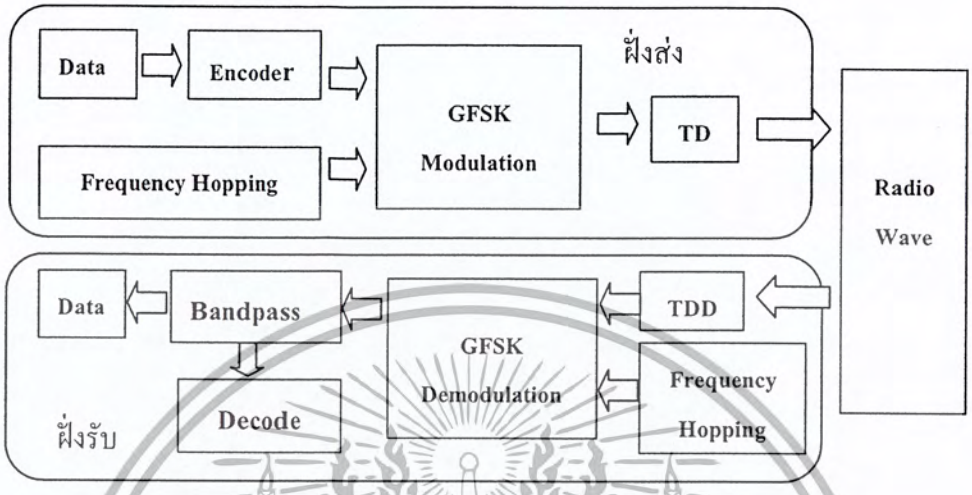
7. นำสัญญาณที่ได้ไปทำการดีมอดูเลชั่นแบบจีเอฟเอสเค เพื่อเลือกช่องสัญญาณให้ตรงกันกับตัวส่ง เช่นส่งมาช่องที่ 70 ถึง75 จีเอฟเอสเค ก็จะทำการเลื่อนไปรับสัญญาณที่ช่อง 70 ถึง 75 แต่การทำดีมอดูเลชั่นนี้ จะได้ความถี่ซึ่งมีความแตกต่างจากความถี่ของจริง 10.7 เมกะเฮิรตซ์

8. นำสัญญาณที่ได้มาผ่านวงจรกรองความถี่ผ่าน เพื่อกรองสัญญาณให้ได้สัญญาณที่เราต้องการ

9. ทำการถอดรหัสสัญญาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลเดิมที่ถูกส่งออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขั้นตอนดังกล่าวสามารถนำมาเขียนบล็อกไดอะแกรม ได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมการรับส่งข้อมูลผ่านบลูทูธ

เนื่องจากบลูทูธใช้ย่านความถี่ที่ 2.45 จิกะเฮิรตซ์ ซึ่งในย่านนี้จะมีการแทรกแซงจากอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ความถี่เดียวกันได้ เช่น ระบบเครือข่ายแบบไร้สายไมโครเวฟ (Microwave Wireless LAN) อุปกรณ์บลูทูธอื่นๆ ดังนั้นวิธีหลีกเลี่ยงการแทรกแซงของสัญญาณอื่นๆมี 2 วิธีคือ

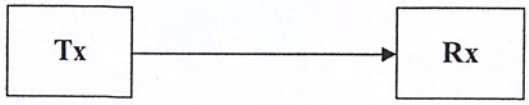
1. การขจัดคลื่นแทรก (Interference Suppression) ใช้ดีเอสเอสเอส (DSSS)
2. การขจัดคลื่นแทรก (Interference Avoidance) ใช้เอฟเอชเอสเอส (FHSS)

2.5 การสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม (Serial Port)

การสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. การส่งผ่านทิศทางเดียว (Simplex) จะเป็นการสื่อสารแบบทางเดียว โดยที่จะมีฝ่ายส่งจะทำหน้าที่ในการส่งเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำหน้าที่รับข้อมูลได้ในขณะที่ฝ่ายรับจะทำหน้าที่ในการรับเพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะทำการส่งข้อมูลได้ เช่น การที่วิทยุรับสัญญาณจากสถานีวิทยุ ซึ่งจะเห็นว่าตัวเครื่องรับก็จะมีหน้าที่รับข้อมูลเพียงอย่างเดียวในขณะที่ฝ่ายส่ง (สถานีวิทยุ) ก็จะมีหน้าที่ส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว เป็นต้น ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การส่งผ่านทิศทางเดียว

2. การส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half Duplex) จะเป็นการส่งข้อมูลแบบสองทาง โดยที่ช่วงเวลาใดจะต้องมีผู้ส่งข้อมูลเพียงผู้เดียว จะทำการส่งพร้อมๆกันไม่ได้ เช่น การที่คนสองคนโทรศัพท์คุยกัน ซึ่งจะเป็นการผลัดกันพูดทั้งสองฝ่ายสามารถที่จะเป็นได้ทั้งผู้ส่งและรับข้อมูล ดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 การส่งผ่านแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน

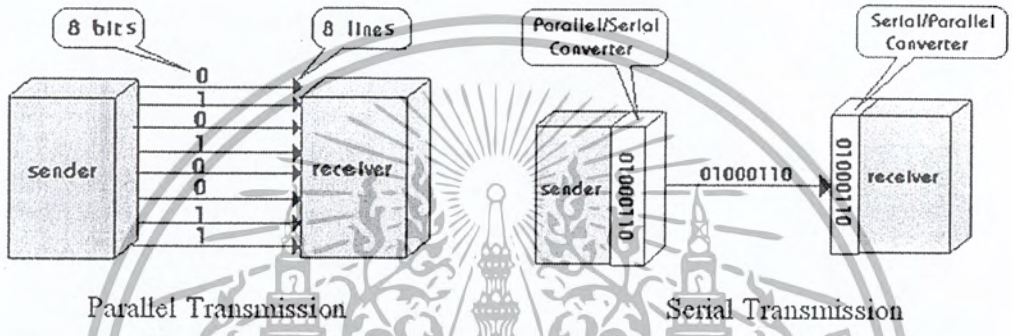
3. การส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน (Full Duplex) จะเป็นการส่งข้อมูลแบบสองทาง ที่สามารถส่งข้อมูล และรับข้อมูลได้พร้อมๆกัน เช่น การที่คนสองคนใช้โปรแกรมทำการสนทนากัน ซึ่งทั้งสองฝ่ายสามารถที่จะรับและส่งข้อมูลได้พร้อมกัน ดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 การส่งผ่านแบบสองทิศทางในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การรับส่งข้อมูล (Transmission Mode)

รูปแบบการรับส่งข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การรับส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission) และการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission) ดังรูปที่ 2.13



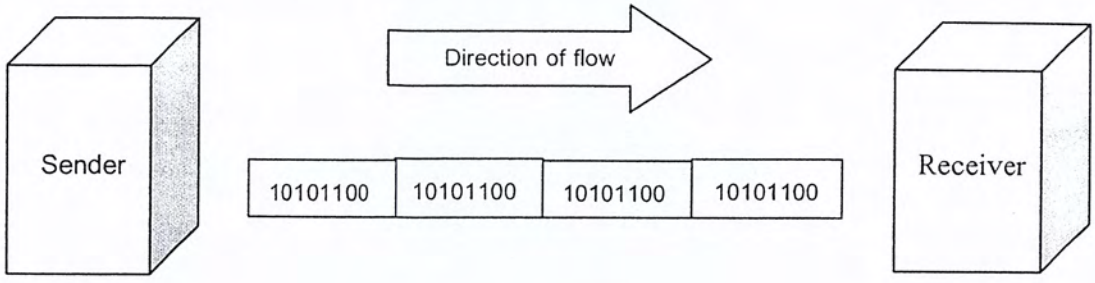
รูปที่ 2.13 รูปแบบการรับส่งข้อมูล

2.6.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

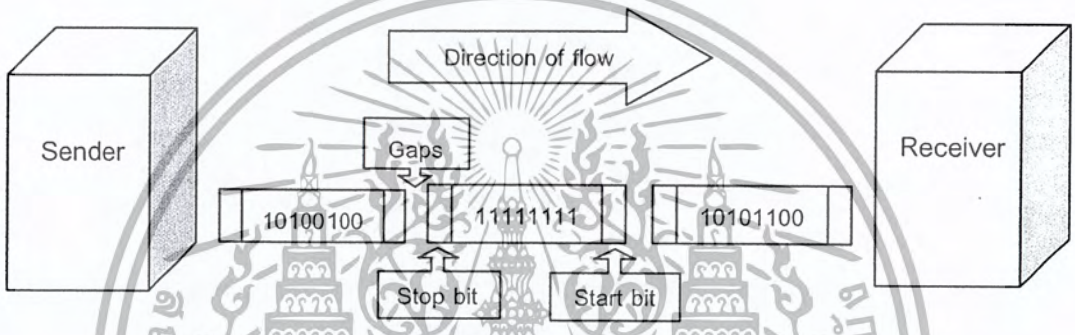
สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม จะมีการรับส่งข้อมูลที่ละบิตแล้วเวียนจนครบจำนวนบิตที่ต้องการรับส่ง ซึ่งข้อดีของระบบการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือจะใช้จำนวนสายน้อยกว่าการรับส่งแบบขนาน และสามารถส่งสัญญาณรับส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลมากกว่าขนาน โดยทั่วไปการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ซิงโครนัส (Synchronous) การรับส่งที่ขึ้นอยู่กับเวลา ดังรูปที่ 2.14
2. อะซิงโครนัส (Asynchronous) การรับส่งข้อมูลแบบไม่ขึ้นกับเวลา ดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



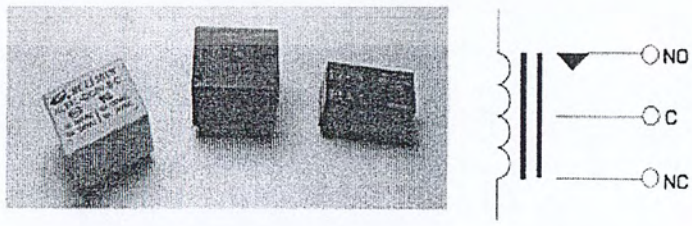
รูปที่ 2.14 ซิงโครนัส



รูปที่ 2.15 อะซิงโครนัส

2.7 รีเลย์ (Relay)

อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ และจะทำงานโดยอาศัยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับรีเลย์ รีเลย์นั้นมีมากมายหลายประเภท เช่น รีเลย์ขนาดเล็ก ที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ หรือรีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานทางไฟฟ้ากำลังเป็นต้น โดยมีหลักการทำงานนั้นจะคล้ายๆกัน อุปกรณ์รีเลย์ และสัญลักษณ์ของรีเลย์ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 รีเลย์ และ สัญลักษณ์ของรีเลย์

