

ระบบระบุตำแหน่งของวิทยุสื่อสารโดยใช้เทคนิคการถอดรหัส FSK ด้วย

SAGC

POSITIONING WALKIE-TALKIE SYSTEM

BY USING SAGC TECHNIQUE FOR FSK DECODING



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบระบุตำแหน่งของวิทยุสื่อสารโดยใช้เทคนิคการถอดรหัส FSK ด้วย
SAGC
POSITIONING WALKIE-TALKIE SYSTEM
BY USING SAGC TECHNIQUE FOR FSK DECODING



โดย
อภิชาติ สุธรรม

60011149

อภิวัฒน์ มัคคีธรรม

60011154

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบระบุตำแหน่งของวิทยุสื่อสารโดยใช้เทคนิคการถอดรหัส FSK ด้วย SAGC

POSITIONING WALKIE-TALKIE SYSTEM BY USING SAGC TECHNIQUE FOR FSK
DECODING

ผู้จัดทำ

1. อภิชาติ สุธรรม 60011149
2. อภิวัฒน์ มัคคีธรรม 60011154

ปรามาศ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้หากมีเพียงผู้จัดทำเพียงผู้เดียว จึงจำเป็นต้องกล่าวขอขอบคุณ รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผลงานวิจัยหลักซึ่งเป็นแก่นของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ คือ A New AM Demodulation Scheme with a Blind Carrier Recovery Method โดย ดร. สุขรักษ์ แซ่เจี๋ย, รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน และ รศ.ดร. จีรสุดา โกษียาภรณ์ รวมถึงสื่อการเรียนการสอนออนไลน์ต่างๆเช่น Google และ YouTube และเอกสารอ้างอิงต่างๆ ที่จะถูกแนบท้ายไว้ในปริญญาานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านที่กล่าวถึงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้จัดทำหวังว่าปริญญาานิพนธ์นี้จะถูกใช้เป็นสาระประโยชน์อย่างถึงที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการนำไปใช้เพื่อเป็นระบบติดตามบุคลากรที่ปฏิบัติหน้าที่ในหน่วยงานต่างๆ เป็นแหล่งอ้างอิงเพื่อประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมอื่นๆ หรือ กระทั่งเป็นแหล่งอ้างอิงเพื่อการเรียนการสอนใตๆนั้น ผู้จัดทำรู้สึกได้รับเกียรติเป็นอย่างยิ่ง

อภิชาติ สุธรรม
อภิวัฒน์ มัคคีธรรม
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบระบุตำแหน่งของวิทยุสื่อสารโดยใช้เทคนิคการ
 ถอดรหัส FSK ด้วย SAGC
 POSITIONING WALKIE-TALKIE SYSTEM BY USING
 SAGC TECHNIQUE FOR FSK DECODING

โดย อภิชาติ สุธรรม 60011149

อภิวัฒน์ มัคคีธรรม 60011154

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

บทคัดย่อ

ในปฏิญานีพนธ์นี้นำเสนอ ระบบระบุตำแหน่งของวิทยุสื่อสารโดยใช้เทคนิคการ
 ถอดรหัส FSK ด้วย SAGC (Sinusoidal Automatic Gain Control)^[1] โดยสำหรับ SAGC นั้นเป็น
 วงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติสำหรับสัญญาณขาเข้ารูปไซน์ ซึ่งวงจรภายในประกอบไปด้วย
 วงจรการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ที่สร้างจาก IC AD633^[2], Op amp^[3], ตัวต้านทาน และ
 ตัวเก็บประจุ นอกเหนือจากการที่ SAGC จะสามารถปรับขนาดสัญญาณทุกย่านความถี่ให้เท่ากันได้
 แล้ว ยังได้มีการนำ SAGC ไปประยุกต์ใช้งานเพื่อถอดรหัสสัญญาณ FSK อีกด้วย

ABSTRACT

This Project presents about Positioning Walkie-Talkie System by Using
 SAGC Technique for FSK Decoding. SAGC is the Sinusoidal Automatic Gain Control. It
 combined with many Mathematical operational circuits, which from IC AD633, Op
 amp, Resistor and Capacitor, Other than SAGC can equalize gain into unity in every
 frequency, which it specified, it can be applied to decode FSK.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์	1
บทที่ 2	
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 Operational Amplifier (Op amp)	2
2.2 IC AD633	2
2.3 Low Pass Filter (LPF)	3
2.4 Global Positioning System (GPS)	5
2.5 NMEA Standard ของ GPS	6
2.6 Frequency Shift Keying (FSK)	8
2.7 Sinusoidal Automatic Gain Control (SAGC)	9
2.8 วิทยุสื่อสาร	11
บทที่ 3	
การออกแบบและการจัดทำปริญญาานิพนธ์	12
3.1 การออกแบบ	12
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	44
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	63
4.1 ผลการทดสอบการรับพิกัดตำแหน่ง GPS จาก GPS Module	63
4.2 ผลการทดสอบการส่งสัญญาณข้อมูลที่ถูกเข้ารหัส ASCII จาก ESP32	64
4.3 ผลการทดสอบวงจรไมโครโฟน	64
4.4 ผลการทดสอบวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx) พร้อมเสียงพูดจากไมโครโฟน	65
4.5 ผลการทดสอบการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสาร	66
4.6 ผลการทดสอบวงจร SAGC	66
4.7 ผลการทดสอบวงจรเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อตัดสินใจปิดข้อมูลและการอ่านข้อมูลด้วย ESP32	75
4.8 ผลการทดสอบวงจร 6 th Order Butterworth Low Pass Filter	77
4.9 ผลการทดสอบเสียงที่ออกจากลำโพง	78
4.10 ผลการทดสอบการนำค่าพิกัดที่อ่านค่าได้บน Serial Monitor ขึ้นไปยังฐานข้อมูล Firebase	79
4.11 ผลการทดสอบการแสดงผลพิกัดตำแหน่งบนแผนที่	80
4.12 ผลการทดสอบการระบุหมายเลขวิทยุสื่อสาร พร้อมแสดงผลบนเว็บไซต์	81
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	84
5.1 สรุปผล	84
5.2 ข้อเสนอแนะ	84
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก ก แผนภาพ Schematics ของวงจรฝั่งรับสัญญาณ (Rx)	87
ภาคผนวก ข การเขียนโปรแกรมของวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)	92
ภาคผนวก ค การเขียนโปรแกรมการถอดรหัสข้อมูลจากโปรโตคอล GPRMC	100

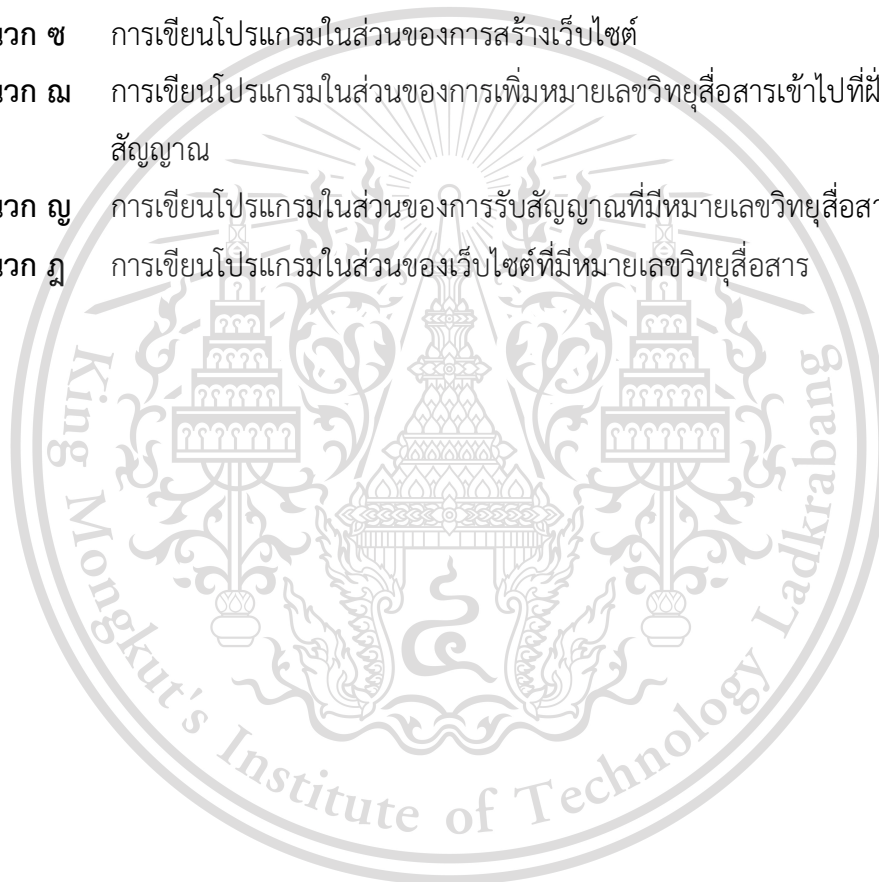
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ง	การเขียนโปรแกรมการส่งตัวเลข 13	107
ภาคผนวก จ	การเขียนโปรแกรมการพิกัด Latitude และ Longitude จำลองสำหรับการทดสอบ	109
ภาคผนวก ฉ	การเขียนโปรแกรมการส่งข้อมูลจาก ESP32 ไปยังฐานข้อมูล Firebase แบบกำหนดค่าที่ฝั่งรับสัญญาณ (Rx)	111
ภาคผนวก ช	การเขียนโปรแกรมการส่งข้อมูลจาก ESP32 ไปยังฐานข้อมูล Firebase แบบรับค่าจากฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)	114
ภาคผนวก ซ	การเขียนโปรแกรมในส่วนของการสร้างเว็บไซต์	117
ภาคผนวก ฌ	การเขียนโปรแกรมในส่วนของการเพิ่มหมายเลขวิทยุสื่อสารเข้าไปที่ฝั่งส่งสัญญาณ	123
ภาคผนวก ฎ	การเขียนโปรแกรมในส่วนของการรับสัญญาณที่มีหมายเลขวิทยุสื่อสาร	125
ภาคผนวก ฏ	การเขียนโปรแกรมในส่วน of เว็บไซต์ที่มีหมายเลขวิทยุสื่อสาร	128



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรสมมูลของ Op amp (a) และรูปร่างลักษณะจริงของ AD633 (b)	2
2.2 วงจรสมมูลของ AD633 (a) และรูปร่างลักษณะจริงของ AD633 (b)	3
2.3 ผลการตอบสนองทางความถี่เชิงขนาดของ Low Pass Filter ในอุดมคติ	3
2.4 ผลการตอบสนองทางความถี่เชิงขนาดของ Low Pass Filter ในภาคปฏิบัติ	4
2.5 วงจร Passive Low Pass Filter	4
2.6 วงจร Active Low Pass Filter	4
2.7 การทำงานของ GPS โดยใช้ระบบดาวเทียม	5
2.8 ข้อมูลที่ถูกส่งมาด้วยโปรโตคอล GPRMC	6
2.9 การเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณข้อมูล และสัญญาณข้อมูลที่ถูกลมอดูเลตแบบ FSK	8
2.10 แผนภาพ SAGC	9
2.11 วิทยุสื่อสารสำหรับประชาชน	11
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของปริยญาณิพนธ์นี้	12
3.2 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรวมฝั่งส่ง	13
3.3 Schematics รวมของวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)	14
3.4 วงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)	14
3.5 วงจรสมมูลของ IC XR2206	15
3.6 ข้อจำกัดของวิทยุสื่อสารเมื่อเสียบสายสัญญาณ	16
3.7 สัญญาณ FSK ที่เกิดขึ้น ขณะ ESP32 คงสถานะ Idle	17
3.8 Schematics ของวงจร FSK Modulator	18
3.9 PCB ของวงจร FSK Modulator	18
3.10 วงจร FSK Modulator	19
3.11 สัญญาณข้อมูลและสัญญาณเสียงที่ผ่านมาตามสาย	20
3.12 สัญญาณควบคุมจากขา D5 ของ ESP32	21
3.13 การเปรียบเทียบสัญญาณของสัญญาณจากขา D5	22
3.14 สัญญาณขาออกจากรวมเปรียบเทียบเพื่อใช้เป็นสัญญาณควบคุมของ IC CD4066B	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.15	Schematics ของวงจรไมโครโฟนและวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK	23
3.16	PCB ของวงจรไมโครโฟน และวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK	23
3.17	วงจรไมโครโฟน และวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK	24
3.18	สัญญาณ FSK ที่ถูกคุมจังหวะแล้ว	24
3.19	บล็อกไดอะแกรมของวงจรฝั่งรับสัญญาณ (Rx)	25
3.20	วงจรฝั่งรับสัญญาณ (Rx)	25
3.21	บล็อกจำลองภาคส่งและรับของระบบ	26
3.22	ปัญหาของการถอดรหัส FSK ด้วยวงจร SAGC เมื่อใช้สัญญาณขาเข้าที่ไม่พึงประสงค์	26
3.23	การเพิ่ม SAGC ตัวที่ 2 เข้าไปในภาครับ	27
3.24	ตัวอย่างการถอดรหัส FSK ด้วยวงจร SAGC ตัวที่ 2	27
3.25	Schematics ของวงจร SAGC	29
3.26	PCB ของวงจร SAGC	30
3.27	วงจร SAGC ที่พร้อมใช้งาน	30
3.28	วงจรสมมูลของวงจรทำอนุพันธ์ที่นำมาประยุกต์ใช้งาน	31
3.29	ผลการทดสอบของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1	31
3.30	ผลการทดสอบของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 2	32
3.31	วงจรสมมูลของวงจรรยกกำลังสองที่นำมาประยุกต์ใช้งาน	32
3.32	ผลการทดสอบของวงจรรยกกำลังสอง	33
3.33	วงจรสมมูลของวงจรคูณสัญญาณที่นำมาประยุกต์ใช้งาน	33
3.34	ผลการทดสอบของวงจรคูณสัญญาณ	34
3.35	วงจรสมมูลของวงจรลบสัญญาณที่นำมาประยุกต์ใช้งาน	34
3.36	ผลการทดสอบของวงจรลบสัญญาณ	35
3.37	วงจรสมมูลของวงจรรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสที่นำมาประยุกต์ใช้งาน	35
3.38	ผลการทดสอบของวงจรรขยายแบบกลับเฟส	36
3.39	วงจรสมมูลของวงจรถอดรหักรากที่ 2 ที่นำมาประยุกต์ใช้งาน	36
3.40	ผลการทดสอบของวงจรถอดรหักรากที่ 2	37
3.41	วงจรสมมูลของวงจรรหารที่นำมาประยุกต์ใช้งาน	37
3.42	ผลการทดสอบของวงจรรหาร	38
3.43	สัญญาณ SAGC	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.44	ตัวอย่างสัญญาณ A ที่ไม่เป็น TTL และสัญญาณ B ที่เป็น TTL	39
3.45	วงจรสมมูลของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบกลับเฟส	39
3.46	ตัวอย่างการถอดรหัส FSK ด้วยวงจร SAGC ตัวที่ 2 เมื่อมีการเปลี่ยนความถี่ในการ เข้ารหัส FSK เป็นค่าใหม่	40
3.47	ตัวอย่างผลลัพธ์ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	41
3.48	ผลการตอบสนองทางความถี่ Filter ที่พียงประสงค์	42
3.49	Schematics ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ และ 6 th Order Butterworth LPF	43
3.50	PCB ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ และ 6 th Order Butterworth LPF	43
3.51	วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ และ 6 th Order Butterworth LPF	44
3.52	Oscilloscope	45
3.53	Power Supply	45
3.54	Function Generator	45
3.55	ESP32 Devkit	46
3.56	Computer Laptop	46
3.57	GPS Module	46
3.58	GPS Antenna	47
3.59	วิทยุสื่อสาร	47
3.60	ลำโพงพกพา	47
3.61	การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดสอบการรับข้อมูลจาก GPS Module	48
3.62	การติดตั้งและการวัดเสียงที่ออกจากไมโครโฟน	50
3.63	การติดตั้งและการวัดสัญญาณขาออกของวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)	51
3.64	การติดตั้งและการวัดสัญญาณขาออกที่วิทยุสื่อสารฝั่งรับ	52
3.65	วิธีการติดตั้งและทดสอบวงจร SAGC	54
3.66	วิธีการนำสัญญาณขาเข้าจากวิทยุสื่อสารเข้าสู่วงจร SAGC ตัวที่ 1 และการวัด สัญญาณขาออกของ SAGC ตัวที่ 1	55
3.67	การติดตั้งและการวัดสัญญาณขาออกของ SAGC ตัวที่ 2	56
3.68	การติดตั้งและการวัดสัญญาณขาออกของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	57
3.69	วิธีการปรับระดับสัญญาณอ้างอิงเพื่อตัดสินใจบิตข้อมูล	58
3.70	สัญญาณขาเข้าของการทดสอบวงจร 6 th Order Butterworth LPF	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.71	การวัดสัญญาณขาออกของวงจร 6 th Order Butterworth LPF	59
3.72	วิธีการเชื่อมต่อวงจรลำโพงกับตัวลำโพง	60
3.73	รูปแบบการกรอกข้อมูลในฐานข้อมูล Firebase	61
3.74	การเจาะจงแสดงผลหมวดที่ต้องการ	62
4.1	การรับค่าพิกัดตำแหน่งจาก GPS Module	64
4.2	สัญญาณข้อมูลรหัส ASCII ของตัวเลข “13”	64
4.3	สัญญาณเสียงพูดจากวงจรไมโครโฟน	65
4.4	ผลการทดสอบวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)	65
4.5	ผลการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสาร	66
4.6	กราฟสามมิติแสดงถึงผลการตอบสนองเชิงขนาดของวงจร SAGC	68
4.7	กราฟสามมิติแสดงถึงผลการตอบสนองเชิงเฟสของวงจร SAGC	71
4.8	ผลการทดสอบวงจร SAGC ตัวที่ 1	72
4.9	ผลการทดสอบวงจร SAGC ตัวที่ 2	73
4.10	รูปขยายของสัญญาณในรูปที่ 4.9 (a)	74
4.11	รูปขยายของสัญญาณในรูปที่ 4.9 (b)	74
4.12	ผลลัพธ์การเปรียบเทียบของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	75
4.13	ผลการอ่านค่า Latitude และ Longitude บน Serial Monitor ฝั่งรับสัญญาณ	77
4.14	ผลการลดทอนขนาดสัญญาณที่ความถี่ 800 Hz	77
4.15	ผลการลดทอนขนาดสัญญาณที่ความถี่ 1,000 Hz (a) และ 2,000 Hz (b)	78
4.16	ผลการทดสอบการกรองเสียงพูดเพื่อออกสู่ลำโพง	78
4.17	ผลการทดสอบการใช้สัญญาณคลื่นรูปไซน์แทนสัญญาณเสียง	79
4.18	การส่งค่า Latitude และ Longitude ขึ้นไปยังฐานข้อมูล Firebase	79
4.19	การทำงานที่เชื่อมต่อกันระหว่างฐานข้อมูลและเว็บไซต์	80
4.20	ผลการส่งข้อมูล id ของวิทยุสื่อสาร	81
4.21	ผลการรับข้อมูล id ของวิทยุสื่อสาร (a) และการจัดเก็บข้อมูล id บนฐานข้อมูล (b)	81
4.22	การแสดงผลหมายเลขวิทยุสื่อสารบนเว็บไซต์	82
4.23	การแสดงผลของแผนที่เมื่อกดปุ่ม Focus on ID 01 และ 02	83
4.24	การแสดงผลของแผนที่เมื่อกดปุ่ม Unfocused	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความหมายของค่าต่างๆในโปรโตคอล RMC	7
3.1	ตารางพิกัดตำแหน่งจริง และพิกัดที่ได้รับ เพื่อทดสอบความแม่นยำของ GPS Module	49
3.2	ตารางค่าขนาดและความถี่เพื่อทดสอบการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสาร	52
3.3	ตารางค่าขนาดและความถี่ของสัญญาณขาเข้าเพื่อทดสอบวงจร SAGC	53
4.1	ตารางบันทึกผลการอ่านค่าพิกัดตำแหน่ง GPS	63
4.2	ตารางบันทึกผลการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสาร	66
4.3	ตารางบันทึกผลการตอบสนองทางความถี่เชิงขนาดของวงจร SAGC	67
4.4	ตารางแสดงผลคุณระหว่างขนาดและความถี่ของสัญญาณขาเข้าที่ใช้ทดสอบวงจร SAGC	69
4.5	ตารางบันทึกผลการตอบสนองเชิงเฟสของวงจร SAGC	70
4.6	การอ่านค่ารหัส ASCII ที่ได้รับ	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้การส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณวิทยุสามารถทำได้โดยการใช้มาตรฐาน Bell 202T^[4] ที่ใช้อัตราการส่งผ่านข้อมูลตั้งแต่ 0-1,200 baud โดยสัญญาณ FSK^[5] มีความถี่สำหรับบิตสูงเป็น 1,200 Hz และ บิตต่ำเป็น 2,200 Hz ที่ต้องใช้ความถี่ FSK เป็นเท่านี้ เหตุเพราะหากใช้คู่ความถี่ FSK ที่ใกล้กันมากเกินไป อุปกรณ์ที่ใช้ถอดรหัส FSK จะไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของความถี่ทั้งสอง และไม่สามารถถอดรหัส FSK ออกมาได้ หรือหากใช้คู่ความถี่ FSK ที่ห่างกันมากเกินไป ผลการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสารก็จะส่งผลให้ขนาดของสัญญาณ FSK ในแต่ละความถี่มีขนาดสัญญาณที่แตกต่างกันมากเกินไป และทำให้การถอดรหัส FSK ออกมาผิดพลาด ดังนั้นในปริณยานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอการนำวงจร SAGC มาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น โดยวงจร SAGC จะสามารถปรับขนาดของสัญญาณในทุกความถี่ให้เท่ากันได้ อีกทั้งวงจร SAGC ยังสามารถถอดรหัส FSK ได้โดยอาศัยความแตกต่างของคู่ความถี่ FSK ที่ใช้งาน ทั้งนี้จะช่วยแก้ปัญหาทั้งการใช้คู่ความถี่ FSK ที่ใกล้กันมากเกินไป และห่างกันมากเกินไปได้สำเร็จ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อสร้างระบบระบุพิกัดตำแหน่งของวิทยุสื่อสาร
- 2) เพื่อสร้างวงจรปรับขนาดสัญญาณด้วยวงจร SAGC
- 3) เพื่อสร้างวงจรถอดรหัสข้อมูลด้วยวงจร SAGC
- 4) เพื่อใช้ปรับปรุงผลการตอบสนองทางความถี่ของช่องสัญญาณที่มีขนาดไม่เท่ากัน