(อ้างอิงจาก: http://www.numsai.com/อิเล็กทรอนิกส์และชิ้นส่วน/อุปกรณ์-รีเลย์.html)

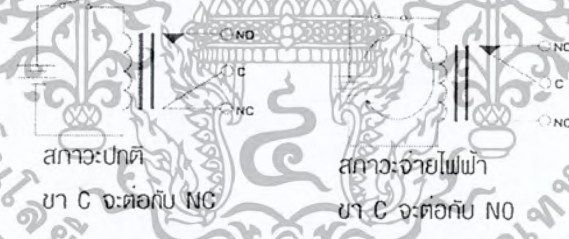
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 โครงสร้างของรีเลย์

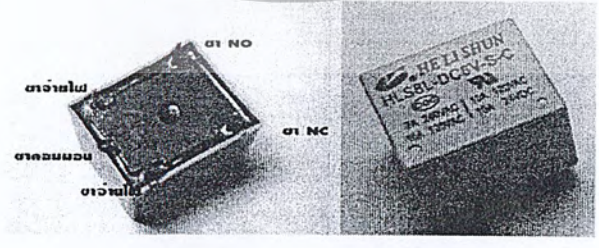
ภายในโครงสร้างของรีเลย์ จะประกอบไปด้วยขดลวด 1 ชุด และหน้าสัมผัส ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด ซึ่งจะประกอบไปด้วยหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close: NC) ซึ่งในสภาวะปกติ ขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (C) และหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open: NO) ขานี้จะต่อเข้ากับขาร่วม เมื่อขดลวดมีแรงดันตกคร่อมหรือกระแสไหลผ่านในปริมาณที่เพียงพอ ในรีเลย์ 1 ตัว อาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิต

2.7.2 การทำงานของรีเลย์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึง แผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมาแตะหน้าสัมผัสอีกอันทำให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้ แสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์ และด้านล่างของรีเลย์จะแสดงตำแหน่งขา ด้านบนจะแสดงรายละเอียดการใช้งาน ดังรูปที่ 2.17 และดังรูปที่ 2.18 ตามลำดับ



รูปที่ 2.17 แสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์



รูปที่ 2.18 ด้านล่างของรีเลย์จะแสดงตำแหน่งขา และด้านบนจะแสดงรายละเอียดการใช้งาน
(อ้างอิงจาก: http://www.numsai.com/อิเล็กทรอนิกส์และชิ้นส่วน/อุปกรณ์-รีเลย์.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ข้อควรรู้ในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1. แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน เช่น 12โวลล์ดีซี คือต้องใช้แรงดันที่ 12 โวลล์ดีซี เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามากรีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

2. การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10 แอมแปร์ 220 เอซี คือ หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามาถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220โวลล์เอซี แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะดีกว่า เพราะถ้ากระแสมากหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

3. จำนานหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วย

2.8 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter: A/D) และการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog Converter: D/A)

การสื่อสารข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์พกพา สามารถสื่อสารข้อมูลได้ทุกประเภท ประกอบด้วยเสียง อักขระข้อความ ภาพ และข้อมูลคอมพิวเตอร์ ซึ่งแต่ละข้อมูลมีลักษณะเฉพาะของสัญญาณที่แตกต่างกัน แบ่งการกระทำของข้อมูลดังนี้

สัญญาณอนาล็อก คือสัญญาณข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) มีขนาดของสัญญาณไม่คงที่ การเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไปแปรผันตามเวลา เป็นสัญญาณที่มนุษย์สามารถสัมผัสได้ เช่น แรงดันของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณดิจิตัล คือสัญญาณข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) มีขนาดของสัญญาณคงที่ การเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณเป็นแบบทันที ไม่แปรผันตามเวลา เป็นสัญญาณที่มนุษย์ไม่สามารถสัมผัสได้ เช่น สัญญาณไฟฟ้า

สัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิตอล ทั้งสองสัญญาณเกี่ยวข้อกับตัวแปลงสัญญาณ การเชื่อมต่อระบบอนาล็อกเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ จะต้องมีตัวกลางในการแปลงเปลี่ยนจากอนาล็อกให้เป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า "ทรานส์ดิวเซอร์" (Transducer) การแปลงสัญญาณกลับไปกลับมาระหว่างสัญญาณอนาล็อก และสัญญาณดิจิตอลอาศัยตัวเปลี่ยนสัญญาณข้อมูล (Converter)

2.8.1 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter: A/D)

ทำหน้าที่แปลงสัญญาณข้อมูลที่มนุษย์รับรู้ สัมผัสได้ เป็นข้อมูลทางไฟฟ้า เพื่อป้อนเข้าสู่การประมวลผล จึงเป็นขบวนการหนึ่งของการรับข้อมูล (Input Unit) เป็นกระบวนการอิเลคโทรนิกส์ ที่สัญญาแปรผันต่อเนื่อง ได้รับการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยไม่มีการลบข้อมูลสำคัญผลลัพธ์ของ การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลมีลักษณะตรงข้าม คือ กำหนดระดับหรือสถานะ ตัวเลขของสถานะมักจะเป็นการยกกำลังของ 2 คือ 2, 4, 8, 16 เป็นต้น สัญญาณดิจิตอลพื้นฐานมี 2 สถานะและเรียกว่า "ไบนารี" ตัวเลขทั้งหมดสามารถแสดงในรูปของไบนารี ในฐานะข้อควมของหนึ่งและศูนย์ วงจรที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลมีมากมายหลายชนิด โดยทั่วไปแล้ว มีใช้งานอยู่ประมาณ 7 ชนิดคือ

1. Parallel Comparator, Simultaneous, หรือ Flash A/D converter
2. Single – Ramp หรือ Single – Slope A/D converter
3. Dual – Slope A/D converter
4. Charge balance A/D converter
5. A/D converters using Counters and D/A converters
6. Tracking A/D converters
7. Successive – Approximation A/D converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เค้าท์ติ้ง คอนเวอเตอร์ (Counting Converter) เป็นการแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้อัลกอริทึมการนับค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆแล้วนำผลที่ได้จากการนับไปเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการที่ตั้งไว้ การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล มีประโยชน์มากในการควบคุมอุปกรณ์สวิตชิ่ง ซึ่งมีลักษณะการแปลงสัญญาณได้หลายวิธี แต่ละวิธีจะมีอัลกอริทึม ความรวดเร็วในการทำงาน และการใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่างกันด้วย

ข้อบ่งเฉพาะจะบอกถึงขีดความสามารถของการแปลงสัญญาณ โดยทั่วไปแล้วจะมีอยู่หลายคำ เช่น ความแม่นยำ ความเที่ยงตรง และความเที่ยงตรงเป็นเส้นตรง ซึ่งค่าเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละวงจร แต่มีข้อบ่งเฉพาะอีกข้อหนึ่งที่ไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะของวงจรคือ ค่าผิดพลาดระหว่างค่าจริงของสัญญาณอนาล็อกกับค่าของดิจิตอลที่ใช้แทนค่า

2.8.2 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog Converter: D/A)

ทำหน้าที่แปลงข้อมูลผลลัพธ์จากการประมวลผลเป็นสัญญาณไฟฟ้า ให้เป็นสัญญาณที่มนุษย์รับรู้ได้ สัมผัสได้ เป็นการแสดงผลข้อมูล (Output Unit) การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกเป็นกระบวนการซึ่งสัญญาณมีการกำหนดระดับ หรือสถานะจำนวนหนึ่ง ปกติ คือ 2 สถานะ หรือสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณที่ไม่จำกัดจำนวนของสถานะ หรือสัญญาณอนาล็อก ตัวอย่าง กระบวนการของโมเด็มในการแปลงข้อมูลคอมพิวเตอร์ เป็นความถี่เสียง ให้สามารถส่งผ่านสายโทรศัพท์ ในวงจรที่ทำงานให้กับฟังก์ชันนี้ เรียกว่า “การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก” โดยพื้นฐานการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกตรงข้ามกับการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ถ้าการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล วางอยู่ในวงจรการสื่อสารต่อจากการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก สัญญาณดิจิตอลส่งออก จะตรงกับสัญญาณดิจิตอลนำเข้า ในกรณีที่การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกวางอยู่ในวงจรต่อจากการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอนาล็อกส่งออกจะเป็นตรงกับสัญญาณอนาล็อกนำเข้าสัญญาณดิจิตอลแบบไบนารีจะปรากฏเป็นข้อความขนาดยาว ของ 1 และ 0 ซึ่งจะไม่มีความหมายต่อการอ่าน แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก ใช้ถอดรหัสสัญญาณดิจิตอลแบบไบนารี จึงปรากฏผลลัพธ์ที่มีความหมาย ซึ่งอาจจะเป็น เสียง ภาพ เสียงดนตรี และกลไกการเคลื่อน

วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกมี 2 ลักษณะดังนี้

1. แบบรวมกระแส (Weighted Resistor) คุณลักษณะของการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก แบบรวมกระแส มีดังนี้

1) จะต้องมีตัวต้านทานทุกอินพุตของสัญญาณดิจิตอล

2) ตัวต้านทานนี้อินพุตของทุกบิตจะมีค่าเท่ากับเอาต์พุตของระดับดิจิตอลสูงสุด

3) แรงเคลื่อนที่เอาต์พุตเต็มสเกลจะมีค่าเท่ากับเอาต์พุตของระดับดิจิตอลสูงสุด

4) บิตที่มีความสำคัญน้อยสุด (Least Significant Bit: LSB) จะมีน้ำหนักเป็น 1/(2n-1) เมื่อ n เป็นจำนวนบิตที่อินพุต

5) เมื่อบิตที่มีความสำคัญน้อยสุด เปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เอาต์พุตจะเปลี่ยนไป 1/(2n-1) เมื่อ โวลล์ (V) เป็นระดับสัญญาณดิจิตอล

2. โครงข่ายแบบอาร์ทูอาร์แลดเดอร์ (R-2R Ladder)

2.9 วงจรกรองความถี่ (Filters)

สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบพาสซีฟ (Passive Filters) และแบบแอคทีฟ (Active Filters) วงจรกรองความถี่เป็นวงจรที่สามารถทำหน้าที่เลือกความถี่ที่ต้องการหรือตัดความถี่ที่ไม่ต้องการออกก็ได้ การใช้งานวงจรกรองความถี่สามารถใช้กรองสัญญาณรบกวน หรือกรองเอาสัญญาณข่าวสารออกมาจากคลื่นพาหะในระบบวิทยุ ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำ มาใช้ในวงจรกรองความถี่ ถ้าเป็นแบบพาสซีฟจะใช้ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ ส่วนในวงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟ จะใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