1.3 ขอบเขตของปริณยานิพนธ์

- 1) ใช้อัตราการส่งผ่านข้อมูลที่ 300 Baud
- 2) ใช้วิทยุสื่อสาร MS-Marshall 12 ความถี่ 245.000 – 245.9875 MHz^[6]
- 3) ใช้ความถี่ FSK 1,400 Hz สำหรับบิตสูง และ 1,900 Hz สำหรับบิตต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

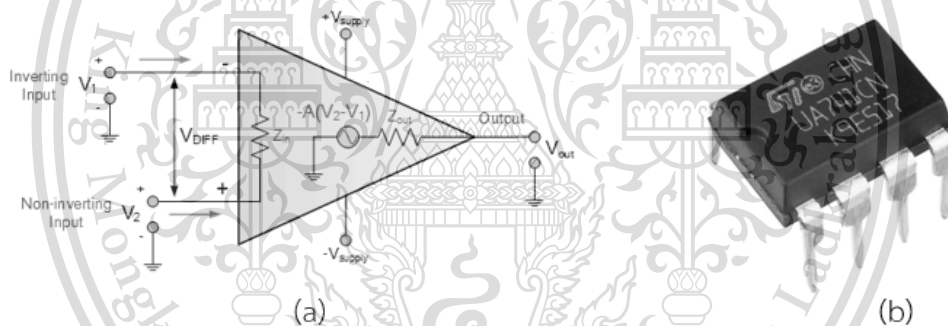
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 Operational Amplifier (Op amp)

Op amp เป็น IC ที่มีคุณสมบัติคือ อินพุตอิมพีแดนซ์สูง เอาท์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ และมีอัตราขยายสูง ในสภาวะอุดมคติ Op amp จะมีอินพุตอิมพีแดนซ์เป็นอนันต์ เอาท์พุตอิมพีแดนซ์เป็น 0 และอัตราขยายเป็นอนันต์ โดยทั่วไปแล้ว Op amp สามารถรองรับไฟเลี้ยงได้ต่ำสุดที่ -18 V สูงสุดที่ 18 V ซึ่งวงจรสมมูล Op amp แสดงดังรูปที่ 2.1 (a) และมีรูปร่างลักษณะจริง ดังรูปที่ 2.1 (b) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น Op amp สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทำเป็นวงจรที่มีประโยชน์หลายวงจรได้เช่น วงจรบัฟเฟอร์ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ วงจรขยาย วงจรบวก วงจรลบ และวงจรทำอนุพันธ์ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 : วงจรสมมูลของ Op amp (a) และรูปร่างลักษณะจริงของ AD633 (b)

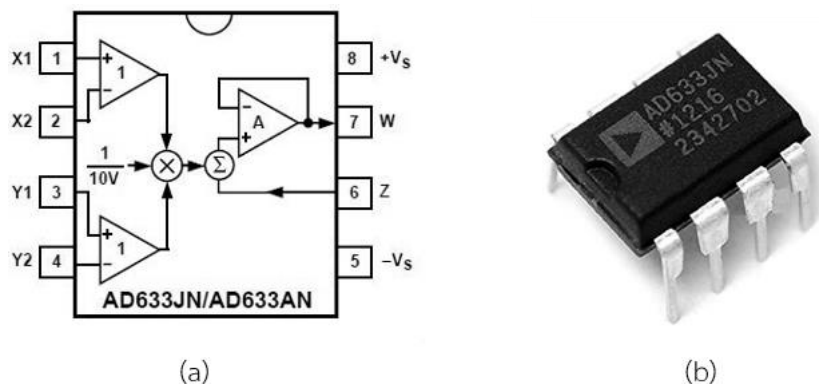
2.2 IC AD633

AD633 เป็น IC ที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่ในการคูณสัญญาณ Analog และนอกเหนือจากการคูณแล้ว หากนำ AD633 มาประยุกต์ใช้ร่วมกับ Op amp จะสามารถนำมาทำเป็นวงจรอื่นๆได้อีกด้วย เช่น วงจรหาร วงจรถอดรอกที่สอง เป็นต้น โดย AD633 รองรับไฟเลี้ยงในช่วง $\pm 8\text{ V}$ ถึง $\pm 18\text{ V}$ มีวงจรสมมูลดังรูปที่ 2.2 (a) และมีรูปร่างลักษณะจริงดังรูปที่ 2.2 (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.2 : วงจรสมมูลของ AD633 (a) และรูปร่างลักษณะจริงของ AD633 (b)

2.3 Low Pass Filter (LPF)^[7]

Low Pass Filter หรือวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดย Low Pass Filter ตามอุดมคติจะมีอัตราการขยายในช่วง Pass Band เป็น 1 และมีอัตราการขยายในช่วง Stop Band เป็น 0 ซึ่งจะมีช่วงของ Transition Band เป็นลักษณะ Brick Wall ดังรูปที่ 2.3 แต่ในความเป็นจริง Filter ต้องถูกออกแบบโดยอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งจะไม่สามารถมี Transition Band เป็น Brick Wall เช่นนี้ได้ โดยทั่วไปแล้ว Transition Band จะมีลักษณะเป็น Slope ดังรูป 2.4 ซึ่ง Slope นี้จะชันมากเพียงใดขึ้นอยู่กับ Filter Order ที่ใช้งาน

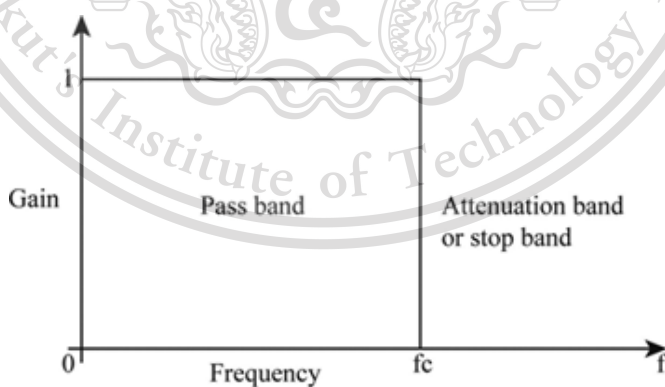


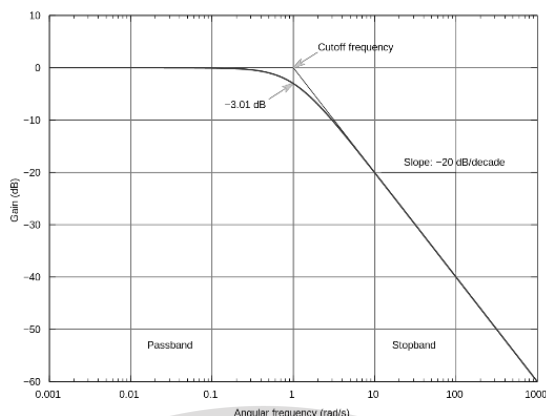
Figure 1

รูปที่ 2.3 : ผลการตอบสนองทางความถี่เชิงขนาดของ Low Pass Filter ในอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

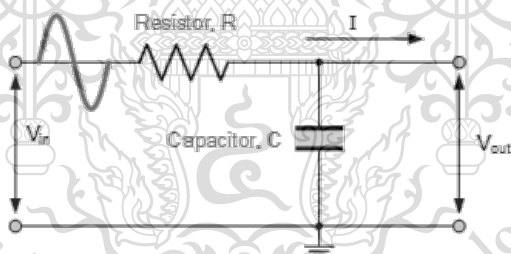
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

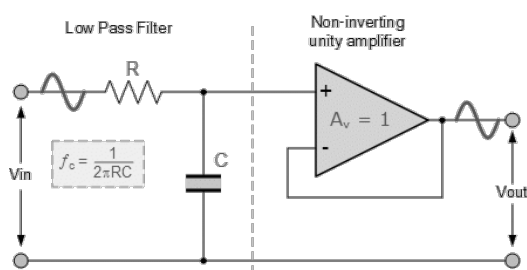


รูปที่ 2.4 : ผลการตอบสนองทางความถี่เชิงขนาดของ Low Pass Filter ในภาคปฏิบัติ

ในปริณิญาณิพนธ์นี้จะแบ่ง Low Pass Filter ออกได้เป็น 2 หมวดหมู่ได้แก่ Passive Low Pass Filter และ Active Low Pass Filter แตกต่างกันที่แบบ Active จะต้องใช้อุปกรณ์ Active ทำงานร่วมกับ ตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 2.5 ในขณะที่แบบ Passive นั้นใช้เพียงแค่ตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุเท่านั้น ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 : วงจร Passive Low Pass Filter



รูปที่ 2.6 : วงจร Active Low Pass Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาว้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

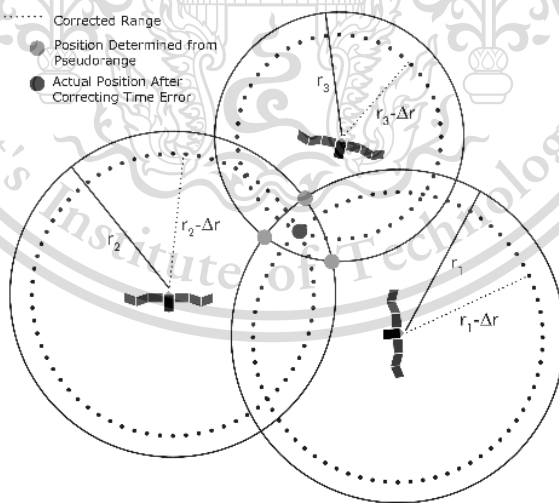
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 Global Positioning System (GPS)^[8]

เป็นระบบระบุพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียม โดยอาศัยดาวเทียมอย่างน้อยสี่ดวง โดยมีสามดวงเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง โดยดาวเทียมทั้งสามดวงนี้จะส่งสัญญาณออกจากตัวเองเป็นวงกลมรัศมีระยะหนึ่ง ดังรูปที่ 2.7 และเครื่องรับจะคำนวณระยะห่างระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมทั้งสามดวงนี้ โดยการคำนวณระยะทางจะใช้สมการ $s = vt$ ซึ่ง v มีค่าเป็นความเร็วแสงในสุญญากาศคือประมาณ $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ส่วน t นั้นจะคำนวณจากเวลาที่ส่งจากดาวเทียมลบด้วยเวลาที่เครื่องรับเมื่อรับสัญญาณได้ ดังนั้น $t = t_{sv} - t_{rc}$ โดยปกติแล้วในตัวของดาวเทียมจะมีนาฬิกาที่แม่นยำมากอยู่แล้ว ดังนั้น t_{sv} จึงมีความคลาดเคลื่อนได้ยาก แต่สำหรับเครื่องรับสัญญาณส่วนมากนั้นไม่มีนาฬิกาที่แม่นยำดังกล่าว ค่าของ t_{rc} จึงมีความคลาดเคลื่อนมาก ทำให้การใช้ดาวเทียมเพียง 3 ดวงระบุตำแหน่งนั้นไม่เพียงพอต่อการระบุตำแหน่งที่แม่นยำ ดังนั้นจึงใช้ดาวเทียมอีกดวงหนึ่งมาเพื่อแก้ไขเวลาที่เครื่องรับโดยดาวเทียมดวงที่สี่นี้จะส่งเวลาจากตัวมันมายังเครื่องรับเพื่อปรับปรุงค่า t_{rc} ให้แม่นยำมากขึ้น สุดท้ายแล้วพิกัดตำแหน่งที่ได้จะมีความแม่นยำมาก

t_{sv} คือเวลาที่ดาวเทียมส่งสัญญาณข้อมูลมา

t_{rc} คือเวลาที่เครื่องรับรับสัญญาณได้



รูปที่ 2.7 : การทำงานของ GPS โดยใช้ระบบดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

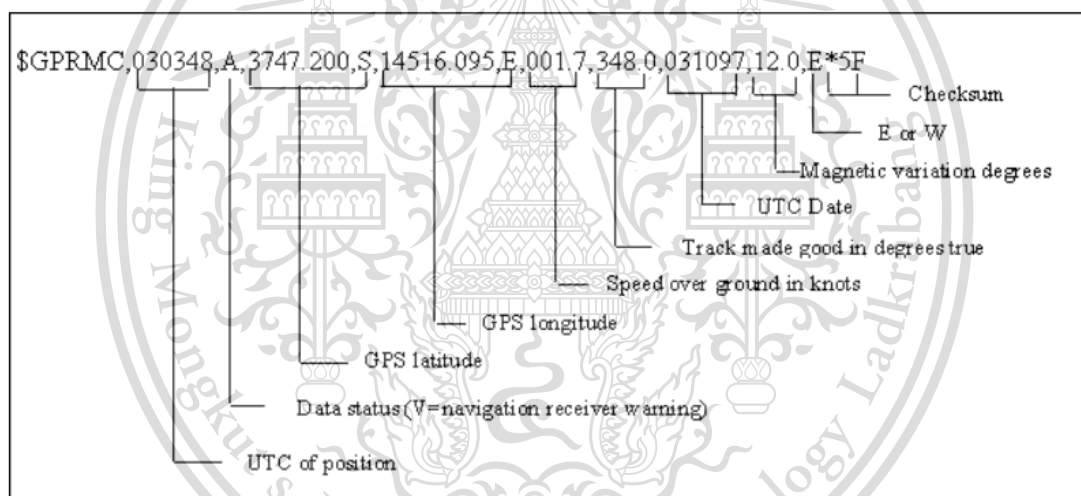
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 NMEA Standard ของ GPS^[9]

NMEA Standard เป็นโปรโตคอลเช่นเดียวกับภาษาอื่นๆ ที่ได้มีการพัฒนาเวอร์ชัน โดยเริ่มตั้งแต่ NMEA-0180, NMEA-0182 จนถึง NMEA-0183 โดยที่การใช้งานของ NMEA-0180 และ NMEA-0182 จะเน้นการสื่อสารระหว่าง Loran C กับ Autopilot ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนาให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางขึ้น โดยครอบคลุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการเดินเรือจนกลายมาเป็น NMEA-0183 ใช้อักษร ASCII และการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในการส่งข้อมูล จากอุปกรณ์ส่งตัวหนึ่งไปยังอุปกรณ์รับตัวหนึ่งหรืออุปกรณ์ตัวรับหลายๆตัว

2.5.1 วิธีการอ่านโปรโตคอล RMC^[10] ของ GPS

โปรโตคอลที่บอกทั้งพิกัดตำแหน่ง ทิศทาง เวลา และความเร็ว สามารถอ่านได้ดังตัวอย่างข้อมูลในรูปที่ 2.8 โดยตัวแปรและตัวเลขแต่ละตัวมีความหมายดังตารางที่ 1 นี้



รูปที่ 2.8 : ข้อมูลที่ถูกส่งมาด้วยโปรโตคอล GPRMC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.1 : ความหมายของค่าต่างๆในโปรโตคอล RMC

ค่าในโปรโตคอล	ความหมาย
RMC	โปรโตคอลที่ใช้
030348	เวลา 03:03:48 UTC
A	สถานะกำลังใช้งาน หรือ V หมายถึง สถานะ ยกเว้น
3747.200,S	ค่า Latitude 37 องศา 47.200 ลิปดาใต้
14516.095,E	ค่า Longitude 145 องศา 16.095 ลิปดา ตะวันออก
001.7	ความเร็วเทียบกับพื้นดิน มีหน่วยเป็น Knot
348.0	มุมของทิศทางเทียบกับทิศเหนือจริง
031097	วันที่ 3 ตุลาคม 1997
12.0,E	มุมต่างระหว่างทิศเหนือจริงกับทิศเหนือแม่เหล็ก
*5F	ค่า Checksum นำหน้าด้วยเครื่องหมาย *

ทิศเหนือจริง คือ ทิศทางตามพื้นผิวโลก ที่มุ่งไปยังขั้วโลกด้านหนึ่ง เป็นขั้วที่อยู่ด้านซ้ายของเรา หากเรายืนที่เส้นศูนย์สูตร และหันหน้าไปหาทิศที่พระอาทิตย์ขึ้น

ทิศเหนือแม่เหล็ก คือทิศทางตามพื้นผิวโลก ที่ที่ความเข้มของสนามแม่เหล็กในแนวระนาบมีค่าเป็นบวกมากที่สุด

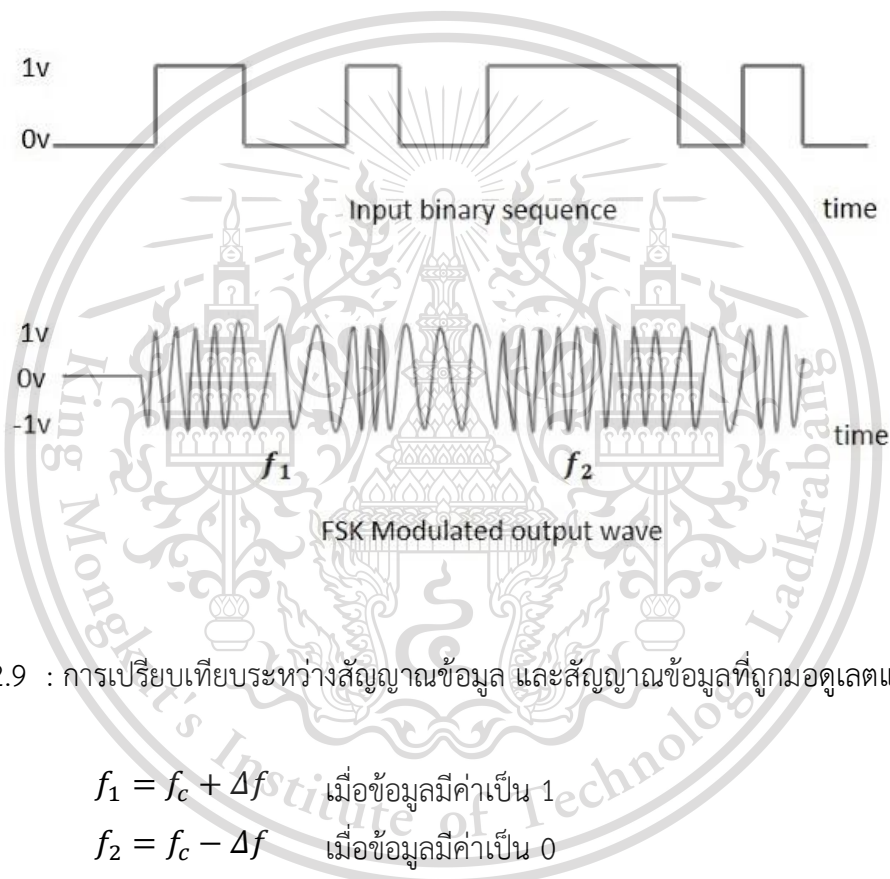
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6 Frequency Shift Keying (FSK)

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเปลี่ยนข้อมูลดิจิทัลให้เป็นสัญญาณแอนะล็อก โดยมีหลักการคือ เปลี่ยนระดับสัญญาณดิจิทัลทั้งบิตสูง และบิตต่ำให้เป็นคลื่นรูปไซน์ 2 ความถี่ที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.9 และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 และสามารถคำนวณแบนด์วิดท์ของสัญญาณได้ดังสมการที่ 2.3



รูปที่ 2.9 : การเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณข้อมูล และสัญญาณข้อมูลที่ถูกลมอดูเลตแบบ FSK

$$f_1 = f_c + \Delta f \quad \text{เมื่อข้อมูลมีค่าเป็น 1} \quad (2.1)$$

$$f_2 = f_c - \Delta f \quad \text{เมื่อข้อมูลมีค่าเป็น 0} \quad (2.2)$$

โดยที่ f_c หมายถึง ความถี่ของคลื่นพาห้ที่ใช้ในการมอดูเลต และ Δf หมายถึงความห่างของความถี่กลาง (f_c) และความถี่ต่ำสุด (f_m) หรือ ความถี่สูงสุด (f_s) ของข้อมูล และสามารถคำนวณแบนด์วิดท์ของสัญญาณ FSK ได้โดยการใช้สูตรการส่งผ่านข้อมูล (r_b) ดังนี้

$$BW = 2\Delta f + r_b \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$x''(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2} = -A\omega_0^2 \sin(\omega_0 t) \quad (2.6)$$

ยกกำลังสองทั้งสองข้างของสมการที่ (2.5) ก็จะได้

$$(x'(t))^2 = (A\omega_0)^2 \cos^2(\omega_0 t) \quad (2.7)$$

เมื่อคูณ $x(t)$ ทั้งสองข้างของสมการที่ (2.6) ก็จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$x(t)x''(t) = -(A\omega_0)^2 \sin^2(\omega_0 t) \quad (2.8)$$

ลบสมการที่ (2.8) ออกจากสมการที่ (2.7) ก็จะได้

$$(x'(t))^2 - x(t)x''(t) = (A\omega_0)^2 \quad (2.9)$$

จากนั้นถอดรากที่ 2 ของ สมการที่ (2.9) ได้ผลลัพธ์เป็น

$$\sqrt{(x'(t))^2 - x(t)x''(t)} = \sqrt{(A\omega_0)^2} = |A\omega_0| \quad (2.10)$$

ต่อจากนั้น หาสมาการที่ (2.5) ด้วย สมการที่ (2.10) ก็จะได้

$$\hat{x}(t) = \frac{x'(t)}{A\omega_0} = \cos(\omega_0 t) = \sin\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (2.11)$$

เมื่อทำการแปลงลาปลาซ^[11] ของ สมการที่ (2.11) ทั้งสองข้าง จากนั้นฟังก์ชันถ่ายโอนของ AGC นี้สามารถอธิบายได้ว่า

$$H(s) = \frac{X_s(s)}{X(s)} = \left(\frac{1}{A\omega_0}\right) \cdot s = jA^{-1} \quad (2.12)$$

โดย $X_s(s)$ และ $X(s)$ คือการแปลงลาปลาซของสัญญาณขาออกและสัญญาณขาเข้าตามลำดับ จากสมการที่ (2.12) ซึ่งคือฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบที่เสนอ และสามารถอธิบายในรูปของผลการตอบสนองทางขนาดและเฟสได้ตั้งสมการที่ (2.13) และ (2.14) ตามลำดับ

$$|H(j\omega)| = A^{-1} \quad (2.13)$$

$$\angle H(j\omega) = \begin{cases} \frac{\pi}{2}; \omega > 0 \\ -\frac{\pi}{2}; \omega < 0 \end{cases} \quad (2.14)$$

นอกจาก SAGC จะสามารถขยายสัญญาณที่มีขนาดแตกต่างกันให้มีขนาดเท่ากันในทุกความถี่ ดังสมการที่ 2.11 ได้แล้ว วงจร SAGC ยังสามารถถอดรหัสสัญญาณ FSK ที่มีผลคูณของขนาดและความถี่ที่แตกต่างกันในทั้งสองความถี่ ดังสมการที่ 2.10 ได้อีกด้วย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8 วิทยุสื่อสาร

วิทยุสื่อสารสำหรับประชาชนทั่วไป (เครื่องแดง) ใช้สำหรับรับ-ส่งสัญญาณจากวิทยุสื่อสารตัวหนึ่งไปยังวิทยุสื่อสารอีกตัวหนึ่ง โดยตัววิทยุสื่อสารมีการใช้การมอดูเลตเชิงความถี่ (FM) ที่ช่วงความถี่ 245.000-245.9875 MHz ใช้การสื่อสารแบบ Half-Duplex มีความห่างช่องสัญญาณช่องละ 12.5 KHz มีรูปร่างลักษณะจริงดังรูปที่ 2.11 โดยทั่วไปแล้ววิทยุสื่อสารสามารถส่งสัญญาณได้ 2 วิธีคือ วิธีแรกใช้สัญญาณขาเข้าจากไมโครโฟนที่ฝังอยู่ในตัวของวิทยุสื่อสารเอง และเนื่องจากวิธีนี้ใช้การรับสัญญาณขาเข้าด้วยไมโครโฟน วิธีนี้จึงสามารถส่งได้แค่สัญญาณเสียงเท่านั้น หากต้องการส่งสัญญาณอื่นๆที่ไม่สามารถใช้เสียงพูดได้ เช่น สัญญาณ FSK จำเป็นต้องใช้วิธีที่สอง คือ การส่งสัญญาณผ่านสายสัญญาณ โดยที่ด้านข้างของวิทยุสื่อสารแต่ละตัวนั้น จะมีช่องเสียบสาย AUX 3.5 mm และ 2.5 mm ไว้สำหรับส่งสัญญาณและรับสัญญาณตามลำดับ หากต้องการส่งสัญญาณให้ส่งสัญญาณที่ต้องการผ่านสาย AUX 3.5 mm เข้ามายังวิทยุสื่อสารฝั่งส่ง และที่ฝั่งรับสัญญาณให้ใช้สาย AUX 2.5 mm ต่อออกมาจากตัววิทยุสื่อสารเพื่อนำสัญญาณออกมาจากตัววิทยุสื่อสาร แต่การส่งสัญญาณผ่านสายสัญญาณนี้ก็มีข้อจำกัดคือ เมื่อเสียบสายสัญญาณเข้าไปที่ตัววิทยุสื่อสารแล้ว ไม่ว่าจะสายสัญญาณเส้นนั้นจะมีข้อมูลหรือไม่ ไมโครโฟนที่ตัววิทยุสื่อสารจะถูกปิดการใช้งานทันที



รูปที่ 2.11 : วิทยุสื่อสารสำหรับประชาชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานภายในของสำนักงานตำรวจแห่งชาติเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

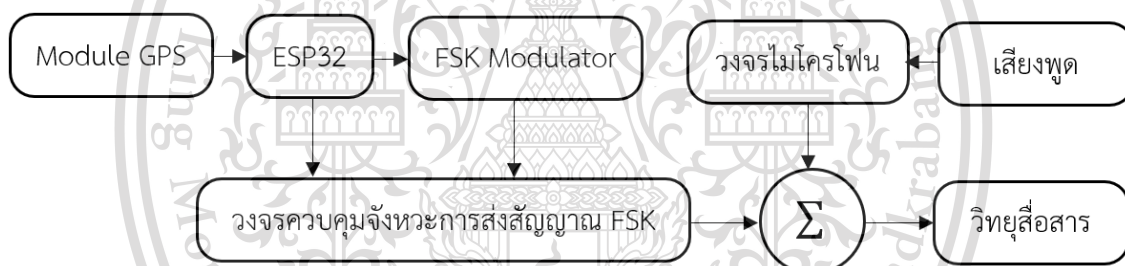
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บล็อกไดอะแกรมแสดงถึงการเดินทางสัญญาณตั้งแต่การรับค่าพิกัดตำแหน่งจากดาวเทียม จนถึงการส่งสัญญาณนี้ออกไปด้วยวิทยุสื่อสาร จากนั้นนำสัญญาณที่ได้รับมาประมวลผลกลับไปเป็นข้อมูลดิจิทัลเพื่ออ่านค่าแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์ โดยการออกแบบวงจรทั้งหมดนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ การออกแบบวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx) ซึ่งอยู่ในหัวข้อที่ 3.1.2, การออกแบบวงจรฝั่งรับสัญญาณ (Rx) ซึ่งอยู่ในหัวข้อที่ 3.1.3 โดยมี Schematics ของวงจรฝั่งรับสัญญาณทั้งหมดดังภาคผนวก ก และในส่วนของ การเขียนโปรแกรมจะถูกระบุไว้ในภาคผนวก ข, ค, ง, จ, ฉ, ช, ซ, ฅ, ญ, ฎ

3.1.2 การออกแบบวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)

ภาพรวมของวงจรฝั่งส่งสัญญาณสามารถแสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3.2, Schematics ดังรูปที่ 3.3 และวงจรพร้อมใช้งานดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.2 : บล็อกไดอะแกรมของวงจรรวมฝั่งส่ง

รูปที่ 3.2 นี้แสดงให้เห็นถึงภาพรวมของการทำงานในฝั่งส่งสัญญาณทั้งหมด โดยการทำงานเริ่มต้นที่เมื่อ GPS Module รับค่าพิกัดตำแหน่ง จากดาวเทียมมาได้ แล้วจึงส่งต่อให้ ESP32 ประมวลผล เพื่อส่งพิกัดดังกล่าวเป็นรหัส ASCII^[12] ออกจากขา TX0 ไปยังวงจร FSK Modulator พร้อมกันนั้น ESP32 ก็ส่งสัญญาณควบคุมออกจากขา D5 ไปยังวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ ด้วยเช่นกัน และเมื่อวงจร FSK Modulator ทำหน้าที่เสร็จสิ้นจะได้สัญญาณ FSK นำสัญญาณ FSK นั้นเข้าสู่วงจรควบคุมจังหวะสัญญาณ จากนั้นนำสัญญาณ FSK ที่ถูกควบคุมจังหวะแล้ว มารวมกับสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน จากนั้นจึงส่งออกสู่ช่องสัญญาณวิทยุโดยวิทยุสื่อสาร โดยมีการอธิบาย

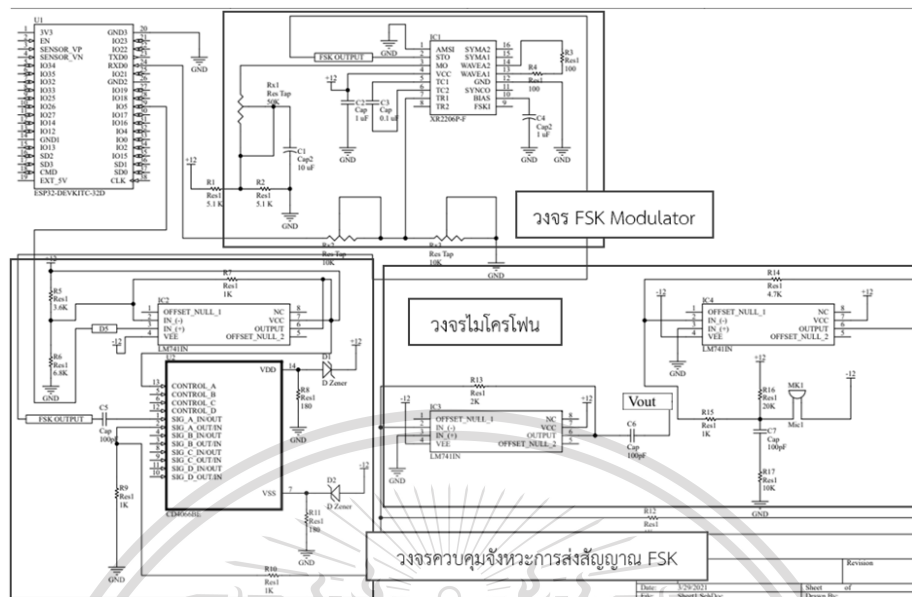
บล็อกแต่ละอันไว้อย่างละเอียดในหัวข้อย่อยที่ 3.1.2.1 และ 3.1.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

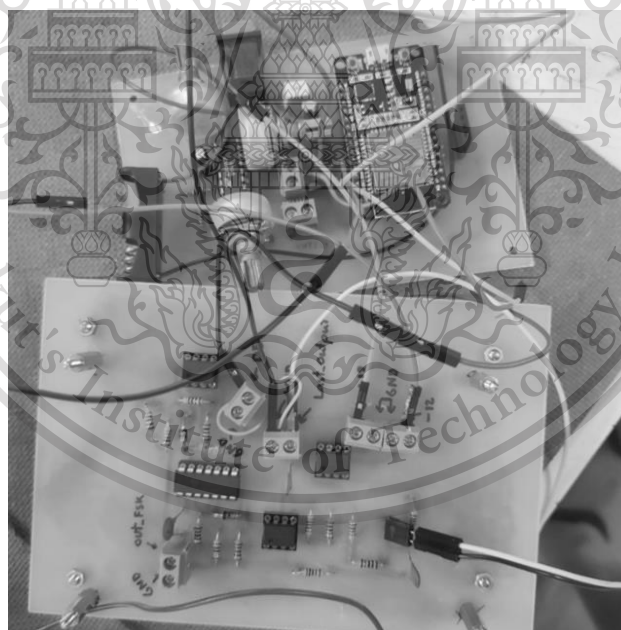
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.3 : Schematics รวมของวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)



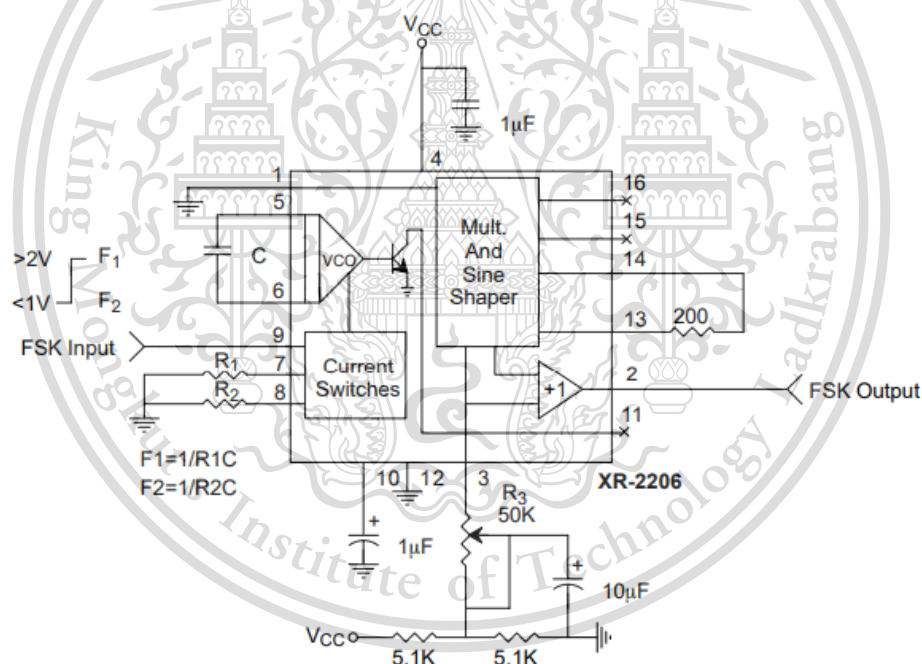
รูปที่ 3.4 : วงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)

รูปที่ 3.4 นี้แสดงให้เห็นถึงวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx) โดยที่วงจรบนคือวงจร FSK Modulator และวงจรถ่างคือวงจรไมโครโฟนและวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยทั่วไปแล้วการส่งข้อมูลดิจิทัลออกอากาศนั้นจำเป็นต้องใช้การมอดูเลตแบบดิจิทัล เช่น ASK, FSK หรือ PSK เป็นต้น ในปฏิญานิพนธ์นี้เลือกใช้การมอดูเลตแบบ FSK เนื่องจากมีภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนสูงกว่าแบบ ASK และสามารถสร้างได้ง่ายกว่า PSK สำหรับการสร้างวงจร FSK Modulator ในปฏิญานิพนธ์นี้จะเลือกใช้ IC XR2206^[13] เนื่องจากเป็น IC ที่ถูกผลิตมาเพื่อการนี้โดยเฉพาะ ซึ่งใน XR2206 นั้นมีทั้ง บล็อก Current Switch ที่ทำงานควบคู่กับ บล็อก VCO โดยบล็อก VCO จะสร้างสัญญาณคลื่นรูปไซน์ตามความต่างศักย์ที่เข้ามาในบล็อก Current Switch สำหรับการปรับเปลี่ยนความถี่ FSK นี้สามารถทำได้โดยการใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้มาทำเป็น Voltage Divider ก่อนส่งความต่างศักย์ให้บล็อก Current Switch และบล็อกสุดท้ายของ XR2206 คือบล็อก Sine Shaper มีไว้เพื่อปรับขนาดและความสมมาตรของสัญญาณ FSK ได้ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 : วงจรสมมูลของ IC XR2206