ประจุร่วมกับอุปกรณ์ที่สามารถทำการขยายสัญญาณ เช่น ออปแอมป์ ทำให้วงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟมีข้อดีกว่าแบบพาสซีฟ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ไม่มีการสูญเสียของสัญญาณเนื่องจากออปแอมป์สามารถทำ การขยายสัญญาณเพื่อชดเชยการลดทอนของสัญญาณได้

2) ราคาถูก โดยเฉลี่ยแล้ววงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟจะมีราคาถูกกว่าแบบพาสซีฟเนื่องจาก ตัวเหนี่ยวนำ ที่ใช้ในแบบพาสซีฟมีราคาแพง และสร้างได้ยากกว่า

3) การปรับค่า วงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟ สามารถปรับค่าความถี่ที่ต้องการได้ง่ายภายใต้ย่านความถี่ที่กว้างกว่าที่สามารถปรับได้ในแบบพาสซีฟ

4) การแยกระหว่างอินพุตและเอาต์พุต เนื่องจากวงจรกรองความถี่ แบบแอคทีฟมีการใช้ออปแอมป์ประกอบในวงจรจึงทำให้วงจรกรองความถี่แบบนี้มีอินพุตอินพีแดนซ์สูงและเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ ทำ ให้ไม่มีผลการรบกวนกันระหว่างแหล่งจ่ายสัญญาณอินพุตและโหลด

การกรองความถี่แบบแอคทีฟก็มีข้อเสียอยู่บางประการ เมื่อเทียบกับแบบพาสซีฟ คือ

1) การตอบสนองความถี่ วงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟ มีความสามารถในการตอบสนองความถี่ได้แคบกว่าแบบพาสซีฟเนื่องจากขีดจำ กัดของออปแอมป์ยกตัวอย่างเช่นออปแอมป์เบอร์ 741 มีความสามารถในการตอบสนองความถี่ได้เพียง 1 เมกะเฮิรตซ์

2) แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง เนื่องจากการใช้ออปแอมป์ทำ ให้ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงในการทำงานในขณะที่แบบพาสซีฟไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

วงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟสามารถแบ่งออกเป็นชนิด ตามหน้าที่การทำงานได้อีกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

1) วงจรกรองความถี่ต่ำย่าน (Low pass filter : LPF)

2) วงจรกรองความถี่สูงย่าน (High pass filter : HPF)

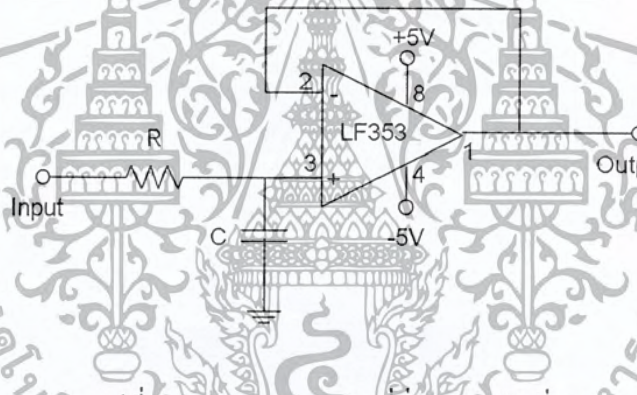
3) วงจรกรองแถบความถี่ย่าน (Band pass filter : BPF)

4) วงจรตัดแถบความถี่ (Notch filter หรือ Band Eliminate filter : BEF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรกรองความถี่ต่ำจะยอมให้สัญญาณใดๆ ที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ จนถึงความถี่ที่กำหนดซึ่งเรียกว่า "ความถี่คัทออฟ หรือ ความถี่ขอบเขต" (Cutoff Frequency) ผ่านไปได้โดยไม่มีการลดทอนของสัญญาณ และถ้าความถี่ของสัญญาณเข้ามีค่าเกินที่กำหนดไว้ สัญญาณออกควรจะมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติเราจะเห็นว่า เมื่อความถี่อินพุตเปลี่ยนแปลงถึงจุดตัดความถี่ (f_c) ของวงจร วงจรจะค่อย ๆ ลดการตอบสนองความถี่ลง โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้จะขึ้นอยู่กับลำดับ (Order) ของวงจรกรองความถี่ซึ่งโดยทั่วไป วงจรกรองความถี่มีตั้งแต่ลำดับที่ 1 , 2 , 3 , 4 ไปเรื่อย ๆ จนถึงลำดับที่ n สำหรับตัวอย่างลำดับของวงจรกรองความถี่ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองความถี่ของวงจรของความถี่ต่ำย่าน

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านลำดับที่ 1 ออปแอมป์ต่อเป็นวงจรตามแรงดันดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านลำดับที่ 1

เพื่อทำให้เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ของวงจรกรองความถี่มีค่าต่ำ โดยค่าความถี่ตัด (f_c) สามารถกำหนดได้จากค่าอุปกรณ์ภายนอก ดังสมการที่ 2.1

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \tag{2.1}$$

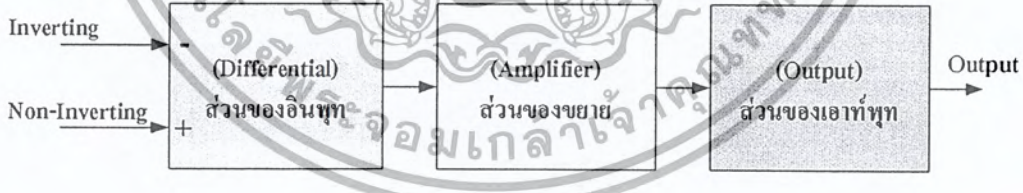
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 วงจรขยายสัญญาณ

วงจรขยายสัญญาณมีมากมายหลายแบบ โดยในแต่ละวงจรก็มีการนำอุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไปมาทำการสร้างเป็นวงจรขยายสัญญาณ เช่น วงจรขยายสัญญาณที่สร้างด้วยออปแอมป์ ซึ่งจะขอกล่าวถึงพื้นฐานของวงจรขยายสัญญาณ

ในส่วนของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในวงจรขยายสัญญาณนั้นคือ ออปแอมป์ (OP-AMP) ซึ่งในการที่จะนำมาใช้งานในวงจรขยายสัญญาณก็มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานเป็นอย่างมากด้วยการที่มีลักษณะเป็นไอซีสำเร็จรูป โดยในปัจจุบันมีการนำมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลายเป็นอย่างมาก

คุณสมบัติของออปแอมป์ คือออปแอมป์นั้นเป็นวงจรขยายสัญญาณที่อยู่ในรูปของตัวไอซี โดยจะมีอยู่ 2 แบบ คือ ออปแอมป์แบบ 8 ขา และ 14 ขา ซึ่งจะมีลักษณะเป็นโลหะ และจะเป็นแบบพลาสติก โดยจะมีการจัดวางขาเป็นแบบดีไอพี (Dual In-Line Package: DIP) ซึ่งภายในตัวโครงสร้างของออปแอมป์นั้นจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนก็คือ 1. ส่วนของสัญญาณเข้า (Differential) 2. ส่วนของการขยายสัญญาณ (Amplifier) 3. ส่วนของสัญญาณออก (Output) ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 โครงสร้างพื้นฐานของออปแอมป์

จากรูปโครงสร้างพื้นฐานของออปแอมป์ ถ้าจะทำการพิจารณาดูในแต่ละส่วนก็สามารถที่จะกล่าวได้ดังนี้คือในส่วนของอินพุต หรือที่เรียกว่า "วงจรขยายสัญญาณผลต่าง" ซึ่งถ้าดูในส่วนของอัตราการขยายสัญญาณอินพุตจะพบว่ามีอัตราการขยายที่สูง แต่ในทางกลับกันใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของอัตราขยายสัญญาณอินพุตร่วมจะมีค่าที่ต่ำ และในส่วนของอิมพีแดนซ์ขาเข้าของวงจรจะมีค่าที่สูงมาก ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 1 เมกะโอห์ม

ในส่วนของการขยายสัญญาณนั้นก็จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณทั้งแรงดันและกระแส เพื่อที่จะทำให้อัตราขยายโดยรวมนั้นมีค่าที่สูงขึ้น

สัญญาณออก ซึ่งในส่วนนี้ถ้าพิจารณาดูโครงสร้างของวงจรภายในก็จะทราบว่าจะเป็นวงจรขยายสัญญาณแบบอีมิตเตอร์ร่วม สาเหตุที่ต้องเป็นแบบนี้ก็เพื่อที่จะทำให้อิมพีแดนซ์ที่ขาออกของวงจรมีค่าที่ต่ำนั้นเอง และเพื่อที่จะสามารถขับกระแสให้กับโหลดที่ต่อได้เพียงพอ

ลักษณะของขาต่างๆ ของออปแอมป์ ดังแสดงในรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 ลักษณะของขาที่ใช้งานของออปแอมป์

1. ขา +V และ –V โดยทั้งสองขานี้จะเป็นขาที่มีไว้เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับออปแอมป์ ซึ่งปกติแล้วจะต้องจ่ายไฟเลี้ยงทั้งสองขา ยกตัวอย่างเช่น +V เท่ากับ +15โวลล์ และ –V เท่ากับ -15 โวลล์ เป็นต้น ซึ่งต้องดูรายละเอียดของเบอร์ออปแอมป์ที่จะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขาออฟเซต 1 (Offset1) และออฟเซต (Offset2) โดยทั้งสองขานี้จะใช้ต่ออุปกรณ์เพื่อที่จะเป็นการป้องกันการเกิดออสซิเลตของออปแอมป์

3. ขาเอาท์พุต โดยจะเป็นขาสัญญาณออก ซึ่งโดยปกติแล้วค่าแรงดันเอาท์พุตที่ขานี้จะมีค่าสูงสุดไม่เกินค่าแรงดันไฟที่เราจ่ายให้กับออปแอมป์ และในส่วนของกระแสที่ได้จากเอาท์พุตนั้นจะมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิแอมป์แปร์

4. ขาอินเวอร์ติ้ง อินพุต (Inverting Input) หรือที่เรียกว่า ขาอินพุตแบบกลับเฟส โดยจะเป็นขาอินพุตขาหนึ่งของออปแอมป์ ซึ่งถ้าเราทำการป้อนสัญญาณเข้าไปที่ขานี้ โดยทำการต่อขาอินพุตอีกขาหนึ่ง ที่เรียกว่าขานอนอินเวอร์ติ้ง อินพุต (Non Inverting Input) นั้นต่อลงกราวด์แล้ว จะได้สัญญาณเอาท์พุตที่ออกมานั้นมีสัญญาณที่ต่างเฟสกันกับสัญญาณอินพุตเป็นมุม 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