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำหรับปัญหาแรกในฝั่งส่งสัญญาณคือการส่งสัญญาณเสียงพร้อมกับสัญญาณข้อมูล เนื่องจากเมื่อเสียบสายสัญญาณเข้าที่ช่องเสียบในวิทยุสื่อสาร ไมโครโฟนที่ฝังอยู่ในตัวมันจะไม่สามารถใช้งานได้ ดังรูปที่ 3.6 จึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาโดยการเพิ่มวงจรไมโครโฟนแยกเข้าไปในวงจรส่งสัญญาณด้วย จากนั้นทำการรวมสัญญาณเสียงและสัญญาณข้อมูลด้วยวงจร Summing Amplifier เพื่อให้เสียงของผู้ใช้งานสามารถถูกส่งไปพร้อมกันกับสัญญาณข้อมูลได้



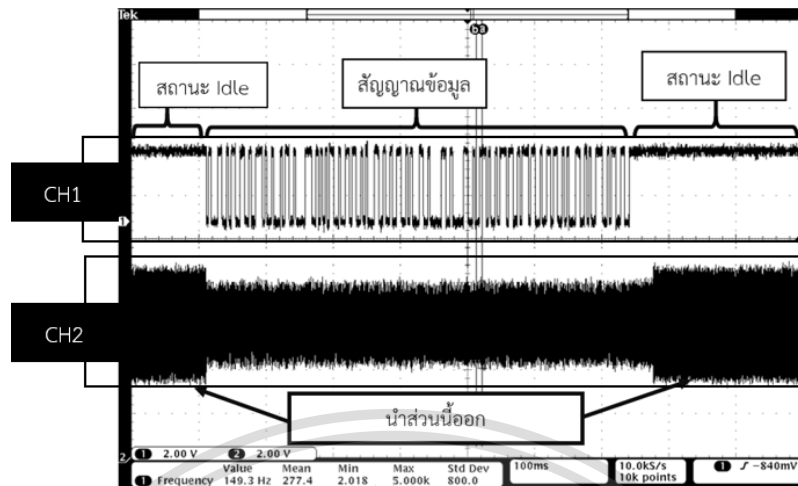
รูปที่ 3.6 : ข้อจำกัดของวิทยุสื่อสารเมื่อเสียบสายสัญญาณ

สำหรับปัญหาที่สองเกิดจากการมอดูเลตแบบ FSK ของสัญญาณที่ไม่มีข้อมูล (Idle Line) หมายความว่าเมื่อไม่มีการส่งข้อมูลจาก ESP32 แต่วงจร FSK Modulator ก็ยังคงเปลี่ยน Idle Line ดังกล่าวให้เป็นความถี่ 1,400 Hz ซึ่งเมื่อถึงฝั่งรับสัญญาณ ความถี่ 1,400 Hz นี้ก็จะออกสู่ลำโพง ดังรูปที่ 3.7 ก่อให้เกิดความไม่สะดวกต่อผู้รับสัญญาณเป็นอย่างมาก จึงทำการแก้ปัญหาโดยการเพิ่มวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK ให้สัญญาณ FSK ถูกส่งออกไปเมื่อมีข้อมูลต้องส่งเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.7 : สัญญาณ FSK ที่เกิดขึ้น ขณะ ESP32 คงสถานะ Idle
CH1 และ CH2 คือสัญญาณขาเข้าและขาออกของ FSK Modulator ตามลำดับ

รูปที่ 3.7 นี้แสดงให้เห็นถึง CH1 ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลจากขา TX0 ของ ESP32 ฝั่งส่ง และสัญญาณ CH2 ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลที่ถูกมอดูเลตแบบ FSK แล้ว สังเกตว่ามีส่วนของสัญญาณคลื่นรูปไซน์ความถี่ 1,400 Hz ที่ปรากฏเมื่อ ESP32 ส่ง Idle Line มา

การออกแบบวงจร FSK Modulator นั้นจะถูกพูดถึงในหัวข้อที่ 3.1.2.1 และอีกสองปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ถูกแก้ไขและอธิบายขั้นตอนต่างๆไว้อย่างละเอียดในหัวข้อที่ 3.1.2.2 เรื่อง วงจรไมโครโฟนและวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ

3.1.2.1 การออกแบบวงจร FSK Modulator

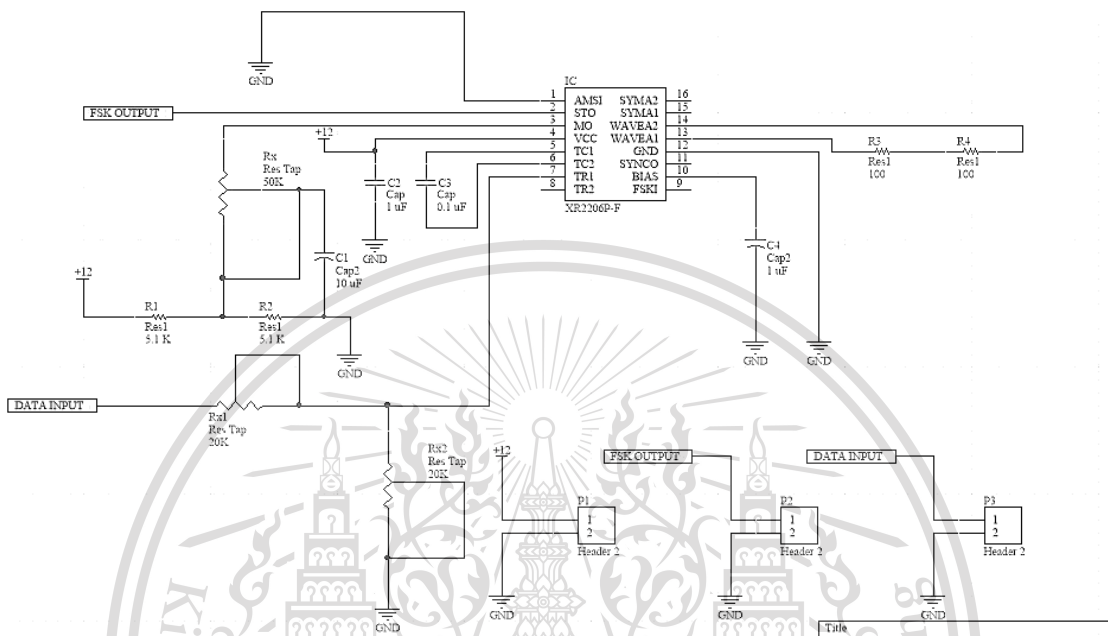
เนื่องจาก ESP32 ต้องรับค่าจากพิกัดตำแหน่ง Latitude และ Longitude จาก GPS Module จึงทำการเชื่อมต่อขา TX ของ GPS Module เข้ากับขา RX2 ซึ่งเป็นขา UART ในการรับข้อมูลที่มีอัตราการส่งผ่านข้อมูล 9600 Baud และให้ ESP32 จ่ายไฟเลี้ยง 3.3 V ให้กับ GPS Module โดยใช้ขา 3.3 V ที่มีอยู่แล้วใน ESP32 และเมื่อ ESP32 รับข้อมูลจาก GPS Module มาได้แล้ว ESP32 จะส่งหน้าที่ต่อให้ FSK Modulator โดยส่งข้อมูลออกจากขา TX0 ไปยังขา 7 ของ IC XR2206 ซึ่งมี RX1, RX2 เป็นตัวปรับความถี่ของสัญญาณ FSK และมี RX เป็นตัวปรับขนาดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

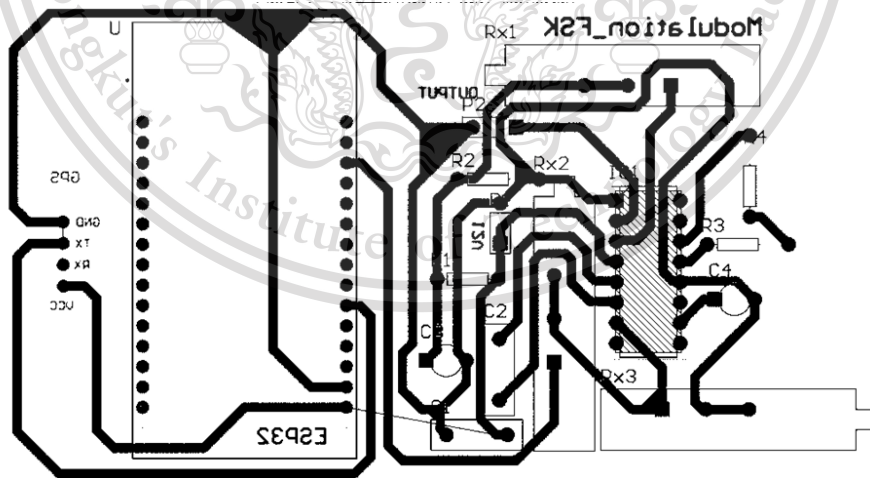
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความสมมาตรของสัญญาณ ดังSchematics ในรูปที่ 3.8 จากนั้นทำการออกแบบ PCB ดังรูปที่ 3.9 และเมื่อกัดปรินต์และบัดกรีอุปกรณ์เสร็จสิ้นจะได้แผ่นวงจรที่พร้อมใช้งานดังรูป 3.10



รูปที่ 3.8 : Schematics ของวงจร FSK Modulator

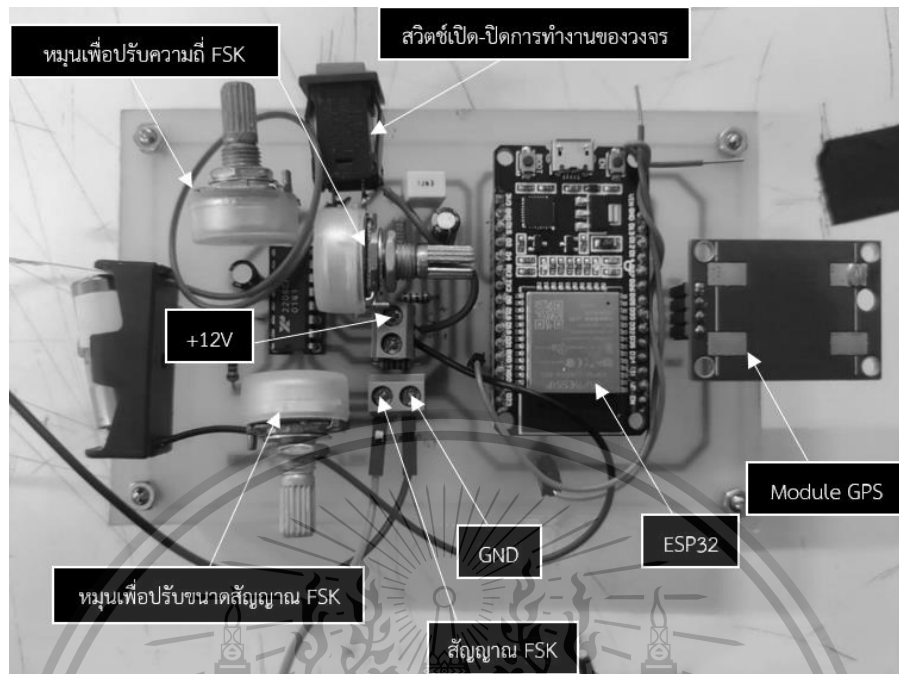


รูปที่ 3.9 : PCB ของวงจร FSK Modulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.10 : วงจร FSK Modulator

3.1.2.2 การออกแบบวงจรไมโครโฟน และวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK

เนื่องจากข้อจำกัดประการหนึ่งของวิทยุสื่อสารคือเมื่อเสียบสาย AUX เข้าไปที่รูไมโครโฟน แล้วไมโครโฟนที่ฝังอยู่ในตัวมันเองจะไม่สามารถใช้งานได้ ดังรูปที่ 3.6 ดังนั้นการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องเพิ่มวงจรไมโครโฟนแยกเข้าไปในวงจรฝั่งส่งสัญญาณด้วย ดังส่วนหนึ่งในรูปที่ 3.15 ซึ่งอยู่ในกรอบของวงจรไมโครโฟน โดยทำการ Coupling และขยายขนาดสัญญาณเสียงจากตัวไมโครโฟน เพื่อกำจัดไฟเลี้ยงที่ใช้เลี้ยงตัวไมโครโฟนให้ไม่ปะปนกับสัญญาณเสียงโดยใช้ตัวเก็บประจุ C3 และทำการขยายสัญญาณเสียงนั้นให้มีขนาดเหมาะสมกับการมอดูเลตด้วย IC3 จากนั้นนำสัญญาณข้อมูลและสัญญาณเสียงรวมกันด้วย IC2 และทำการส่งสัญญาณทั้งสองที่รวมกันแล้วผ่านสายสัญญาณดั้งเดิม เพื่อให้ในสายสัญญาณนั้นมีทั้งสัญญาณข้อมูลและสัญญาณเสียง ดังรูปที่ 3.11 ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสนทนาใช้งานได้ปกติ ในขณะที่เดียวกันก็ยังสามารถส่งพิกัดตำแหน่งของผู้ใช้งานผ่านสาย AUX ที่ต่ออยู่กับวิทยุสื่อสารได้ด้วย โดยที่ไม่รบกวนการสนทนา

ดังกล่าว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.11 : สัญญาณข้อมูลและสัญญาณเสียงที่ผ่านตามสาย

สำหรับวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK นี้ จะต้องส่งสัญญาณควบคุมให้สอดคล้องกับสัญญาณข้อมูล มิเช่นนั้นข้อมูลที่ได้รับอาจไม่ครบถ้วน หรืออาจมี Idle Line นานเกินไป และเนื่องจาก ESP32 ซึ่งเป็นตัวส่งสัญญาณข้อมูลอยู่แล้ว จึงทราบว่าเมื่อใดจะมีการส่งข้อมูล อีกทั้งข้อมูลที่ส่งเป็นพิกัด Latitude และ Longitude ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทราบอยู่แล้วเช่นกันว่ามี กี่บิต ระยะเวลาการส่งเท่าใด โดย Latitude มีทั้งหมด 9 ตัวอักษรรวมทศนิยม และ Longitude มี 10 ตัวอักษรรวมทศนิยม ดังนั้นหมายความว่า 1 ครั้งของการส่งข้อมูลจะส่งทั้งหมด 19 ตัวอักษร หรือคิดเป็น 152 บิต รวมด้วย Start Bit และ Stop Bit อีกตัวอักษรละ 2 บิต ทั้งหมด $19 \times 2 = 38$ บิต รวมทั้งสิ้นเป็น 190 บิต และ ESP32 มีอัตราการส่งผ่านข้อมูลที่ 300 Baud ดังนั้น 1 ครั้งของการส่งข้อมูลจะใช้เวลาประมาณ 0.633 วินาที เมื่อทราบเช่นนั้นจึงทำการเขียนโปรแกรมให้ ESP32 ส่งสัญญาณควบคุมที่ขา D5 เป็นเวลา 0.75 วินาที เมื่อมีการส่งสัญญาณข้อมูลที่ขา TX0 ดังภาคผนวก ข โดยการควบคุมจังหวะสัญญาณนี้จะใช้ IC CD4066B^[14] เป็นตัวควบคุม

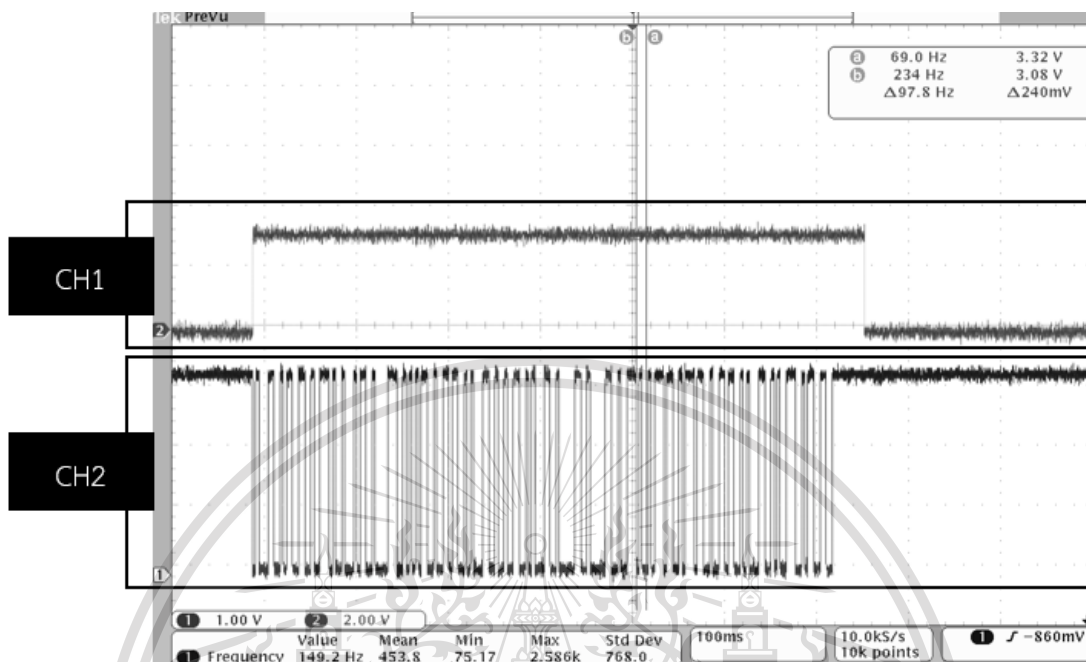
เนื่องจาก IC CD4066B ซึ่งเป็น Analog Switch ที่ถูกนำมาใช้ควบคุมจังหวะนี้ สามารถให้ขนาดสัญญาณขาออกได้สูงสุดและต่ำสุดตามขนาดของสัญญาณควบคุม และไฟเลี้ยง เช่น หากใช้สัญญาณควบคุมที่มีขนาดสูงสุดที่ 5V และต่ำสุดที่ 0 V สัญญาณขาออกที่ปรากฏ จะมีขนาด 0-5 V เท่านั้น เมื่อเป็นเช่นนี้ สัญญาณ FSK ซึ่งมีขนาดต่ำสุดที่ -2 V และสูงสุดที่ +2 V และสัญญาณควบคุมจากขา D5 นั้นมีขนาดสูงสุดที่ 3.3 V และต่ำสุดที่ 0 V เท่านั้น ดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์สงวนสำหรับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.12 : สัญญาณควบคุมจากขา D5 ของ ESP32

CH1 คือ สัญญาณข้อมูลจากขา TX0 ของ ESP32 , CH2 คือ สัญญาณควบคุมจากขา D5 ของ ES32

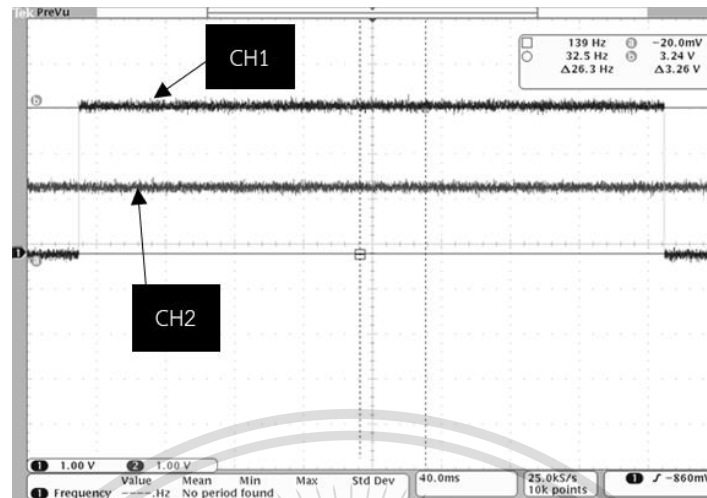
รูปที่ 3.12 นี้แสดงให้เห็นถึงสัญญาณควบคุมที่ครอบคลุมสัญญาณข้อมูลทั้งหมด ที่สัญญาณควบคุมนั้นบิตสูงหมายถึงการ ON สัญญาณให้มีการปล่อยสัญญาณ FSK ได้ และบิตต่ำหมายถึงการ OFF สัญญาณไม่ให้มีการปล่อยสัญญาณ FSK

ดังนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องใช้วงจรเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อมาปรับระดับสัญญาณควบคุมจากขา D5 ให้มีขนาดสัญญาณสูงสุดที่ +2 V และต่ำสุดที่ -3 V เพื่อให้เหมาะสมกับการควบคุมสัญญาณ FSK โดยทำการต่อวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ ด้วย IC3 ดังส่วนหนึ่งของรูปที่ 3.15 จากนั้นทำการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ ให้ระดับสัญญาณที่ขา 2 ของวงจรเปรียบเทียบอยู่ที่ระดับ 1.5 V ดังรูปที่ 3.13 สัญญาณที่ออกมาจึงจะสามารถใช้เป็นสัญญาณควบคุมให้ IC CD4066B ควบคุมสัญญาณ ON/OFF สัญญาณ FSK ได้ ดังรูปที่ 3.14

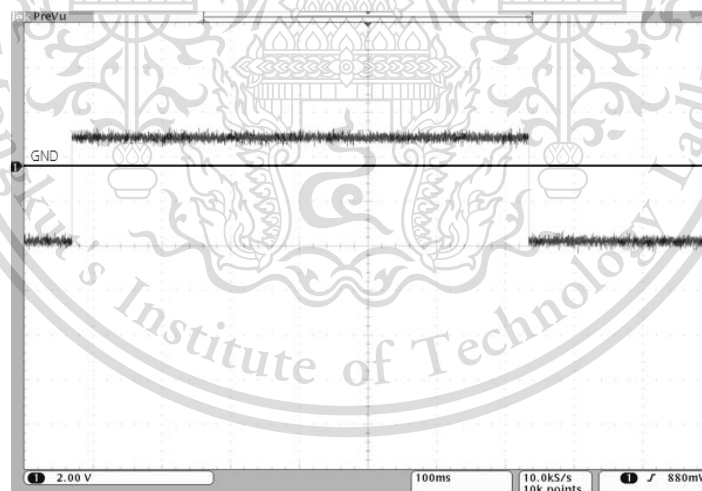
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.13 : วิธีการเปรียบเทียบสัญญาณให้สัญญาณควบคุม
 CH1 คือสัญญาณควบคุมจากขา D5 , CH2 คือสัญญาณเปรียบเทียบ (VREF) รูปนี้แสดงให้เห็นถึง
 CH1 ซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมที่ถูกเปรียบเทียบ และสัญญาณ DC ระดับ 1.5 V ที่ CH2 คือ
 สัญญาณที่ใช้เปรียบเทียบ



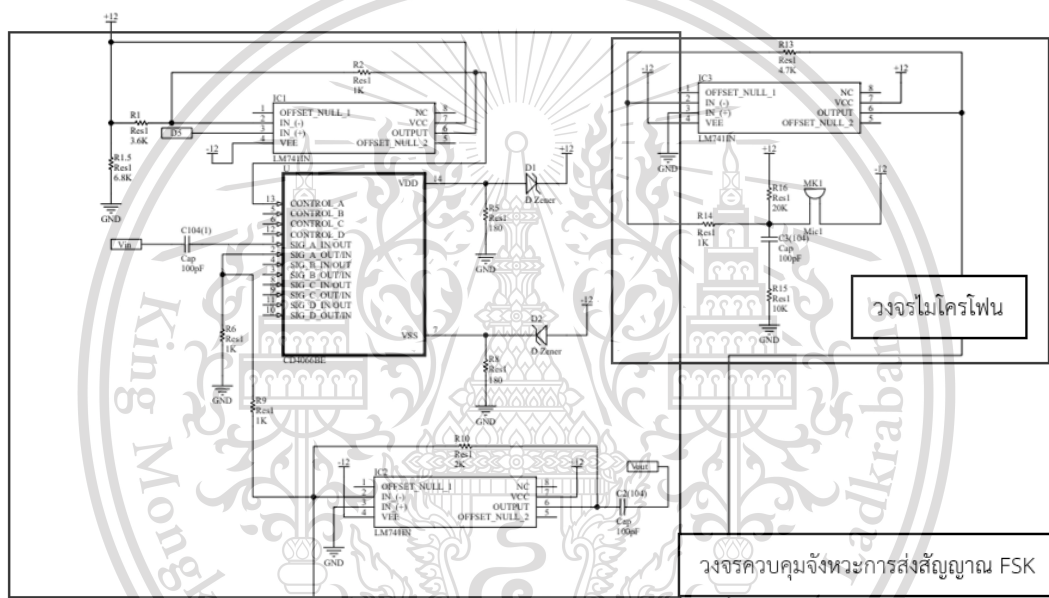
รูปที่ 3.14 : สัญญาณขาออกจากวงจรเปรียบเทียบเพื่อใช้เป็นสัญญาณควบคุมของ IC CD4066B
 รูปนี้แสดงให้เห็นถึงสัญญาณที่ถูกปรับขนาดสัญญาณแล้ว สังเกตว่าขนาดสัญญาณควบคุมนี้
 ครอบคลุมทั้งฝั่งสัญญาณบวกและลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

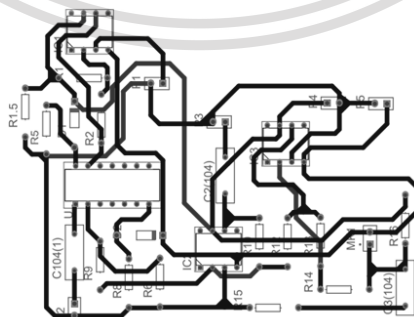
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และเนื่องจาก IC CD4066B รองรับไฟเลี้ยงวงจรได้มากที่สุดที่ $\pm 10\text{ V}$ ดังนั้นการใช้ไฟเลี้ยงเดียวกันกับวงจร FSK Modulator จึงไม่สามารถใช้ได้ จึงจำเป็นต้องใช้ Zener Diode ขนาด 6.2 V มาแปลงระดับสัญญาณไฟ $\pm 12\text{ V}$ ให้เป็น $\pm 6.2\text{ V}$ เพื่อจำกัดระดับไฟเลี้ยงให้ไม่มากเกินไปจนเกินคุณสมบัติของ IC ตัวดังกล่าว ด้วย D1 และ D2 ในรูปที่ 3.15 ด้วยเหตุผลทั้งหมดที่กล่าวมานี้สามารถเขียนเป็น Schematics ได้ดังรูปที่ 3.15 จากนั้นจัดทำ PCB และบัดกรีอุปกรณ์ลงในแผ่นวงจร ดังรูปที่ 3.16 และ 3.17 ตามลำดับ และเมื่อทำวงจรเสร็จสิ้นให้ทดสอบการควบคุมจังหวะสัญญาณ FSK อีกครั้งหนึ่ง ได้ผลดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.15 : Schematics ของวงจรไมโครโฟนและวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK



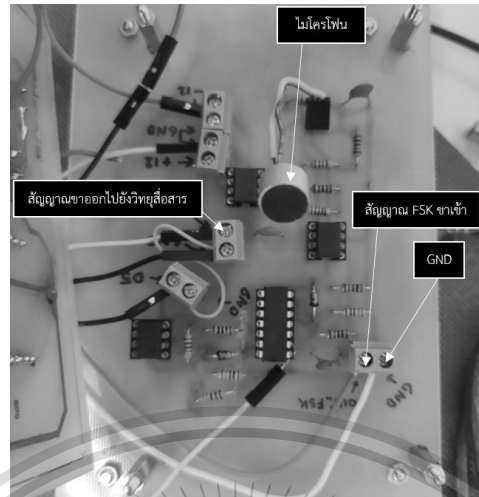
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.16 : PCB ของวงจรไมโครโฟน และวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK

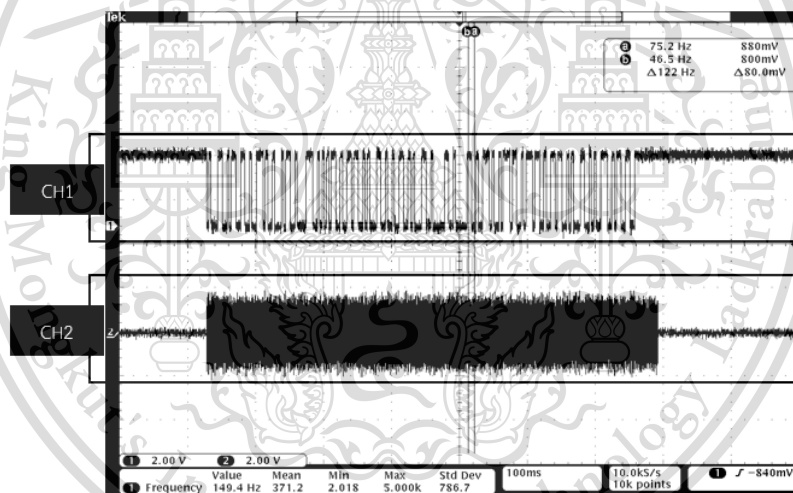
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.17 : วงจรไมโครโฟน และวงจรควบคุมจังหวะการส่งสัญญาณ FSK



รูปที่ 3.18 : สัญญาณ FSK ที่ถูกคุมจังหวะแล้ว

CH1 หมายถึงสัญญาณข้อมูลจาก ESP32 , CH2 คือสัญญาณ FSK ที่ถูกคุมจังหวะแล้ว

รูปที่ 3.18 นี้แสดงให้เห็นถึงการปรากฏสัญญาณใน CH2 ซึ่งเป็นสัญญาณ FSK ในช่วงที่มีสัญญาณข้อมูล แต่ยังคงมีสัญญาณ FSK ในส่วนที่เป็น Idle Line อีกเล็กน้อยเพื่อให้ ESP32 ฝั่งรับสัญญาณยังคงมี Idle Line ที่ทำให้ Start Bit ยังคงทำงานได้อยู่ มีเช่นนั้น ESP32 ที่ฝั่งรับสัญญาณ จะไม่สามารถตรวจจับ Start Bit ได้และการอ่านค่าจะไม่เกิดขึ้น

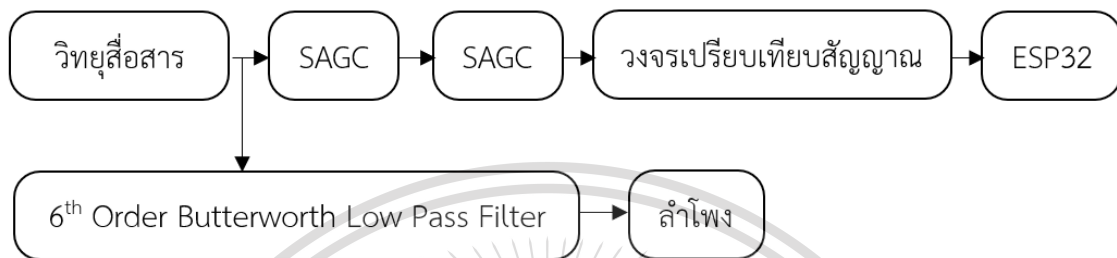
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

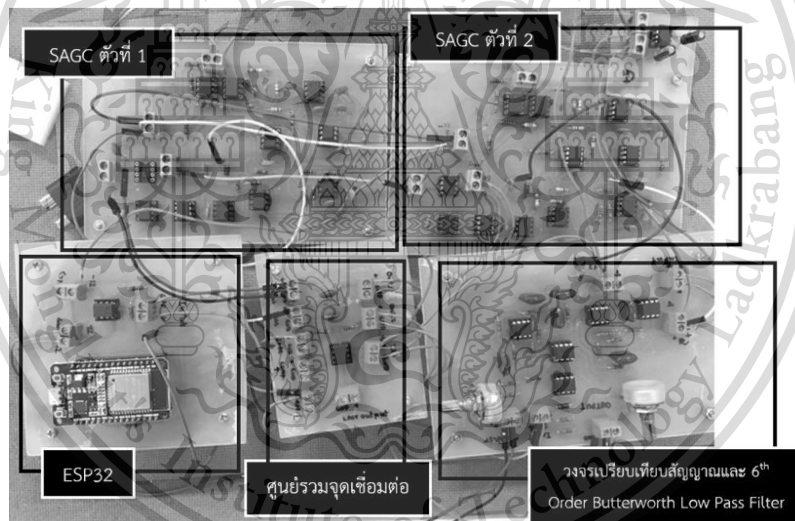
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.3 การออกแบบวงจรฝั่งรับสัญญาณ (Rx)

ภาพรวมของวงจรฝั่งรับสัญญาณสามารถแสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3.19 โดยมี Schematics ดังภาคผนวก ข. และวงจรรวมดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 : บล็อกไดอะแกรมของวงจรฝั่งรับสัญญาณ (Rx)



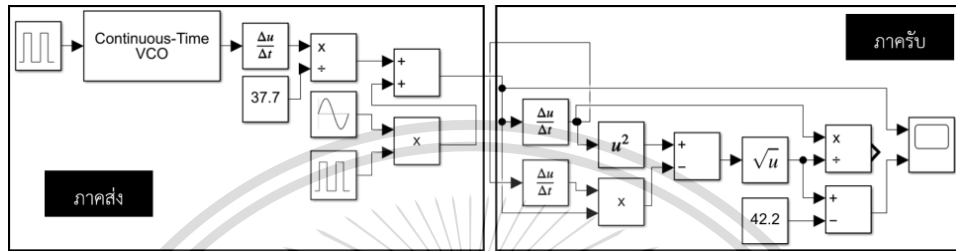
รูปที่ 3.20 : วงจรฝั่งรับสัญญาณ (Rx)

โดยปัญหาที่เกิดขึ้นในฝั่งรับสัญญาณนี้คือการถอดรหัสสัญญาณ FSK ที่ได้รับมา และการกลบสัญญาณ FSK ให้เบาลง สำหรับปัญหาในการถอดรหัสสัญญาณ FSK นั้น จะต้องคำนึงถึงการถอดรหัสด้วยวงจร SAGC ดังสมการที่ 2.10 ว่า ระดับสัญญาณที่ออกมาจะแปรผันทั้งขนาดและความถี่ของสัญญาณขาเข้า ทำให้การถอดรหัสมีความผิดพลาดได้หากผลคูณของทั้งสองตัวแปรดังกล่าวเท่ากัน ดังจึงทำการจำลองเหตุการณ์นี้โดยใช้โปรแกรม MATLAB โดยมีการต่อบล็อกจำลองไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

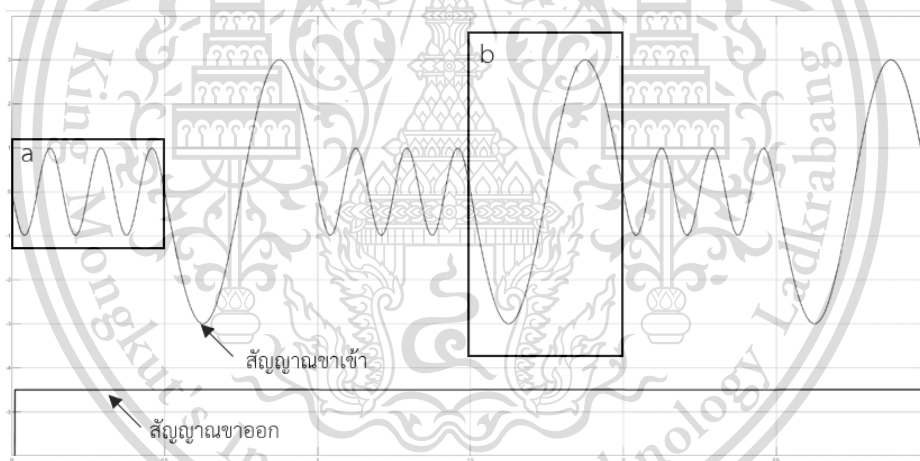
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคส่งและรับของระบบ ดังรูปที่ 3.21 โดยใช้วงจร SAGC 1 วงจรแทนภาครับ โดยการจำลองนี้ ให้สัญญาณจากภาคส่งซึ่งเป็นสัญญาณ FSK ที่ประกอบไปด้วยสัญญาณคลื่นรูปไซน์ขนาด 1 Vpp ความถี่ 3 Hz (ช่วง a) และขนาด 3 Vpp ความถี่ 1 Hz (ช่วง b) จากนั้นทำการผลลัพธ์ตรวจสอบผลลัพธ์การถอดรหัสจากภาครับ พบว่าภาครับไม่สามารถถอดรหัสได้ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 : บล็อกจำลองภาคส่งและรับของระบบ



รูปที่ 3.22 : ปัญหาของการถอดรหัส FSK ด้วยวงจร SAGC เมื่อใช้สัญญาณขาเข้าที่ไม่พึงประสงค์ CH1 คือสัญญาณ FSK ขาเข้า , CH2 คือสัญญาณขาออกที่เกิดจากการถอดรหัส FSK ของ CH1

รูปที่ 3.22 นี้แสดงให้เห็นถึงกรณีที่มีการตอบสนองของช่องสัญญาณวิทยุในฝั่งรับสัญญาณส่งผลต่อสัญญาณ FSK ที่ส่งมา ทำให้สัญญาณ FSK ที่รับมาได้มีขนาดที่แตกต่างกันทั้งสองความถี่ ซึ่งหากความแตกต่างนี้ส่งผลให้ผลคูณของขนาดและความถี่ ของทั้งสองความถี่มีค่าเท่ากันแล้ว ($|A_1\omega_1| = |A_2\omega_2|$) จะทำให้การถอดรหัสสัญญาณ FSK ด้วยวงจร SAGC นั้นไม่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ควบคุมไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.24 นี้แสดงให้เห็นถึงการถอดรหัส FSK ของสัญญาณขาเข้าที่เคยมีปัญหา (สัญญาณเส้นประใน CH1) แต่เมื่อนำวงจร SAGC 2 ต่อมาต่อกัน วงจร SAGC ตัวที่ 1 จะทำการปรับขนาดของสัญญาณที่มีปัญหาดังกล่าว ให้เป็นสัญญาณ FSK ที่มีขนาดเท่ากับสัญญาณเส้นทึบใน CH1 ดังรูป 3.24 จากนั้นวงจร SAGC ตัวที่ 2 จะสามารถถอดรหัส FSK ออกมาเป็นบิตข้อมูลได้ตั้งสัญญาณเส้นทึบใน CH2

อีกหนึ่งปัญหาของวงจรรับสัญญาณคือ เนื่องจากการส่งสัญญาณ FSK ไปพร้อมกันกับสัญญาณเสียง ทำให้เมื่อถึงฝั่งรับสัญญาณ เสียงที่ปล่อยออกมาจากลำโพงจะมีทั้งเสียงพูดของผู้ใช้งาน ฝั่งส่งและเสียงจากสัญญาณ FSK ปะปนกันไป จึงแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเข้าไปเพื่อให้เสียงส่วนที่เป็นสัญญาณ FSK ไม่รบกวนกับสัญญาณเสียง

โดยสองปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ถูกแก้ไขและอธิบายขั้นตอนต่างๆไว้อย่างละเอียดในหัวข้อที่ 3.1.3.1 และ 3.1.3.2 ซึ่งจะพูดถึงถึงวงจร SAGC และ วงจร 6th Order Butterworth Low Pass Filter^[15] ตามลำดับ

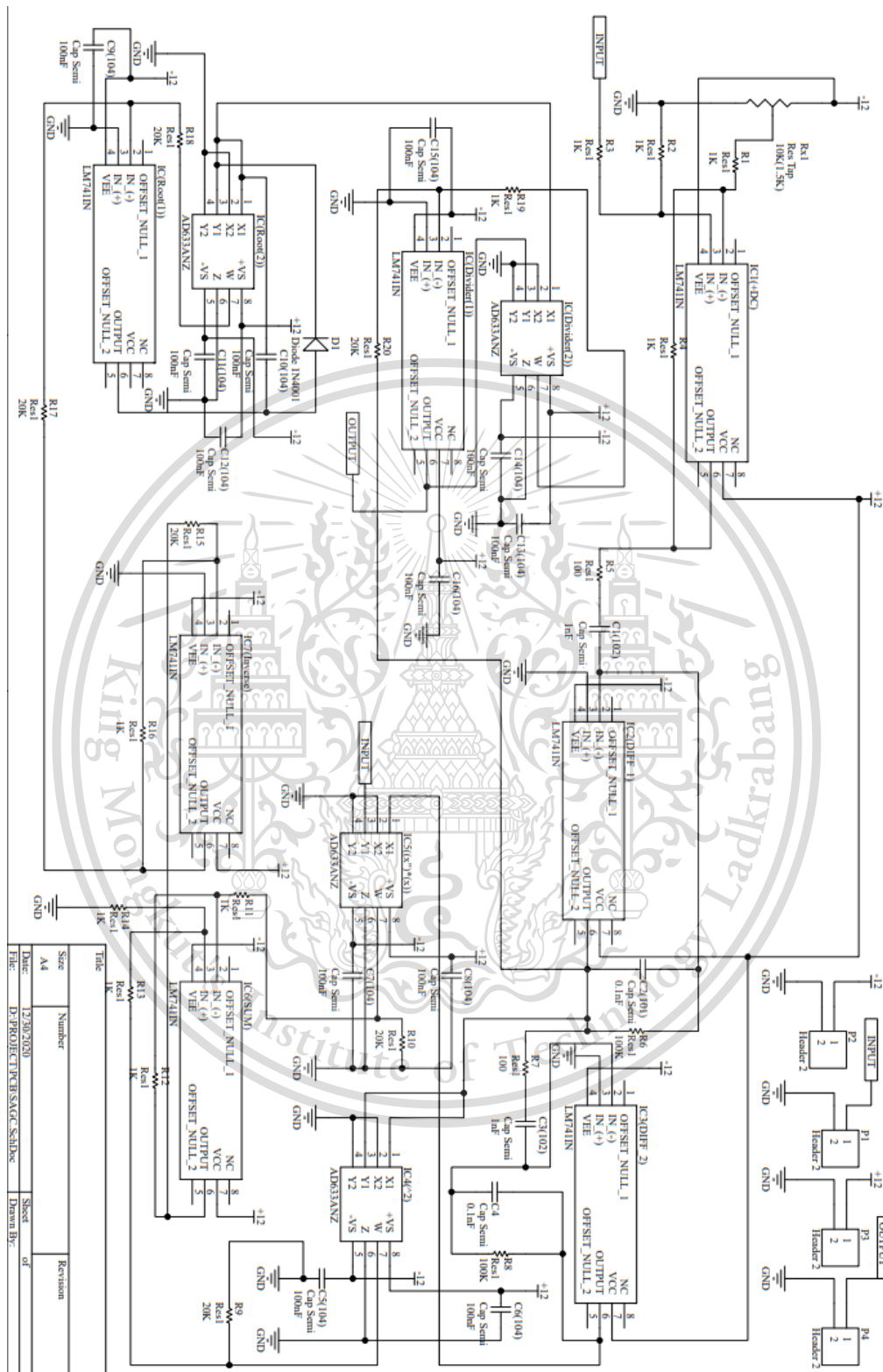
3.1.3.1 การออกแบบส่วนประกอบของวงจร SAGC

วงจร SAGC มีหลักการทำงานแสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.5 โดยการใช้ วงจรทำอนุพันธ์ 2 วงจร, วงจรคูณ 2 วงจร, วงจรบวก 1 วงจร, วงจรถอดรากที่ 2 1 วงจร และวงจรหาร 1 วงจร โดยจะใช้ Op amp 741 สำหรับการสร้างวงจรทำอนุพันธ์ และวงจรบวก และใช้ IC AD633 สำหรับการสร้างวงจรคูณ วงจรถอดรากที่ 2 และวงจรหาร และใส่ไฟเลี้ยงให้วงจร SAGC เป็น $\pm 12 V$ จากนั้นทำการต่อวงจร ดังรูปที่ 3.25 จากนั้นทำการสร้างแผ่น PCB กัดปรินและบัดกรีอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.26 และ 3.27 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

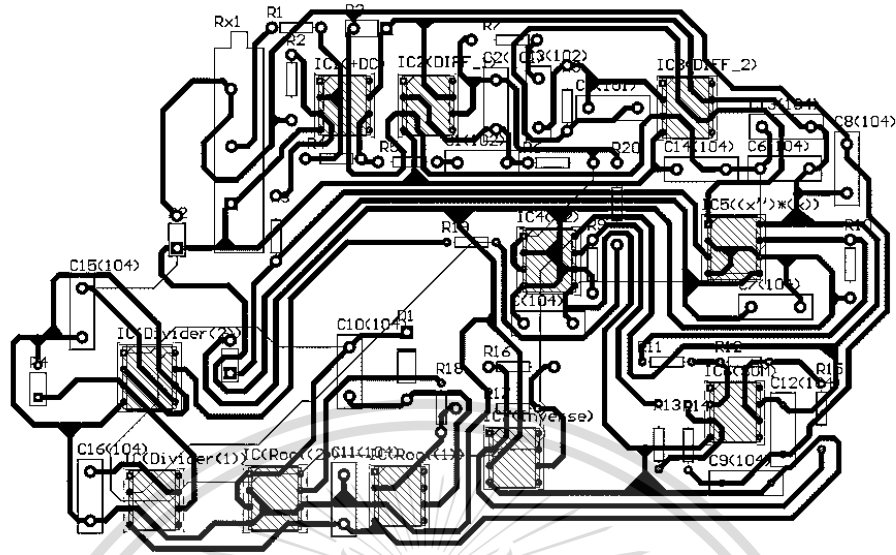
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



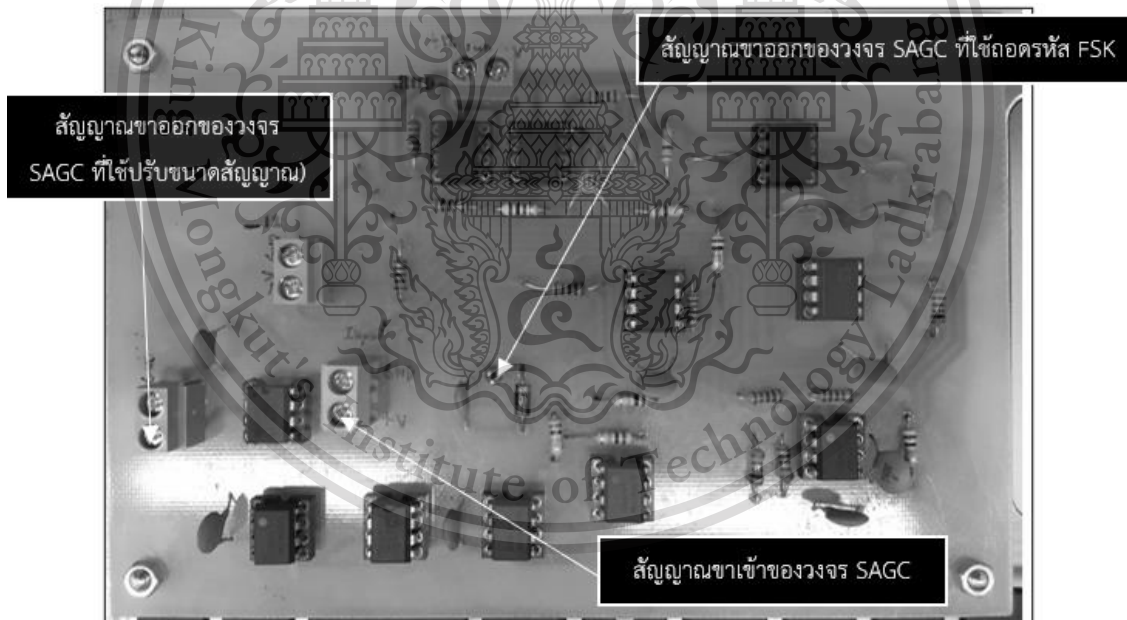
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.25 : Schematics ของวงจร SAGC
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.26 : PCB ของวงจร SAGC



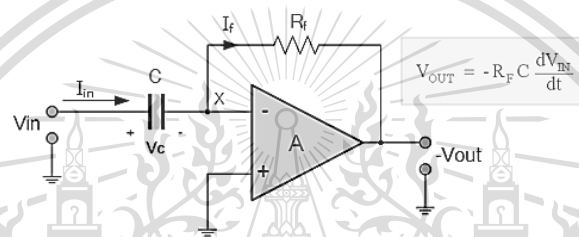
รูปที่ 3.27 : วงจร SAGC ที่พร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

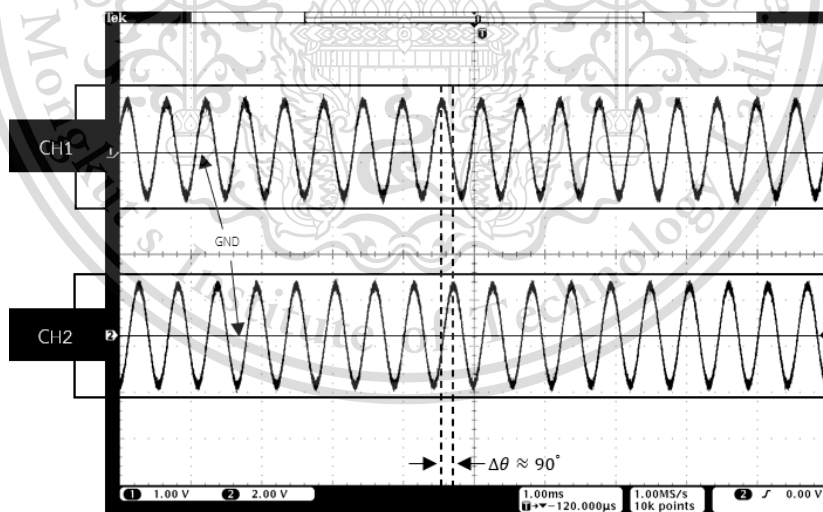
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เมื่อได้วงจร SAGC ที่สามารถใช้งานได้แล้ว ทำการทดสอบวงจรย่อยภายในวงจร SAGC นี้โดยใช้ไฟเลี้ยงเป็น $\pm 12V$ และใช้สัญญาณขาเข้าไล่เรียงตามกันไป กล่าวคือใช้สัญญาณขาเข้าของวงจรถัดไปเป็นสัญญาณขาออกของวงจรก่อนหน้าทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนสิ้นสุดตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.10 โดยจะเริ่มจากการทดสอบวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1 ก่อน ซึ่งมีวงจรสมมูลของวงจรทำอนุพันธ์ดังรูปที่ 3.28 จากนั้นให้สัญญาณขาเข้าวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1 นี้เป็นสัญญาณคลื่นรูปไซน์ขนาด $2V_{pp}$ ความถี่ $1,800\text{ Hz}$ ได้ผลดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.28 : วงจรสมมูลของวงจรทำอนุพันธ์ที่นำมาประยุกต์ใช้งาน



รูปที่ 3.29 : ผลการทดสอบของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1

CH1 และ CH2 คือสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1 ตามลำดับ รูปนี้

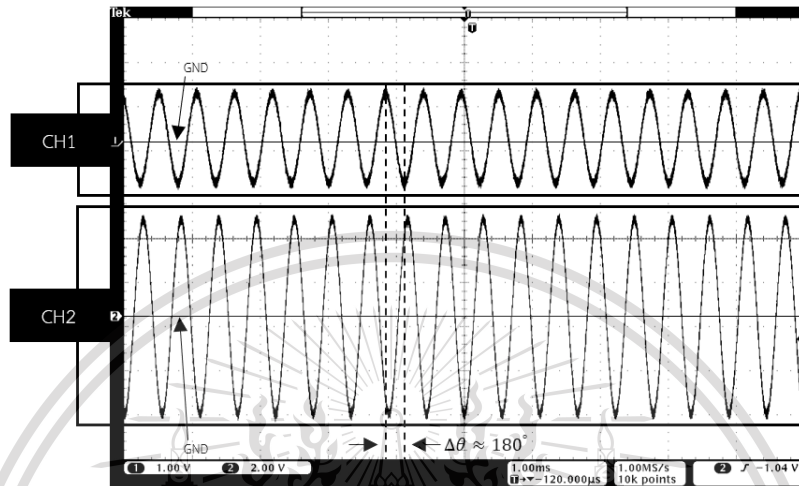
แสดงให้เห็นถึง ผลลัพธ์ของการทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1 ที่ได้คือเฟสของสัญญาณใน CH2 มีการเลื่อนไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 90 องศา พร้อมกับการกลับเฟส

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

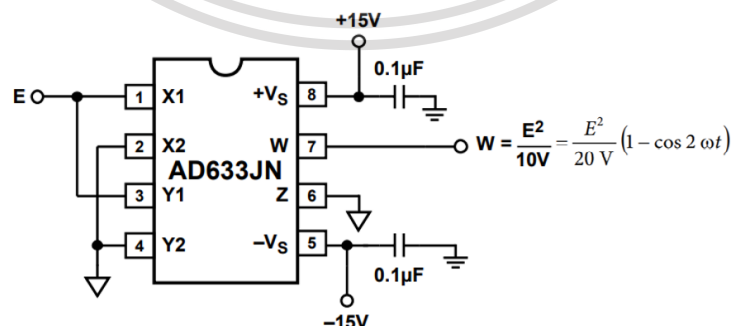
จากนั้นทำการทดสอบวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 2 โดยใช้สัญญาณขาเข้าเป็นสัญญาณขาออกของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1 ได้ผลดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 : ผลการทดสอบของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 2

CH1 คือสัญญาณขาเข้าของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1 และ CH2 คือสัญญาณขาออกของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 2 รูปนี้แสดงให้เห็นถึง ผลลัพธ์ของการทำอนุพันธ์ครั้งที่ 2 ที่ได้คือเฟสของสัญญาณใน CH2 มีการเลื่อนไป 180 องศา และมีการกลับเฟส เมื่อเทียบกับสัญญาณใน CH1

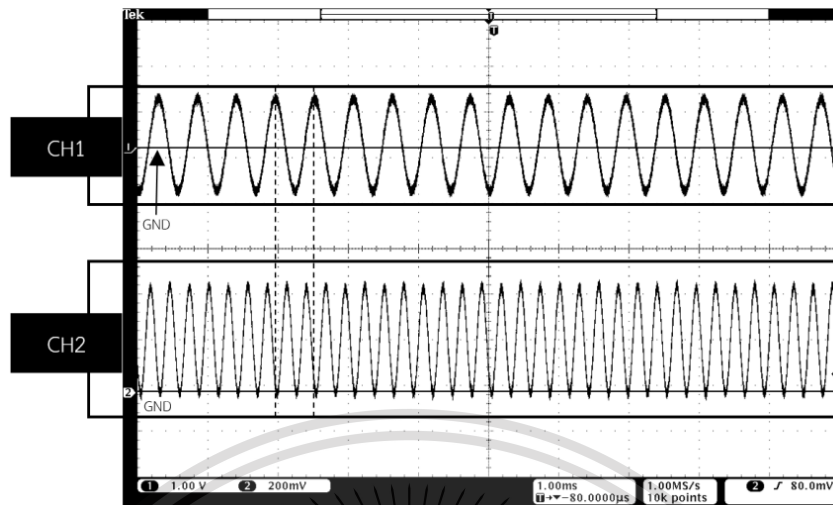
จากนั้นทำการทดสอบวงจรยกกำลังสอง โดยมีวงจรสมมูลของวงจรกำลังสองดังรูปที่ 3.31 โดยจะใช้สัญญาณขาเข้าเป็นสัญญาณขาออกของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1 ได้ผลดังรูปที่ 3.32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.31 : วงจรสมมูลของวงจรกำลังสองที่นำมาประยุกต์ใช้งาน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

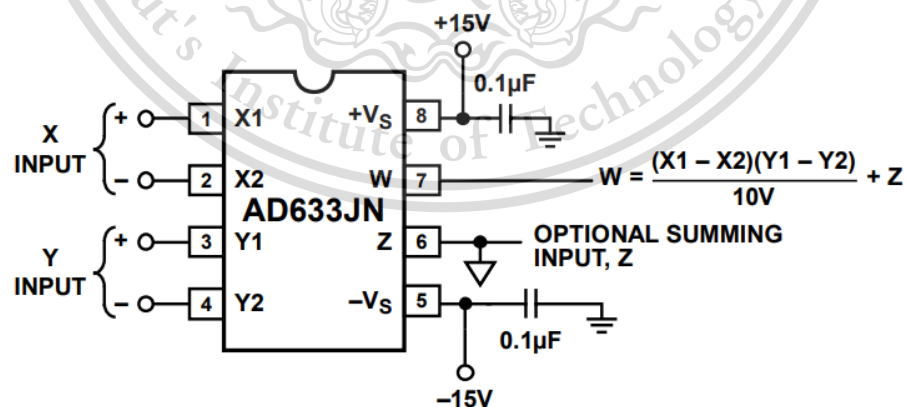
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.32 : ผลการทดสอบของวงจรยกกำลังสอง

CH1 และ CH2 คือสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกของวงจรยกกำลังสองนี้ตามลำดับ รูปนี้แสดงให้เห็นถึง ผลลัพธ์ของการยกกำลังสองที่ได้คือสัญญาณมีความถี่เพิ่มเป็นสองเท่าและมีการยกระดับขึ้นไป

จากนั้นทำการทดสอบวงจรคูณสัญญาณ โดยมีวงจรสมมูลของวงจรคูณสัญญาณดังรูปที่ 3.33 ซึ่งจะใช้สัญญาณขาเข้าหนึ่งเป็นสัญญาณขาเข้าของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1 และอีกหนึ่งสัญญาณขาเข้าเป็นสัญญาณขาออกของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 2 ได้ผลดังรูปที่ 3.34