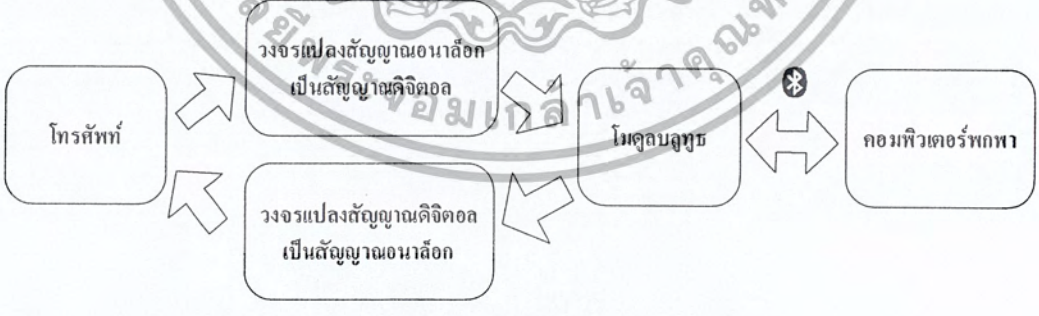
3.1 การออกแบบ

3.1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

เมื่อทำการโทรเข้า สัญญาณเสียงจากโทรศัพท์บ้านจะเชื่อมต่อกับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านช่องสัญญาณบลูทูธมาแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา

เมื่อทำการโทรออก จะส่งสัญญาณเสียงจากคอมพิวเตอร์พกพาส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านช่องสัญญาณบลูทูธมาทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อกจะได้เป็นสัญญาณเสียงกลับมาที่โทรศัพท์บ้าน

ซึ่งเราจะสามารถแสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงงาน ได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

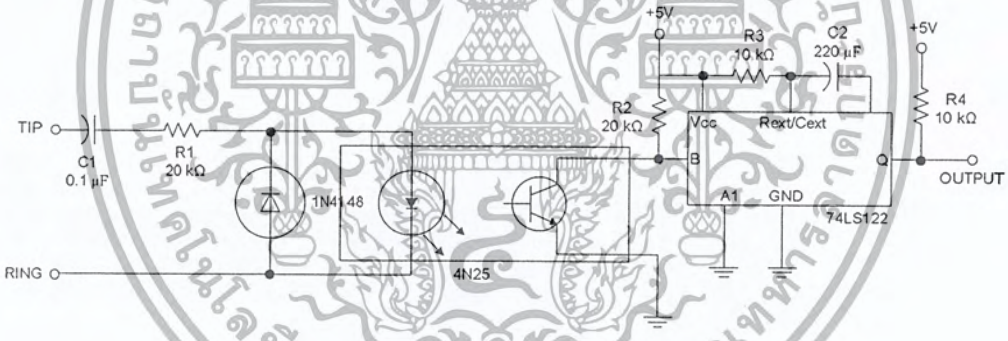
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์

3.1.2.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ในการทำงานเมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์เข้ามา จะต้องมีการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งเพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่ามีการโทรศัพท์เข้ามาในระบบ ซึ่งจะทำให้หน่วยประมวลผลสั่งการและแสดงว่ามีสายเรียกเข้ามาเมื่อการเรียกเข้ามาเท่ากับจำนวนสัญญาณกระดิ่งที่ตั้งไว้

การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้ เนื่องจากสัญญาณกระดิ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับ และมีขนาดค่อนข้างสูงเราจึงนำสัญญาณนี้ไปใช้โดยตรงไม่ได้ จึงต้องทำการแปลงสัญญาณให้มีขนาดต่ำลงเพื่อให้วงจรส่วนอื่นปลอดภัย โดยวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง แสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

สัญญาณกระดิ่งจะถูกลดทอนเมื่อผ่านตัวเก็บประจุ และตัวต้านทานที่ต่อไว้ตอนต้นของวงจรจากนี้จะผ่านไดโอดเพื่อให้สัญญาณด้านบวกเท่านั้นผ่านได้ และสัญญาณที่ผ่านจากไดโอดจะไปเข้าไอซี 4N25 ซึ่งเป็นออปโต้คอปเปอร์ (Opto Coupler) ทำหน้าที่แยกกราวด์สัญญาณกระดิ่งออกจากกราวด์ของระบบเอาท์พุตที่ได้จาก 4N25 จะเป็นพัลซ์มีความถี่เท่ากับสัญญาณกระดิ่ง เพื่อให้สัญญาณมีความเที่ยงตรงมากขึ้นจึงทำไปผ่านวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไว-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบรเตอร์ ในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์74LS121 เพื่อสร้างพัลซ์ใหม่ โดยความกว้างของพัลซ์สามารถกำหนดได้จากค่าตัวเก็บประจุ (C) และตัวต้านทาน (R) ที่ต่อกับไอซี ดังสมการที่ 3.1

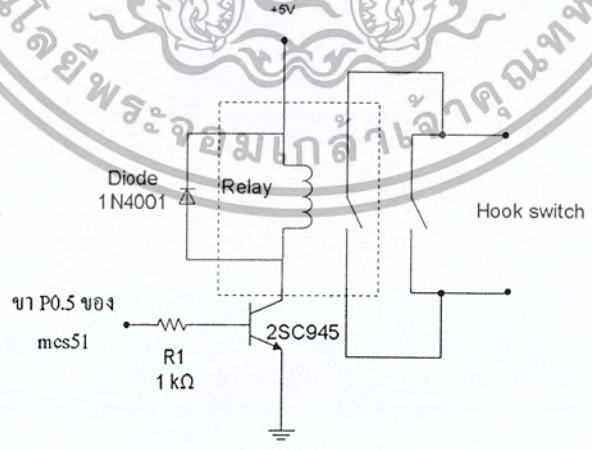
$$T = 0.707RC \tag{3.1}$$

เอาท์พุตที่ได้จาก 74LS121 จะเป็นลอจิก 0 เมื่อไม่มีสัญญาณกระดิ่ง และเป็นลอจิก 1 เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งสลับกันไป ทำให้สามารถตรวจสัญญาณกระดิ่งได้ง่ายและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3.1.2.2 วงจรยกหูและวางหูโทรศัพท์

จะทำหน้าที่แทนชุดสวิตซ์ของโทรศัพท์บ้าน เพื่อทำการตัดหรือเชื่อมต่อกับวงจรโทรศัพท์กับคู่สายโทรศัพท์

การทำงานเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาครบตามที่ตั้งไว้ ส่วนประมวลผลจะส่งสัญญาณมาที่ขาเกทของทรานซิสเตอร์ ทำให้มีกระแสไหลครบวงจรและทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ปิด ทำให้มีการต่อกันของระบบและคู่สายโทรศัพท์จึงเปรียบเสมือนการยกหูโทรศัพท์ ดังรูปที่ 3.3

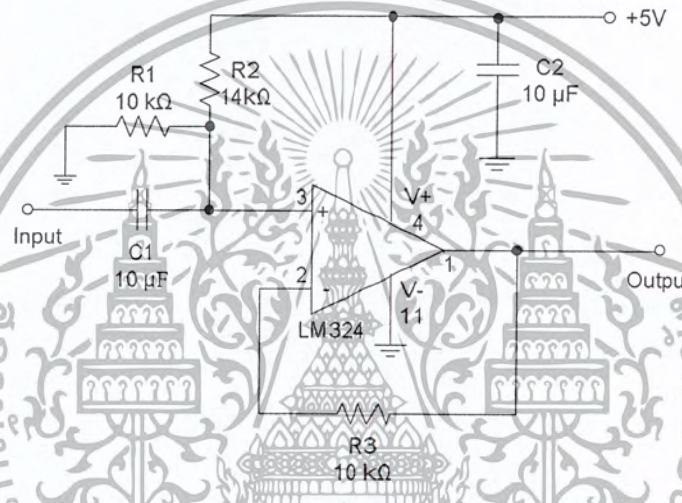


รูปที่ 3.3 วงจรยกหูและวางหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.3 วงจรระดับสัญญาณ

วงจรยกระดับสัญญาณทำหน้าที่ยกระดับสัญญาณเสียงที่ตกคร่อมระหว่าง 0 โวลล์ เพื่อที่จะทำให้สัญญาณที่มีระดับต่ำสุดมีค่ามากกว่า 0 โวลล์ เนื่องจากไอซี ADC0804 ที่ทำหน้าที่การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล จะทำงานเมื่อสัญญาณที่อินพุตอยู่ในระดับมากกว่า 0 โวลล์ ดังรูปที่ 3.4

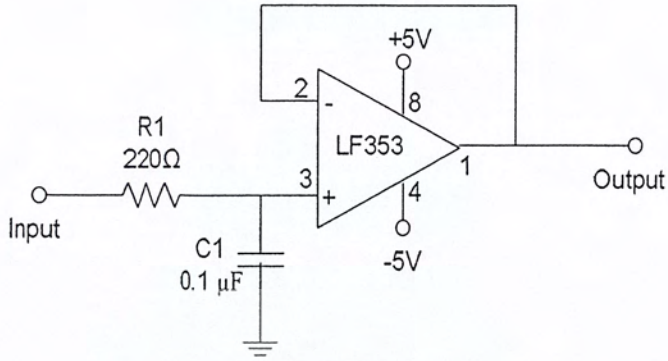


รูปที่ 3.4 วงจรยกระดับสัญญาณ

3.1.2.4 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter: LPF)

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่มีความถี่คัทออฟจากการคำนวณตามสมการที่ 2.1 มีค่าเท่ากับ 7200 เฮิรตซ์ เนื่องจากการทดลองในการส่งข้อมูลได้ทำการสุ่มสัญญาณ (Sampling) 14.4 กิโลแซมเปอร์ต่อวินาที เพราะฉนั้นจึงต้องการตัดสัญญาณรบกวนในช่วงความถี่ที่ไม่ต้องการทิ้งไป แสดงดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านลำดับที่ 1

จากการคำนวณหาค่าความถี่คัทออฟ จากสมการที่ 2.1

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \text{ Hz}$$

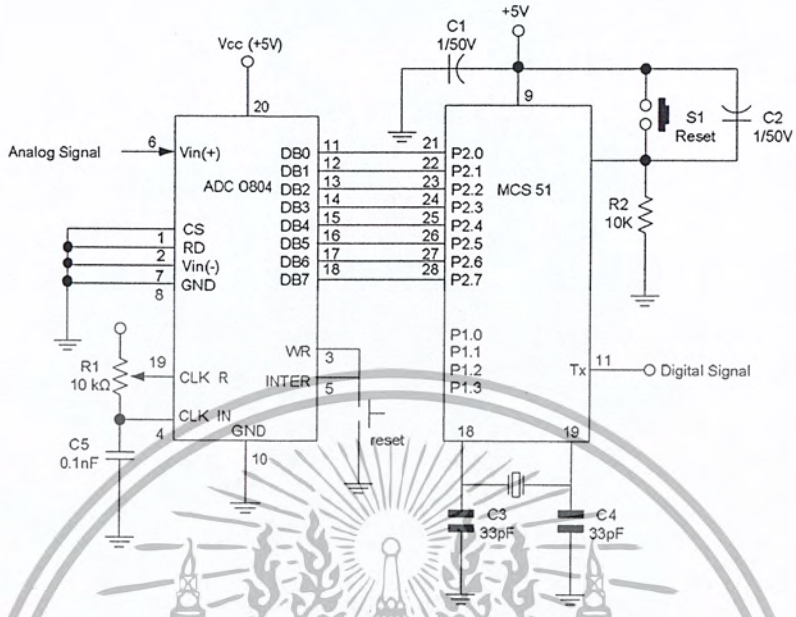
$$f_c = \frac{1}{2\pi(220)(1\times10^{-6})} \text{ Hz}$$

$$f_c = 7200 \text{ Hz}$$

3.1.2.5 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลโดยใช้ไอซี เบอร์ADC 0804 ขนาด 8 บิต โดยรับสัญญาณเสียงพูด (สัญญาณอนาล็อก) ทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้ว นำมาเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมสัญญาณ โดยเปลี่ยนจากการส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