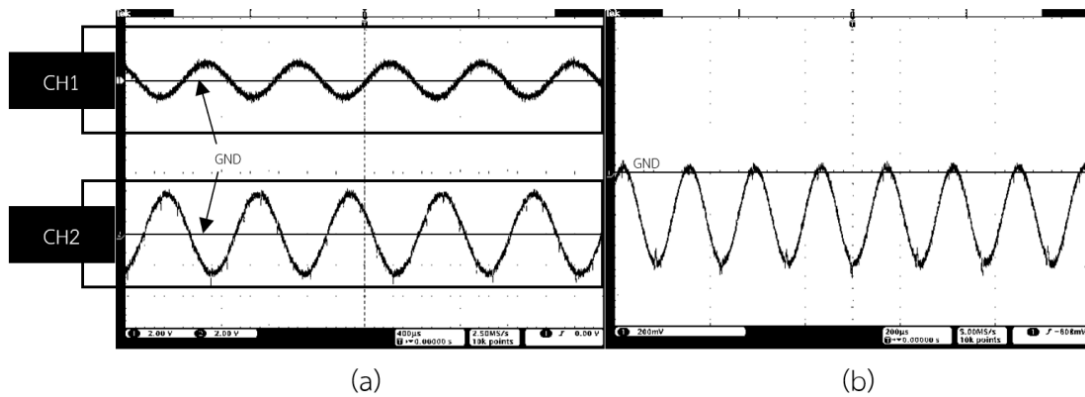


รูปที่ 3.33 : วงจรสมมูลของวงจรคูณสัญญาณที่นำมาประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

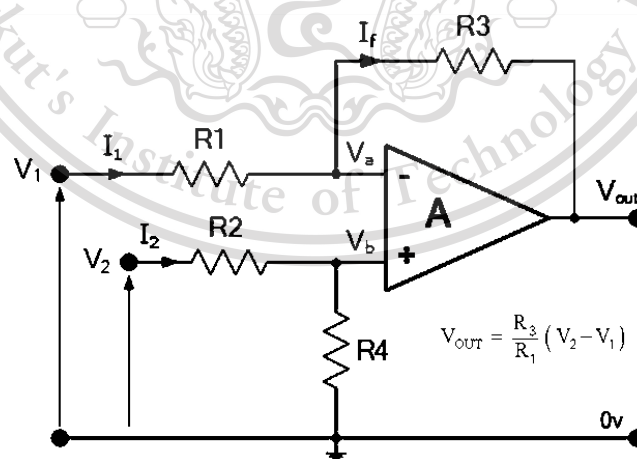
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.34 : ผลการทดสอบของวงจรคุณสัญญาณ

CH1 และ CH2 คือสัญญาณขาเข้าของวงจรคุณสัญญาณ รูปนี้แสดงให้เห็นถึง (a) คือสัญญาณขาเข้าของวงจรนี้ โดยมี CH1 เป็นสัญญาณขาเข้าของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 1 และ CH2 เป็นสัญญาณขาออกของวงจรทำอนุพันธ์ครั้งที่ 2, และ (b) แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการคุณสัญญาณที่ได้คือสัญญาณขาออกมีการกลับเฟส และความถี่ของสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และมีการลดระดับลงมา

จากนั้นทำการทดสอบวงจรลบสัญญาณ โดยมีวงจรสมมูลของวงจรลบสัญญาณดังรูปที่ 3.35 ซึ่งจะใช้สัญญาณขาเข้าทั้งสองเป็นสัญญาณขาออกจากวงจรยกกำลังสอง และสัญญาณขาออกจากวงจรคุณ ได้ผลดังรูปที่ 3.36

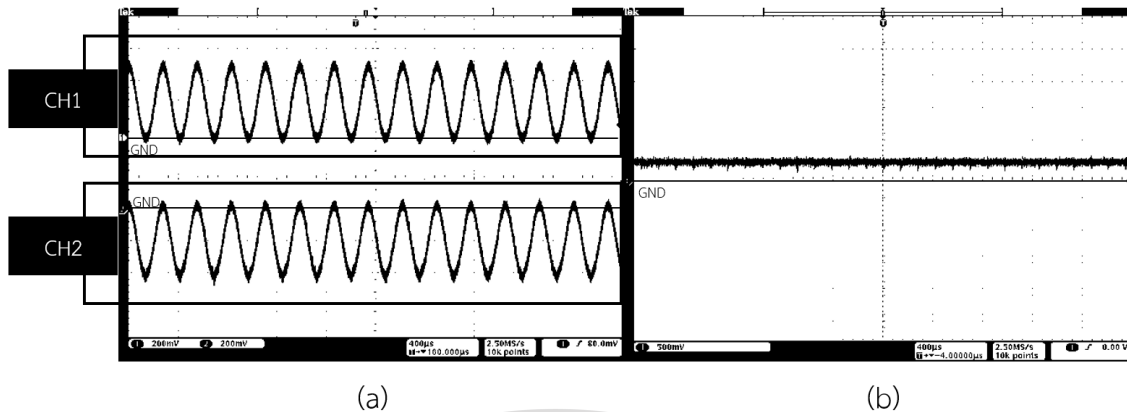


รูปที่ 3.35 : วงจรสมมูลของวงจรลบสัญญาณที่นำมาประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

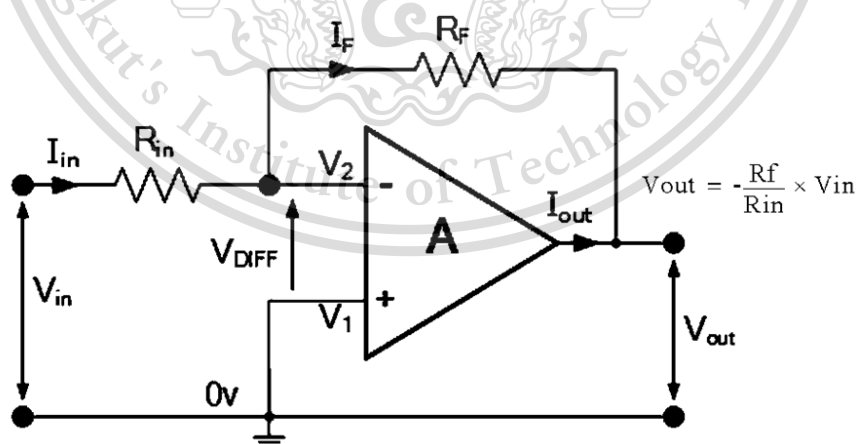
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.36 : ผลการทดสอบของวงจรลบบัสสัญญาณ

CH1 และ CH2 คือสัญญาณขาเข้าของวงจรลบบัสสัญญาณ รูปนี้แสดงให้เห็นถึง (a) คือสัญญาณขาเข้าของวงจรนี้ โดยมี CH1 เป็นสัญญาณขาออกวงจรยกกำลังสอง และ CH2 เป็นสัญญาณขาออกของวงจรคูณสัญญาณ และ (b) แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการลบบัสสัญญาณที่ได้คือ สัญญาณเป็นไฟตรงที่มีระดับสัญญาณแปรผันกับขนาดและความถี่ ดังสมการที่ 2.9

จากนั้นทำการทดสอบวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส โดยมีวงจรสมมูลของวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสดังรูปที่ 3.37 ซึ่งจะใช้สัญญาณขาเข้าเป็นสัญญาณสัญญาณขาออกจากวงจรลบบัสสัญญาณ ได้ผลดังรูปที่ 3.38

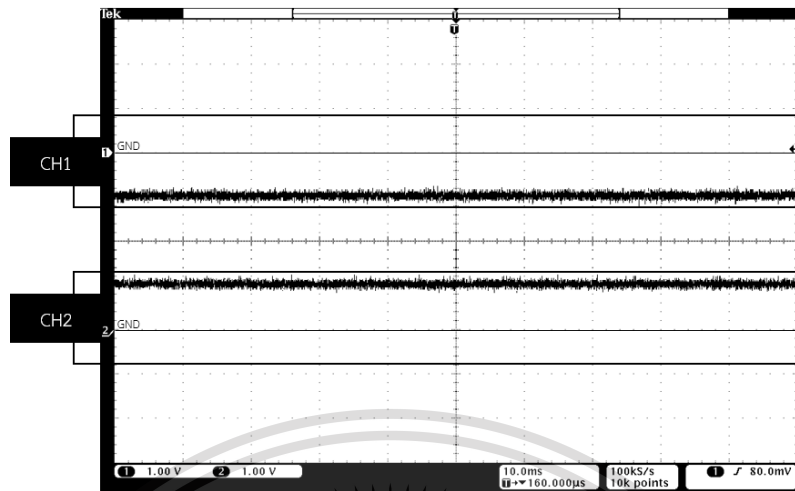


รูปที่ 3.37 : วงจรสมมูลของวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสที่นำมาประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

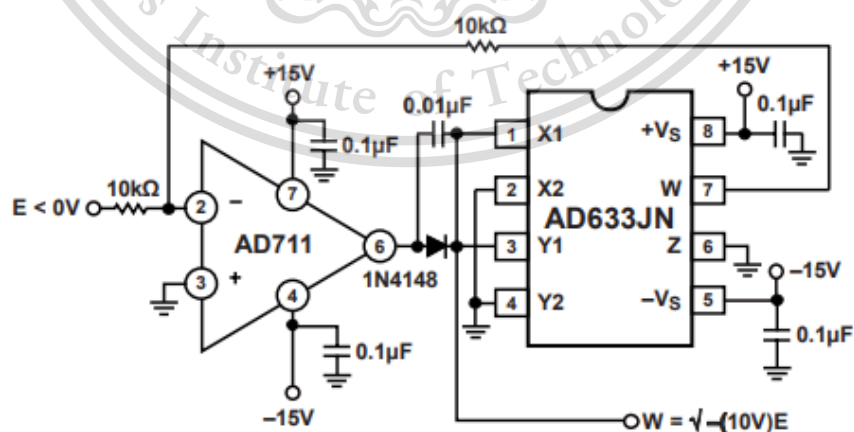
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.38 : ผลการทดสอบของวงจรขยายแบบกลับเฟส

CH2 และ CH1 คือสัญญาณขาเข้าและสัญญาณออกจากวงจรขยายแบบกลับเฟสนี้ตามลำดับ รูปนี้แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการกลับเฟสสัญญาณที่ได้คือเฟสของสัญญาณมีการกลับลงมาอยู่ที่ระดับต่ำกว่า GND โดยสาเหตุที่ต้องกลับเฟสเป็นเพราะว่าวงจรถอดรอกที่สอง ซึ่งเป็นวงจรถัดไป ต้องการสัญญาณขาเข้าที่มีขนาดเป็นลบ ($E < 0\text{ V}$)

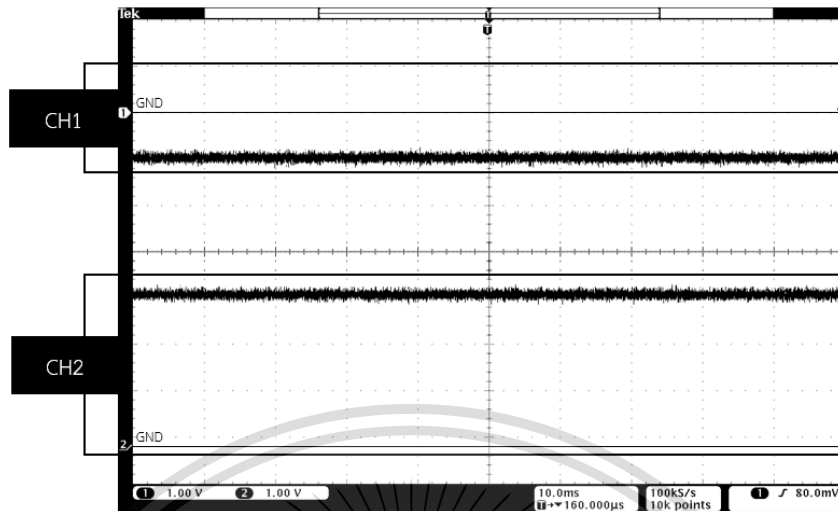
จากนั้นทำการทดสอบวงจรถอดรอกที่สอง โดยมีวงจรสมมูลของวงจรถอดรอกที่สองดังรูปที่ 3.39 ซึ่งจะใช้สัญญาณขาเข้าเป็นสัญญาณขาออกของวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส ได้ผลดังรูปที่ 3.40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.39 : วงจรสมมูลของวงจรถอดรอกที่ 2 ที่นำมาประยุกต์ใช้งาน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

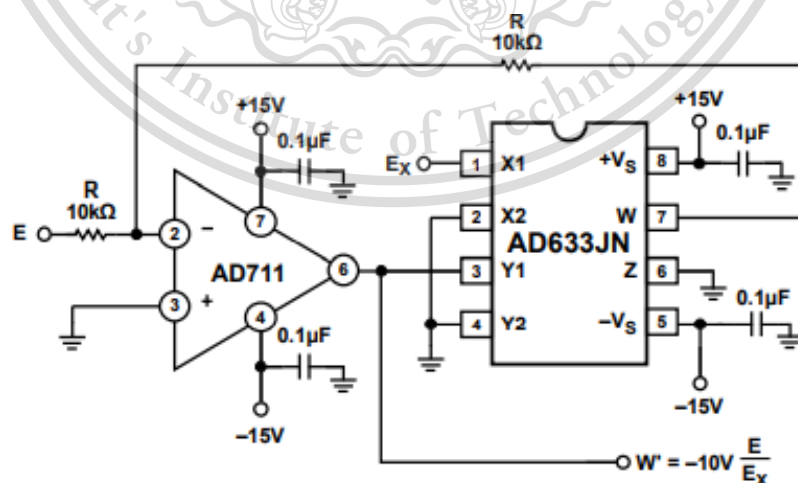
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.40 : ผลการทดสอบของวงจรถดรกที่ 2

CH1 และ CH2 คือสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกของวงจรถดรกที่ 2 นี้ตามลำดับ รูปนี้แสดงให้เห็นถึง ผลลัพธ์ของการถดรกที่สองที่ได้คือสัญญาณมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอัตราขยายของวงจรถดรกที่ 2 และมีระดับสัญญาณเป็นบวก

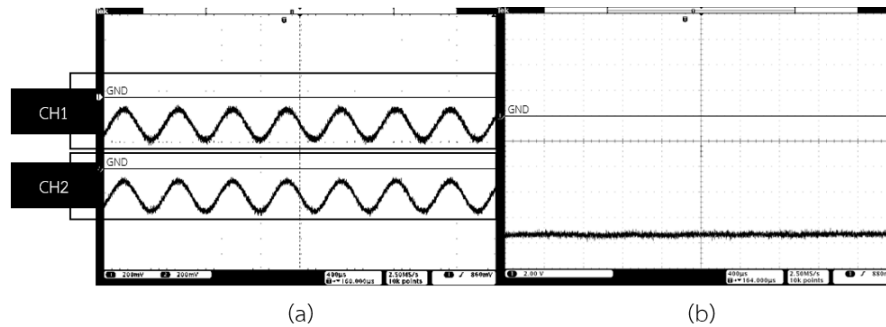
จากนั้นทำการทดสอบวงจรหาร โดยมีวงจรสมมูลดังรูปที่ 3.41 ซึ่งจะใช้ Function Generator ปลอ่ยสัญญาณคลื่นรูปไซน์ขนาด 0.3 Vpp ความถี่ 1,800 Hz เป็นสัญญาณขาเข้าในทั้งตัวตั้งและตัวหาร ($E = E_x$) ดังรูปที่ 3.42 (a) ได้ผลดังรูปที่ 3.42 (b)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.41 : วงจรสมมูลของวงจรหารที่นำมาประยุกต์ใช้งาน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

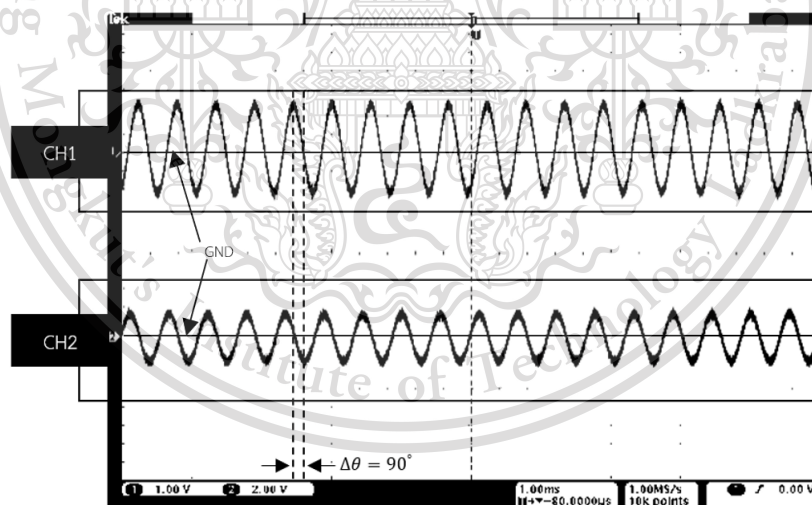
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.42 : ผลการทดสอบของวงจรหาร

CH1 และ CH2 คือสัญญาณขาเข้าของวงจรหารนี้ รูปนี้แสดงให้เห็นถึง (a) คือสัญญาณขาเข้า และ (b) คือผลลัพธ์ของการหารสัญญาณที่ได้คือสัญญาณขาออกมีระดับสัญญาณขนาด -9.5 V

จากนั้นทำการทดสอบวงจรหารนี้อีกครั้ง โดยการใช้นาฬิกาของวงจรทำอนุพัทธ์ครั้งที่ 1 เป็นตัวตั้งและสัญญาณขาออกของวงจรถอดรอกที่ 2 เป็นตัวหาร เพื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติของวงจร SAGC ได้ผลดังรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 : สัญญาณ SAGC

CH1 คือสัญญาณขาเข้าของวงจรทำอนุพัทธ์ครั้งที่ 1 และ CH2 คือสัญญาณขาออกของวงจรหาร รูปนี้แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการหารสัญญาณที่ได้คือ สัญญาณขาออกมีลักษณะเป็นสัญญาณที่มี

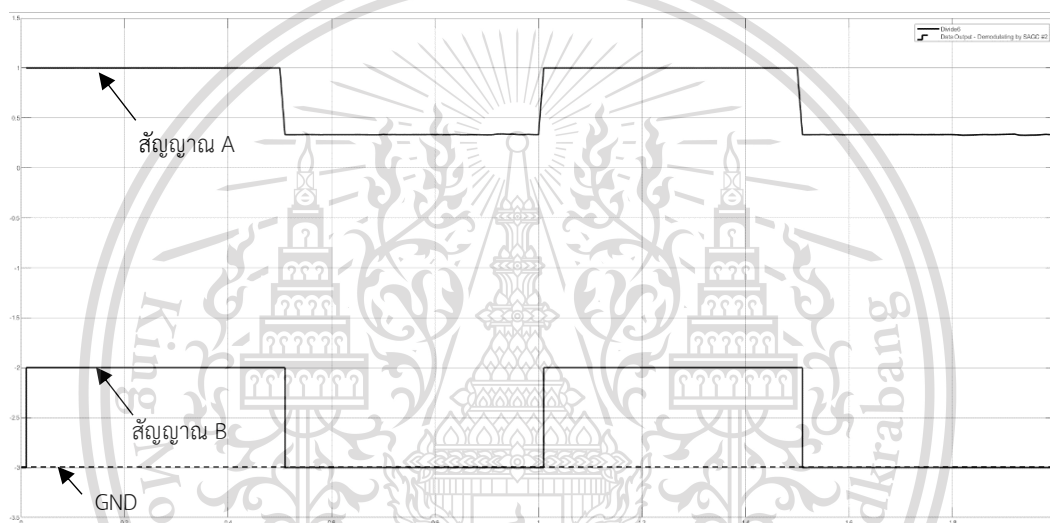
ขนาดคงที่และเฟสที่เลื่อนไป 90 องศา แม้ว่าจะมีการปรับเปลี่ยนขนาดหรือความถี่ของสัญญาณขาเข้าก็ตาม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ตาม ดัสมการที่ 2.11 ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าวงจร SAGC นี้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