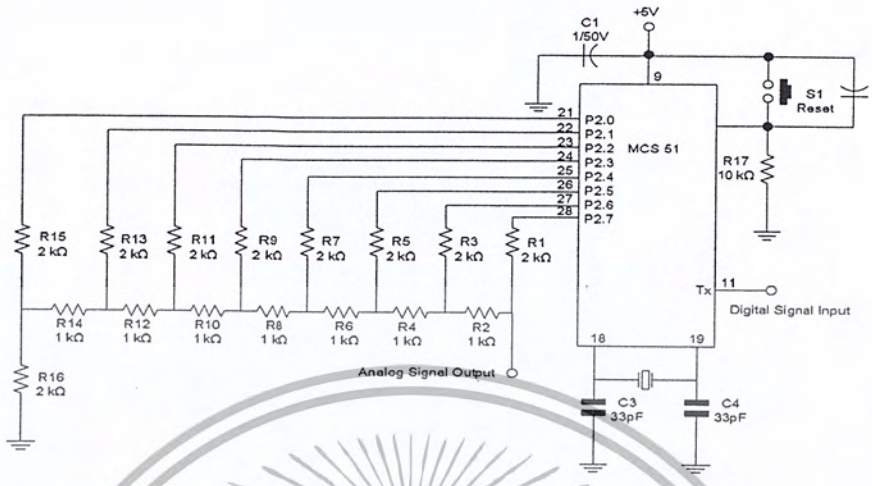


รูปที่ 3.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

3.1.2.6 วงจรแปลงสัญญาณสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก

วงจรแปลงสัญญาณสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก ทำการรับสัญญาณดิจิตอลผ่านช่องสัญญาณบลูทูธจากคอมพิวเตอร์พกพาทำการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกมายังโทรศัพท์บ้าน โดยใช้วงจรอาร์ทูอาร์แลดเดอร์ขนาด 8 บิต โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมจากการรับสัญญาณแบบอนุกรมเป็นการรับสัญญาณแบบขนาน ทำการทดลองโดยป้อนสัญญาณดิจิตอลอินพุตที่ขา 11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะได้สัญญาณอนาล็อกเอาท์พุตที่วงจรอาร์ทูอาร์แลดเดอร์ ดังรูปที่ 3.7

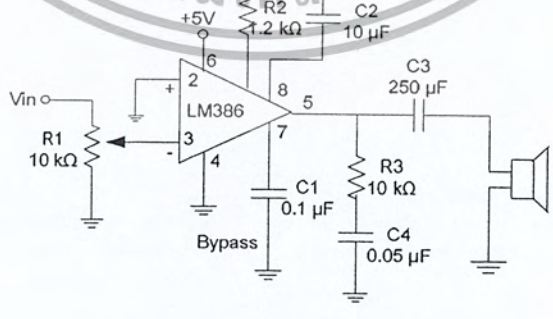
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรอาร์ทูอาร์แลดเดอร์

3.2.4.7 วงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์

เสียงที่ได้จากการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อกจากการส่งผ่านช่องสัญญาณบลูทูธ ผ่านเข้าความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม ทำหน้าที่ปรับอัตราขยายของวงจรผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้ง 0.1 ไมโครฟารัด และยังสามรถป้องกันไฟตรงที่อาจจะปนมากับสัญญาณเสียงด้วย จากนั้นสัญญาณเสียงจะผ่านเข้าอินพุตของ LM386 ที่ขา 3 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายที่สามารถปรับอัตราขยายได้ถึง 200 เท่า ด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อเข้าที่ขา 1 และขา 8 สามารถปรับอัตราขยายให้ได้ระดับเสียงที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 โครงสร้างทางด้านซอฟต์แวร์

3.1.2.1 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ

หลักการทำงานของโปรแกรมการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ คือ เริ่มต้นค้าหาอุปกรณ์บลูทูธ จากนั้นจะรอรับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อทำการรับค่าเป็นเลข “1” จะทำการตรวจสอบสถานะแล้วเสียงกระดิ่งขึ้นจะแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 โฟว์ชาร์ตแสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 การตัดชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ

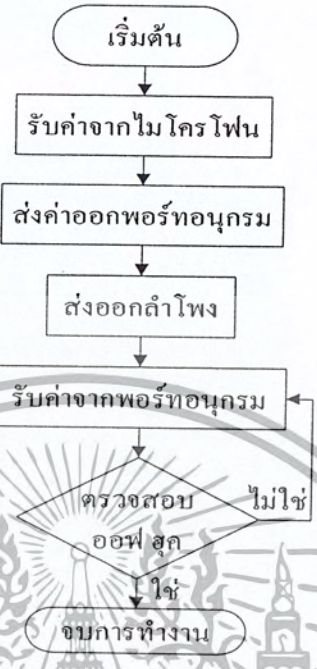
หลักการทำงานของโปรแกรมการตัดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ คือ เริ่มต้นด้วยการปิดพอร์ทอนุกรมของอุปกรณ์บลูทูธแล้ว ส่งคำสั่งเปิดสถานะปุ่มเชื่อมต่อเพื่อที่จะรอรับการเชื่อมต่อในครั้งต่อไป ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 โฟว์ชาร์ตแสดงการตัดเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ

3.1.2.3 สถานะออน ฮุคของโทรศัพท์บนคอมพิวเตอร์พกพา

หลักการทำงานของโปรแกรมสถานะออนฮุคของโทรศัพท์บนคอมพิวเตอร์พกพา คือเริ่มต้นด้วยการรอรับเสียงจากไมโครโฟนส่งสัญญาณผ่านเสียงพอร์ทอนุกรมของอุปกรณ์บลูทูธแล้ว ส่งสัญญาณเสียงออกลำโพง ดังรูปที่ 3.11

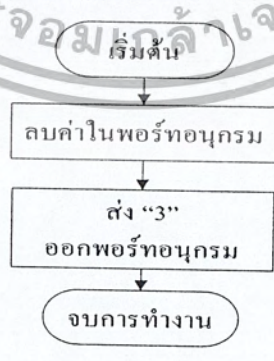
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 โฟว์ชาร์ตแสดงสถานะออนฮุคของโทรศัพท์บนคอมพิวเตอร์พกพา

3.1.2.4 สถานะออฟฮุคของโทรศัพท์บนคอมพิวเตอร์พกพา

หลักการทำงานของโปรแกรมสถานะออฟฮุคของโทรศัพท์บนคอมพิวเตอร์พกพา คือเริ่มต้นด้วยการลบข้อมูลในพอร์ทอนุกรมของอุปกรณ์บลูทูธ จากนั้นส่งเลข “3” ออกพอร์ทอนุกรมเพื่อต้องการวางหูโทรศัพท์ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 โฟว์ชาร์ตแสดงสถานะออฟฮุคของโทรศัพท์บนคอมพิวเตอร์พกพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการยกหูวางหูโทรศัพท์

หลักการทำงาน เริ่มต้นด้วยทำการหน่วงเวลา 3 วินาทีเพื่อรอรับสัญญาณที่จะส่งเข้ามา และทำการหน่วงเวลาอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาเป็นรูปแบบสัญญาณกระดิ่งแล้ว ทำการส่งข้อมูลออกพอร์ทอนุกรม ถ้าค่าที่ตรวจสอบสถานะได้เป็นเลข “2” เป็นการยกหูโทรศัพท์ หรือค่าที่ตรวจสอบสถานะได้เป็นเลข “3” เป็นการวางหูโทรศัพท์ ดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 โฟว์ชาร์ตแสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการยกหูวางหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Power Supply)
2. ออสซิโลสโคป (Oscilloscope)
3. ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ (Function Generator)
4. คอมพิวเตอร์พกพา
5. โทรศัพท์บ้าน

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

1. ทดสอบและเก็บผลการทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง
2. ทดสอบและเก็บผลการทดลองวงจรยกหูวางหูโทรศัพท์
3. ทดสอบและเก็บผลการทดลองยกระดับสัญญาณ
4. ทดสอบและเก็บผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ส่งสัญญาณบลูทูธไปแสดงผลยังหน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา
5. ทดสอบและเก็บผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก ที่รับสัญญาณดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์พกพา
6. ทดสอบและเก็บผลการทดลองวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ที่มีคัทออฟ 3185 เฮิรตซ์
7. ทดสอบและเก็บผลการทดลองวงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์เพื่อรับสัญญาณเสียงส่งออกลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

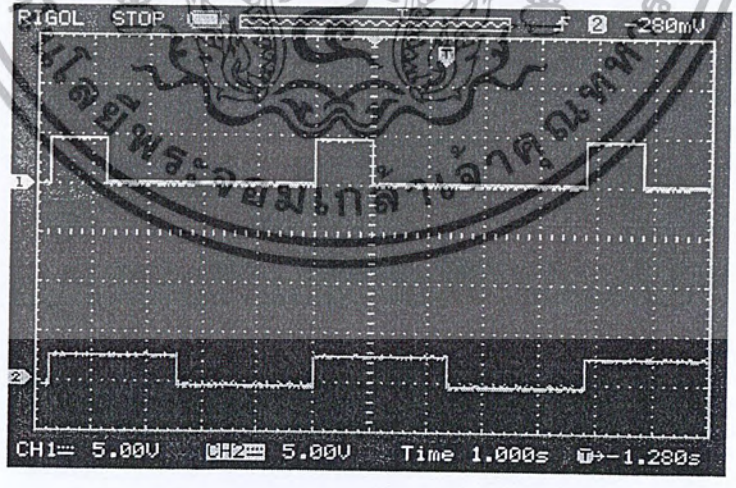
การทดลองจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การทดลองในส่วนของฮาร์ดแวร์จะทำการต่อวงจรดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

ในส่วนของซอฟต์แวร์นั้น จะทำการเขียนโปรแกรมตามโฟว์ชาร์ตที่แสดงในบทที่ 3

4.1 ผลการทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

การตรวจจับสัญญาณกระดิ่งเพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่ามีการโทรศัพท์เข้ามาในระบบซึ่งจะทำให้หน่วยประมวลผลสั่งการและแสดงว่ามีสายเรียกเข้ามาเมื่อการเรียกเข้ามาเท่ากับจำนวนสัญญาณกระดิ่งที่ตั้งไว้

แสดงผลการทดลองวงจรโมโนสเตเบิล ดังรูปที่ 4.1



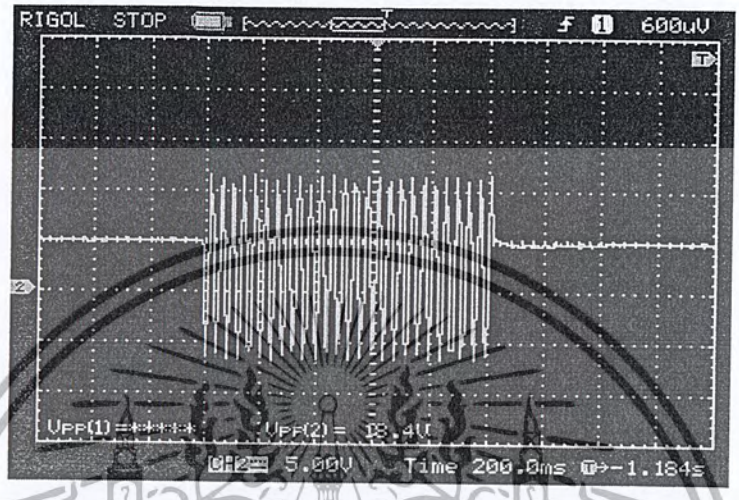
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตและอินพุตจากวงจรโมโนสเตเบิล

Channel 1 สัญญาณเอาท์พุตจากวงจรโมโนสเตเบิล

Channel 2 สัญญาณอินพุตจากวงจรโมโนสเตเบิล

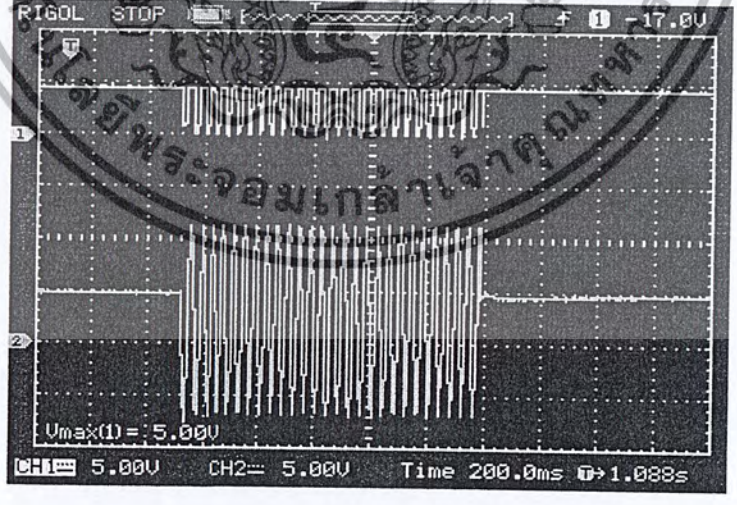
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลการทดลองเมื่อวัดสัญญาณกระดิ่งที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สัญญาณกระดิ่ง

แสดงผลการทดลองเมื่อวัดสัญญาณเปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตจากออปโต้คอปเปอร์ กับสัญญาณกระดิ่ง ดังรูปที่ 4.3



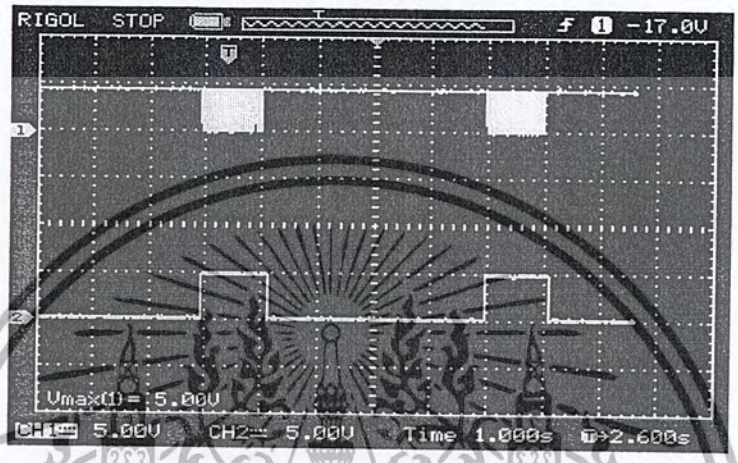
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตจากออปโต้คอปเปอร์กับสัญญาณกระดิ่ง

Channel 1 เอาท์พุตจากออปโต้คอปเปอร์

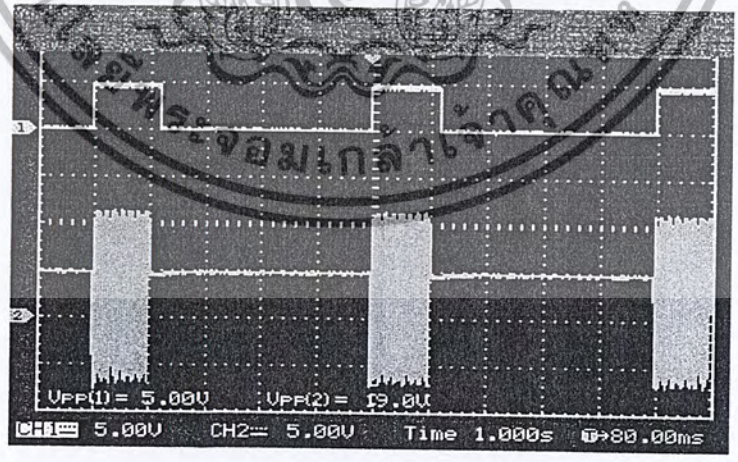
Channel 2 สัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลการทดลองเมื่อวัดสัญญาณเปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตจากออปโต้คอปเปอร์ กับสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรโมโนสเตเบิล และเปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรโมโนสเตเบิลกับสัญญาณกระดิ่ง ดังรูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตจากออปโต้คอปเปอร์
กับสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรโมโนสเตเบิล
Channel 1 สัญญาณเอาท์พุตจากออปโต้คอปเปอร์
Channel 2 สัญญาณเอาท์พุตจากวงจรโมโนสเตเบิล



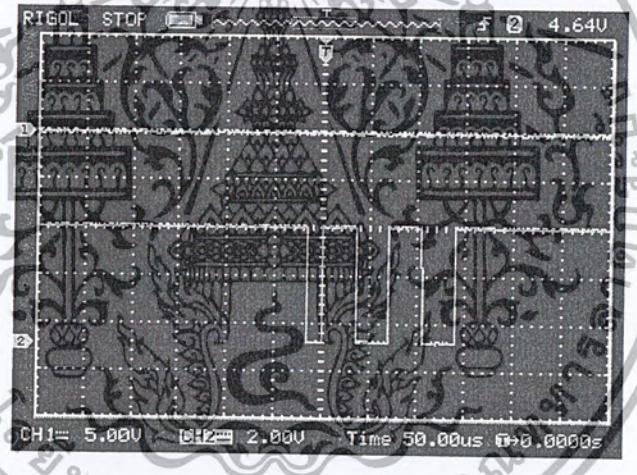
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรโมโนสเตเบิลกับสัญญาณกระดิ่ง
Channel 1 สัญญาณเอาท์พุตจากวงจรโมโนสเตเบิล
Channel 2 สัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองวงจรยกหูและวางหูโทรศัพท์

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาครบตามที่ตั้งไว้ ส่วนประมวลผลจะส่งสัญญาณมาที่ขาเกทของทรานซิสเตอร์ ทำให้มีกระแสไหลครบวงจรและทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ปิด ทำให้มีการต่อกันของระบบและคู่สายโทรศัพท์จึงเปรียบเสมือนการยกหูโทรศัพท์

แสดงผลการทดลองเมื่อวัดสัญญาณเปรียบเทียบสัญญาณแรงดันที่ออกมาจากพอร์ทที่ 0.6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ กับสัญญาณรหัสแอสกีที่ขารับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกดเลข 3 ที่คีย์บอร์ด ดังรูปที่ 4.6



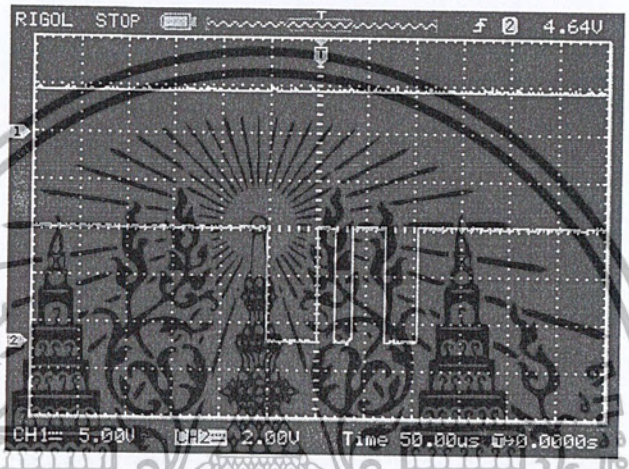
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันที่ออกมาจากพอร์ทที่ 0.6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์กับสัญญาณรหัสแอสกีที่ขารับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกดเลข 3 ที่คีย์บอร์ด

Channel 1 สัญญาณแรงดันที่ออกมาจากพอร์ทที่ 0.6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

Channel 2 สัญญาณรหัสแอสกีที่ขารับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลการทดลองเมื่อวัดสัญญาณเปรียบเทียบสัญญาณแรงดันที่ออกมาจากพอร์ทที่ 0.6 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์กับสัญญาณรหัสแอสกีที่ขารับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกดเลข 4 ที่คีย์บอร์ด ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันที่ออกมาจากพอร์ทที่ 0.6 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์กับสัญญาณรหัสแอสกีที่ขารับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อกดเลข 4 ที่คีย์บอร์ด

Channel 1 สัญญาณแรงดันที่ออกมาจากพอร์ทที่ 0.6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

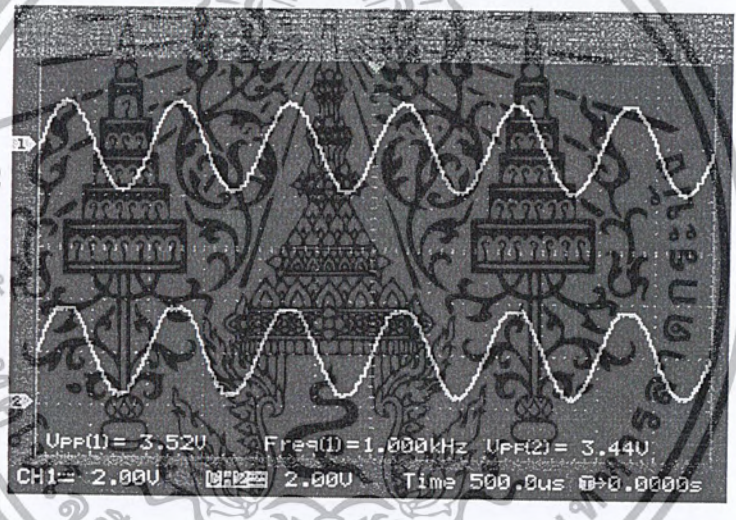
Channel 2 สัญญาณรหัสแอสกีที่ขารับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองวงจรยกระดับสัญญาณ

วงจรยกระดับสัญญาณทำหน้าที่ยกระดับสัญญาณเสียงที่ตกคร่อมระหว่าง 0 โวลล์ เพื่อที่จะทำให้สัญญาณที่มีระดับต่ำสุดมีค่ามากกว่า 0 โวลล์ เพื่อที่จะรองรับการใช้งานของ ไอซี ADC0804 เพื่อที่จะทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

แสดงผลการทดลองเมื่อวัดสัญญาณเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณอินพุต และสัญญาณเอาท์พุตที่ผ่านวงจรยกระดับสัญญาณ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุต ที่ผ่านวงจรยกระดับสัญญาณ

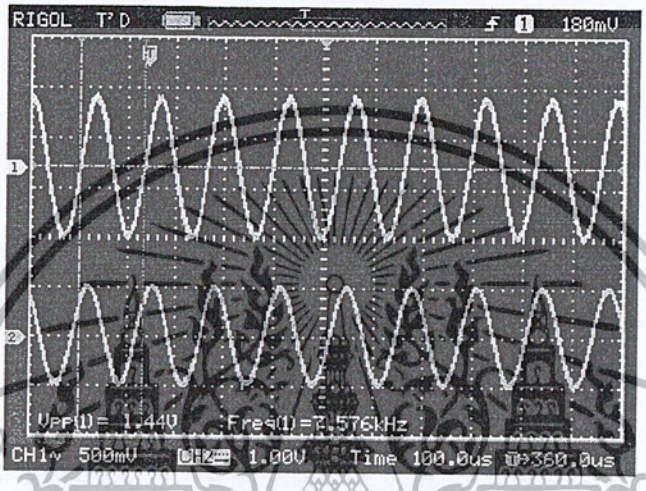
Channel 1 สัญญาณไซน์อินพุตที่ป้อนในวงจรยกระดับสัญญาณ

Channel 2 สัญญาณไซน์เอาท์พุตที่ได้จากวงจรยกระดับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

แสดงผลการทดลองเมื่อวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุตที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ ที่มีความถี่คัทออฟ $f_c = 7238$ เฮิรตซ์ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุตที่ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ ที่มีความถี่คัทออฟ $f_c = 7238$ เฮิรตซ์

Channel 1 สัญญาณไซน์เอาท์พุตที่ป้อนในวงจรกรองความถี่ต่ำ

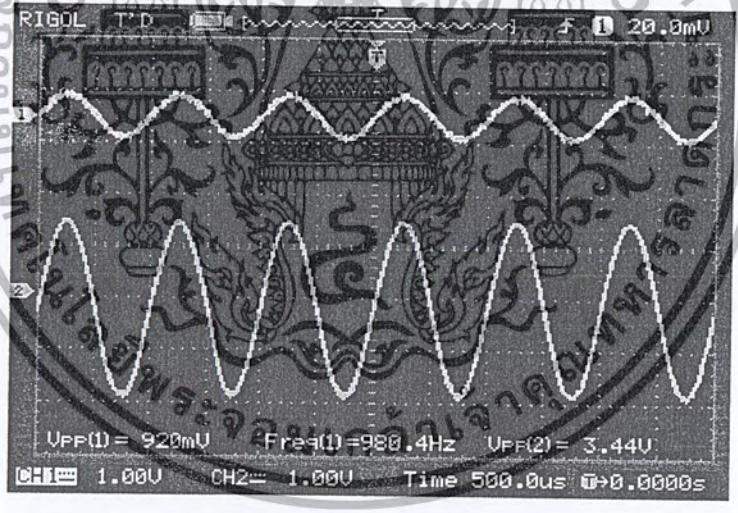
Channel 2 สัญญาณไซน์อินพุตที่ได้จากวงจรกรองความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการทดลองวงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์

เสียงที่ได้จากการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก จากการส่งผ่านช่องสัญญาณบลูทูธ ผ่านเข้าความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม ทำหน้าที่ปรับอัตราขยายของวงจรผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้ง 0.1 ไมโครฟารัด และยังสามารถป้องกันไฟตรงที่อาจจะปนมากับสัญญาณเสียงด้วย จากนั้นสัญญาณเสียงจะผ่านเข้าอินพุตของ LM386 ที่ขา 3 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายที่สามารถปรับอัตราขยายได้ถึง 200 เท่า ด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อเข้าที่ขา 1 และขา 8 สามารถปรับอัตราขยายให้ได้ระดับเสียงที่ต้องการ

แสดงผลการทดลองเมื่อวัดสัญญาณเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุตที่ผ่านวงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์ ดังรูปที่ 4.10



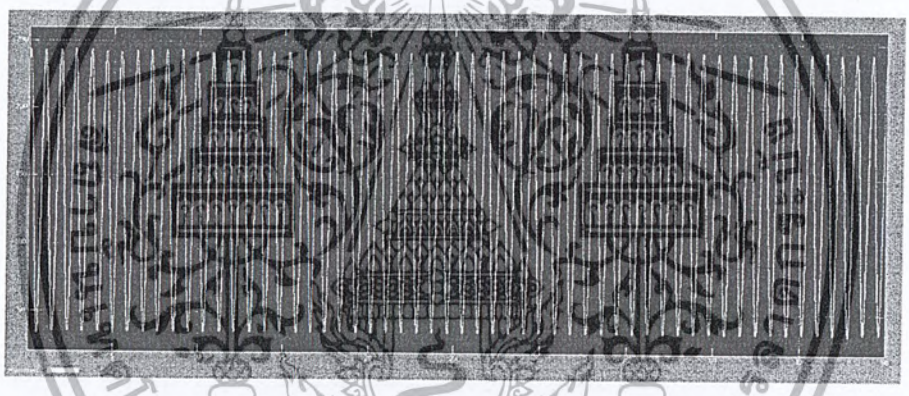
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุต
ที่ผ่านวงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์
Channel 1 สัญญาณไซน์อินพุตที่ป้อนในวงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์
Channel 2 สัญญาณไซน์เอาท์พุตที่ได้จากวงจรพาวเวอร์แอมปลิไฟเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

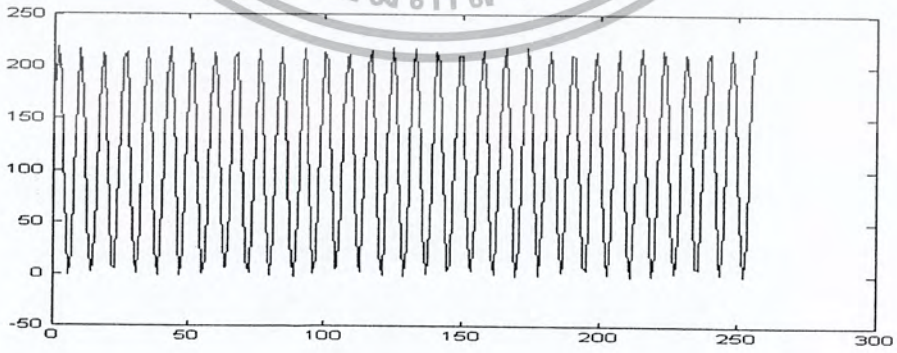
4.6 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ทำการทดลองเมื่อป้อนสัญญาณอนาล็อกผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมและส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านช่องสัญญาณบลูทูธมาแสดงยังคอมพิวเตอร์พกพา

แสดงผลการทดลองสัญญาณไซน์ความถี่ 10 เฮิรตซ์และความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ ที่ได้จากการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ไปแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา ดังรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 กราฟที่นำค่าที่ได้จากการแปลงสัญญาณของสัญญาณไซน์ความถี่ 10 เฮิรตซ์



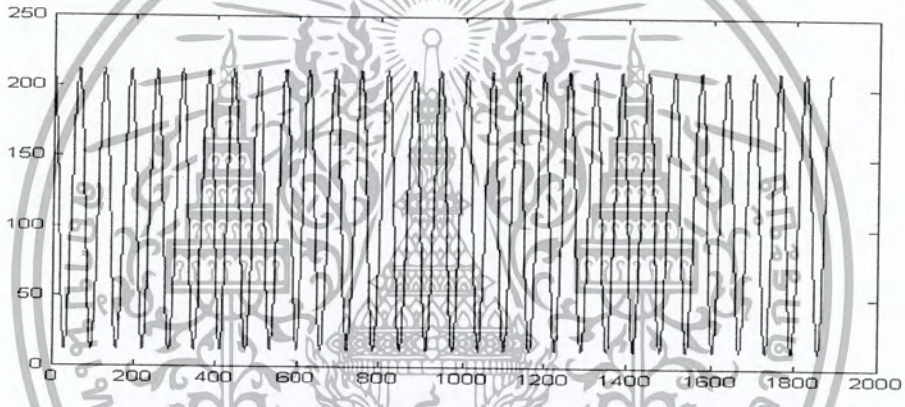
รูปที่ 4.12 กราฟที่นำค่าที่ได้จากการแปลงสัญญาณของสัญญาณไซน์ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

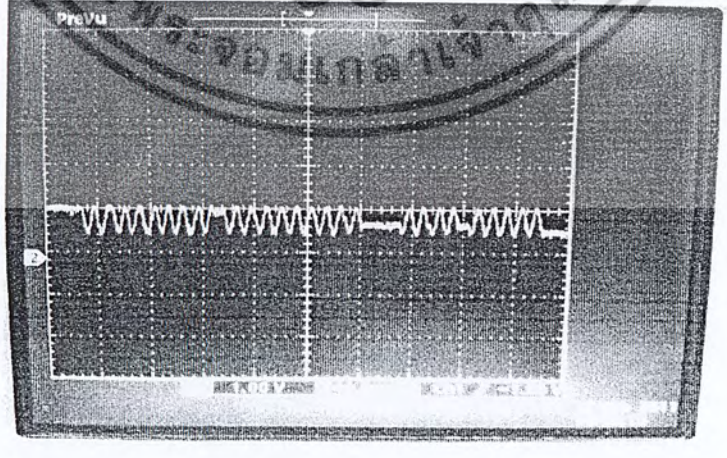
4.7 ผลการทดลองวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

ทำการทดลองโดยการสร้างสัญญาณไซน์บนคอมพิวเตอร์พกพา แล้วทำการส่งสัญญาณไซน์ผ่านช่องสัญญาณบลูทูธมายังวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการส่งข้อมูล

แสดงผลการทดลองรูปสัญญาณไซน์ที่สร้างจากคอมพิวเตอร์พกพาและรูปสัญญาณที่รับได้จากการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก ดังรูปที่ 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 รูปสัญญาณไซน์ที่สร้างจากคอมพิวเตอร์พกพา



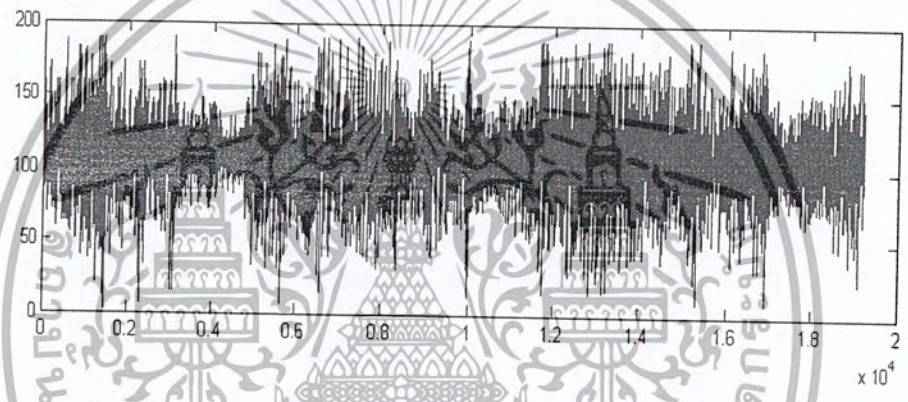
รูปที่ 4.14 รูปสัญญาณที่รับได้จากการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการทดลองส่งสัญญาณเสียงเพลงผ่านช่องสัญญาณบลูทูธ

ทำการทดลองเมื่อป้อนสัญญาณเสียงผ่านวงจรยกระดับสัญญาณ และวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการส่งข้อมูล และส่งผ่านช่องสัญญาณบลูทูธมาแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา

แสดงผลการทดลองส่งสัญญาณเสียงเพลงผ่านช่องสัญญาณบลูทูธ ดังรูปที่ 4.15

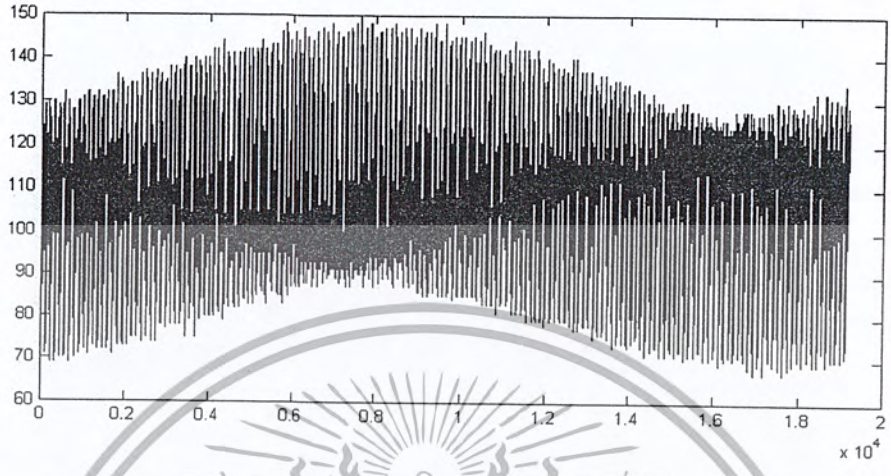


รูปที่ 4.15 รูปสัญญาณเสียงที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา

4.9 ผลการทดลองส่งสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์บ้านผ่านช่องสัญญาณบลูทูธ

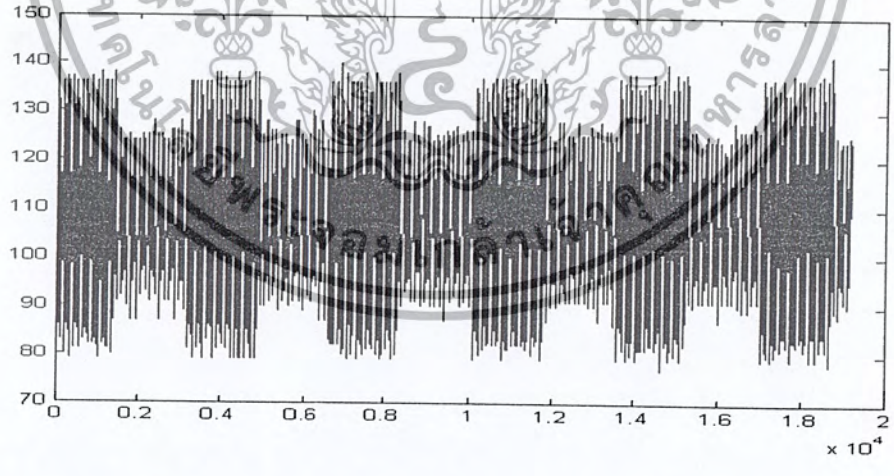
ไดอัลโทน (Dial Tone) เป็นสัญญาณเสียงที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่า ขณะนี้ชุมสายพร้อมแล้วให้ผู้เรียกเริ่มหมุนหมายเลย หรือกดปุ่มหมายเลขได้ ลักษณะของไดอัลโทน ได้ดังรูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 สัญญาณเสียงไดอัลโทนที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา

บิวซี่โทน (Busy Tone) เป็นสัญญาณเสียงที่บอกให้ผู้เรียกทราบถึงความไม่พร้อมของชุมสายหรือผู้รับปลายทางไม่ว่าง ดังนั้นเมื่อได้ยินเสียงบิวซี่โทน ให้วางหูแล้วเริ่มต้นโทรใหม่ ลักษณะของบิวซี่โทน ได้ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 สัญญาณเสียงบิวซี่โทนที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์พกพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง โดยเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาออปโต้ทรานซิสเตอร์ 4n25 จะให้ เอาต์พุตเป็นโลว์เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรยกหูและวางหูโทรศัพท์ เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาจะเกิดสัญญาณตามที่กำหนดไว้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์พกพา เพื่อให้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์พกพาประมวลผลแล้วสามารถกด ยกหูและวางหู ได้จากคอมพิวเตอร์พกพา

วงจรยกระดับสัญญาณทำหน้าที่ยกระดับสัญญาณเสียงที่ตกคร่อมระหว่าง 0 โวลล์ เพื่อที่จะทำให้สัญญาณที่มีระดับต่ำสุดมีค่ามากกว่า 0 โวลล์ เนื่องจากไอซี ADC0804 ที่ทำหน้าที่การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล จะทำงานเมื่อสัญญาณที่อินพุตอยู่ในระดับมากกว่า 0 โวลล์

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล โดยรับสัญญาณเสียงพูดทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้ว นำมาเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมสัญญาณโดยเปลี่ยนจากการส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

วงจรแปลงสัญญาณสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก ทำการรับสัญญาณดิจิตอลผ่านช่องสัญญาณบลูทูธจากคอมพิวเตอร์พกพาทำการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกมายังโทรศัพท์บ้านโดยใช้วงจรอาร์ทูอาร์แลดเดอร์ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมจากการรับสัญญาณแบบอนุกรมเป็นการรับสัญญาณแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่มีความถี่คัทออฟจากการคำนวณได้ มีค่าเท่ากับ 3185 เฮิรตซ์ เนื่องจากการทดลองในการส่งข้อมูลได้ทำการสุ่มสัญญาณ 5 กิโลแซมเปอร์ต่อวินาที เพราะฉนั้นจึงต้องการสัญญาณที่มีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 2500 เฮิรตซ์

เสียงที่ได้จากการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อกจากการส่งผ่านช่องสัญญาณบลูทูธผ่านเข้าความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม ทำหน้าที่ปรับอัตราขยายของวงจรผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้ง 0.1 ไมโครฟารัด จากนั้นสัญญาณเสียงจะผ่านเข้าอินพุตของ LM386 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายที่สามารถปรับอัตราขยาย

5.2 ข้อเสนอแนะ

พัฒนาส่วนของซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์พกพาที่จะนำเสียงที่แปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลแล้วมาส่งออกซาวด์การ์ดนั้นสามารถทำให้สัญญาณเสียงที่ออกมาเป็นเรียลไทม์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] รศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์. *วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์.* พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ.: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีเจ. พริ้นติ้ง 2551.

[2] รศ.สมยศ จุณณะปิยะ. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. พิมพ์ครั้งที่6. กรุงเทพฯ, 2550.

[3] นางสาวพรเพ็ญ นนท์แก้ว นางสาววลัยพร พีธรากร. "*โทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ.*" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2544.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

โปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                //Program check ringing signal

                ORG 0000H

MAIN:           JB P0.5,CHK          // Check bit 1

                SJMP   MAIN

CHK:            LCALL DELAY          // Delay 1 sec

                LCALL DELAY          // Delay 1 sec

                LCALL DELAY          // Delay 1 sec

                JNB P0.5,CHK1        //Check bit 0

                SJMP   MAIN

CHK1:           LCALL DELAY          //Delay 1 sec

                JB P0.5,ONHOOK       //Check bit 1

                SJMP   MAIN

ONHOOK:         LCALL SET_SENT

                MOV    R1,#31H       //Sent "1"

                LCALL SENT

CHK2:           LCALL DELAY

                LCALL SET_RECIEVE

                LCALL RECV

                CJNE   A,#33H,CHK3  // Check  A = "3"

                CLR    P0.6          // Set P0.6 to low level
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OFFHOOK:    LCALL SET_RECIEVE
            LCALL RECV
            CJNE  A,#FFH,OFFHOOK // Check A = "ÿ"
            SETB  P0.6           //Set P0.6 to high level
            SJMP  MAIN

DELAY:      MOV R3,#200
DELAY1:     MOV TMOD,#10H
            MOV TH1,#0D8H
            MOV TL1,#0F0H
            SETB TR1
            JNB TF1,$
            CLR TF1
            DJNZ R3,DELAY1
            RET
SET_SENT:   MOV   PCON,#80H
            MOV   SCON,#40H
            MOV   TMOD,#20H
            MOV   TH1,#0FEH
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SET_RECIEVE:MOV PCON,#80H
            MOV SCON,#50H
            MOV TMOD,#20H
            MOV TH1,#0FEH
            SETB  TR1
            RET
RECV: JNB   RI,RECV
      MOV   A,SBUF
      CLR   RI
      RET
SENT: SETB  TR1
      MOV   SBUF,R1
WAIT1:JNB TI,WAIT1
      CLR   TI
      CLR   TR1
      RET
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้