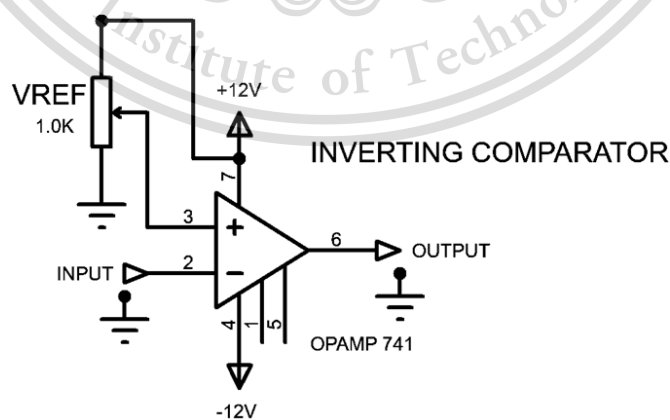
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.3.2 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อตัดสินใจบิตข้อมูล และ 6th Order Butterworth Low Pass Filter

เมื่อวงจร SAGC ตัวที่ 2 ทำหน้าที่เสร็จสิ้นจะได้สัญญาณขาออกที่มีรูปร่างเหมือนกับสัญญาณข้อมูลจาก ESP32 แต่ระดับของสัญญาณยังมีความแตกต่างกันอยู่ ซึ่งยังไม่สามารถนำไปให้ ESP32 อ่านค่าได้ เนื่องจากสัญญาณยังไม่มีความเป็น TTL จึงแก้ปัญหาโดยการใช่วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ เพื่อปรับระดับสัญญาณให้เป็น TTL ดังรูปที่ 3.44 Schematics ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณถูกแสดงดังรูปที่ 3.45



รูปที่ 3.44 : ตัวอย่างสัญญาณ A ที่ไม่เป็น TTL และสัญญาณ B ที่เป็น TTL

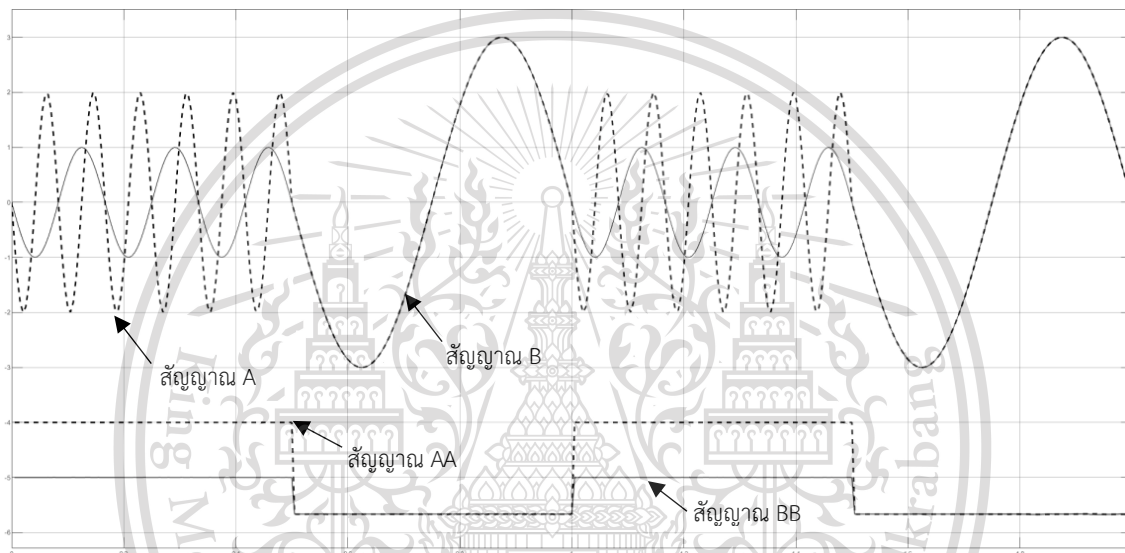


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.45 : วงจรสมมูลของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบกัลป์เฟส
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เนื่องด้วยเมื่อมีความต้องการเปลี่ยนความถี่ในการเข้ารหัสของสัญญาณ FSK ให้เป็นค่าใหม่ ซึ่งทำให้ค่า ω เปลี่ยนตามด้วย ดังรูปที่ 3.46 ฉะนั้นระดับสัญญาณ DC ที่ถอดรหัสมาในแต่ละความถี่จึงมีระดับที่แตกต่างกัน ดังสมการที่ 2.10 ทำให้ระดับสัญญาณที่ใช้เปรียบเทียบมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละครั้งที่มีการเปลี่ยนความถี่ในการเข้ารหัส FSK ดังนั้นการใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้มาช่วยปรับระดับสัญญาณเปรียบเทียบแบบกลับเฟส ดังรูปที่ 3.47 เพื่อให้การถอดรหัสด้วยวงจร SAGC มีประสิทธิภาพสูงสุด



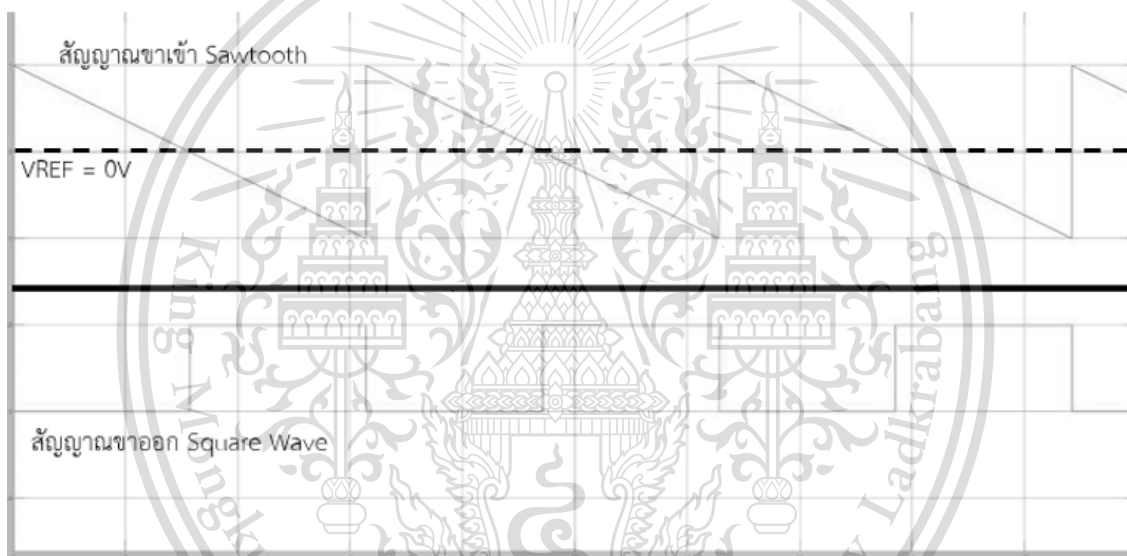
รูปที่ 3.46 : ตัวอย่างการถอดรหัส FSK ด้วยวงจร SAGC ตัวที่ 2 เมื่อมีการเปลี่ยนความถี่ในการเข้ารหัส FSK เป็นค่าใหม่ สัญญาณ AA และ BB คือสัญญาณที่ถูกถอดรหัส FSK จากสัญญาณ A และ B ตามลำดับ

รูปที่ 3.46 นี้แสดงให้เห็นถึงสัญญาณขาเข้า FSK ทั้งสองสัญญาณที่มีขนาดและความถี่ต่างกัน โดยสัญญาณ A ประกอบไปด้วย Mark ขนาด 2 Vpp ความถี่ 6 Hz และ Space ขนาด 3 Vpp ความถี่ 2 Hz และสัญญาณ B ประกอบไปด้วย Mark ขนาด 1 Vpp ความถี่ 3 Hz และ Space ที่เท่ากับสัญญาณ A คือขนาด 3 Vpp ความถี่ 2 Hz จากนั้นสัญญาณนี้จะผ่านวงจร SAGC ตัวที่ 1 ก่อนซึ่งจะทำให้ขนาดของสัญญาณ FSK มีค่าเท่ากัน ดังนั้นสัญญาณ FSK ทั้งสองจึงมีเพียงความถี่ที่แตกต่างกันเท่านั้น จากนั้นจึงนำสัญญาณ FSK ทั้งสองนั้นมาถอดรหัสด้วยวงจร SAGC ตัวที่ 2 โดยสัญญาณ AA เป็นสัญญาณที่ได้จากการถอดรหัส FSK ของสัญญาณ A และสัญญาณ BB

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เป็นสัญญาณที่ได้จากการถอดรหัส FSK ของสัญญาณ B ซึ่งช่วงที่สัญญาณ A และ B มีความถี่เดียวกันปรากฏสัญญาณ AA และ BB ที่ระดับเดียวกัน แต่ช่วงที่สัญญาณ A และ B มีความถี่ต่างกัน ปรากฏสัญญาณ AA และ BB ที่ระดับต่างกัน โดยสัญญาณ A ซึ่งมีความถี่ในการเข้ารหัส FSK ที่สูงกว่า B ทำให้ได้ระดับสัญญาณ AA ที่สูงกว่า BB ดังสมการที่ 2.10 ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้การถอดรหัส FSK ด้วยวงจร SAGC มีการกลับเฟสจากสัญญาณต้นฉบับ เนื่องจากสัญญาณ FSK ที่ส่งมามี Mark เป็นความถี่ต่ำ และมี Space เป็นความถี่สูง การที่ใช้วงจร SAGC ถอดรหัส จะทำให้ความถี่สูงนั้น กลายเป็น Mark และ ความถี่ต่ำกลายเป็น Space จึงทำให้ต้องใช้อุปกรณ์เปรียบเทียบสัญญาณแบบกลับเฟสเพื่อกลับเฟสสัญญาณให้ตรงตามสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก ESP32



รูปที่ 3.47 : ตัวอย่างผลลัพธ์ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบกลับเฟส

รูปที่ 3.47 นี้แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบสัญญาณของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบกลับเฟส โดยมีเส้นประเป็นสัญญาณเปรียบเทียบ (VREF) ที่ 0 V และสัญญาณที่ถูกเปรียบเทียบคือสัญญาณ Sawtooth หลังจากผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบกลับเฟสแล้ว ช่วงของสัญญาณใดที่มีค่ามากกว่า VREF จะถูกตัดสินใจให้สัญญาณนั้นมีขนาดเท่ากับ -12 V และช่วงของสัญญาณใดที่มีค่าต่ำกว่า VREF จะถูกตัดสินใจให้สัญญาณนั้นมีขนาดเท่ากับ +12 V ตามขนาดไฟตรงที่ใช้เลี้ยง Op amp ที่ขา 4 และ 7 ตามลำดับ

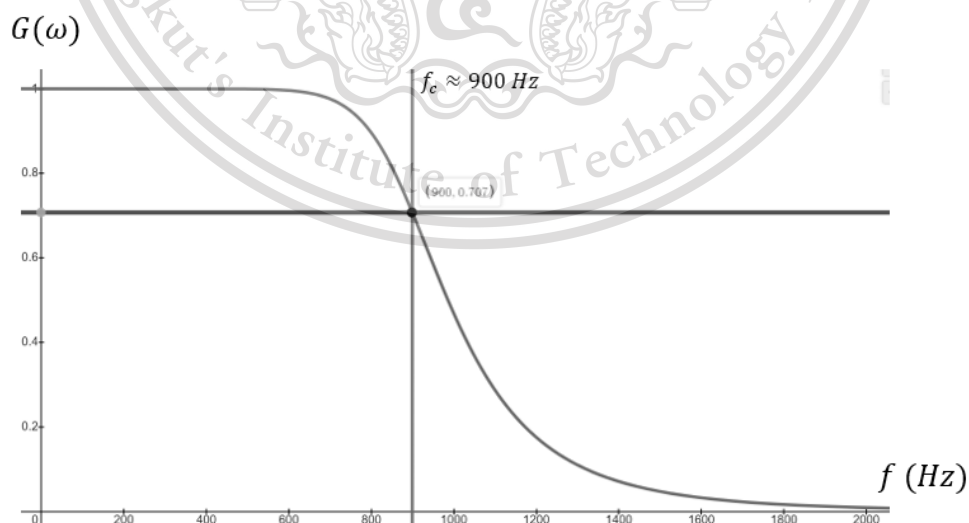
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เหตุที่มีความจำเป็นต้องการกรองความถี่ของสัญญาณ FSK ออก เนื่องจาก เสียงสัญญาณมีความดังพอที่จะรบกวนความรู้สึกของผู้ใช้งาน หากผู้ใช้งานใช้งานเป็นระยะเวลาจนถึงแม้ว่าเสียงสัญญาณ FSK ที่มารบกวนมีเพียง 0.5 วินาทีเท่านั้น และปัญหาสำหรับวงจรกรองต่ำผ่านที่เกิดขึ้นคือ ความถี่ของสัญญาณ FSK เริ่มต้นที่ประมาณ 1,000 Hz ในขณะที่การกรองสัญญาณเสียงตามมาตรฐานคือ 4,000 Hz แต่หากใช้การกรองที่ 4,000 Hz สัญญาณ FSK ก็ยังคงมีอยู่ เสมือนไม่มีการกรองเกิดขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องการลดการกรองความถี่ลงมาที่ 800 Hz เพื่อให้ไม่มีเสียงสัญญาณ FSK รบกวนแต่ยังคงได้ยินสัญญาณเสียงอยู่ ถึงแม้จะไม่ชัดเจนเท่า 4,000 Hz ก็ตาม เมื่อเป็นเช่นนั้นจะได้ช่วงที่เป็นความถี่เสียงอยู่ที่ 800 Hz และช่วงที่เป็นความถี่ FSK อยู่ที่ 1,000 Hz ดังนั้นการใช้ Filter ที่มี Transition Band น้อย ซึ่งประสงค์ให้มีสมการ Butterworth ดังสมการที่ 3.1 และเมื่อทำการพล็อตกราฟด้วยสมการดังกล่าว จะได้ผลการตอบสนองทางความถี่ของ Filter ที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.48 จึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณา สำหรับปริยายนิพจน์นี้ใช้ 6th Order Butterworth Low Pass Filter เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว อีกทั้งการตอบสนองทางเฟสของ Butterworth Filter ยังช่วยปรับเปลี่ยนเฟสของสัญญาณเสียงให้ใกล้เคียงกับต้น สุดท้ายจึงเพิ่มเติมในส่วนของการปรับความดังของเสียงเข้าไปเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเพิ่ม-ลดเสียงที่ออกมาจากลำโพงได้

$$G(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{143.2}\right)^{12}}} \quad (3.1)$$

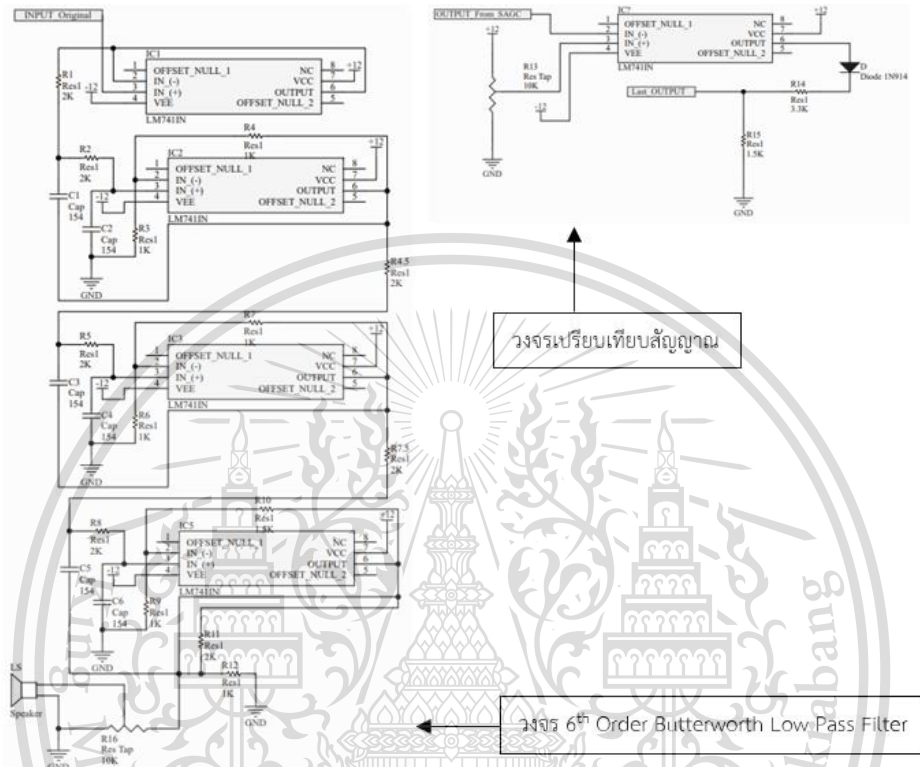


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.48 : ผลการตอบสนองทางความถี่ Filter ที่พึงประสงค์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

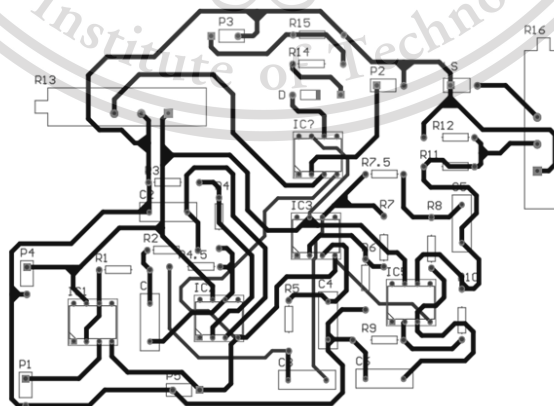
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ด้วยเหตุผลทั้งหมดที่กล่าวมานี้สามารถนำมาสร้างเป็นวงจรเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ โดยมี Schematics, PCB และ วงจรที่นำไปใช้งาน ดังรูปที่ 3.49, 3.50 และ 3.51 ตามลำดับ



รูปที่ 3.49 : Schematics ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ และ 6th Order Butterworth LPF

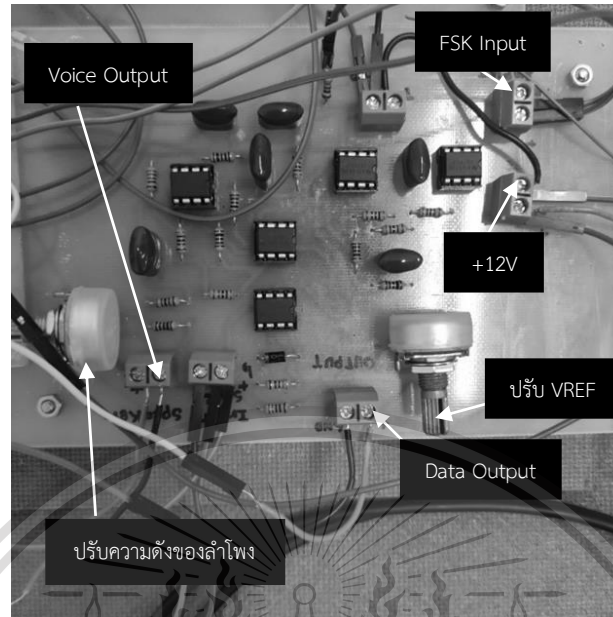


รูปที่ 3.50 : PCB ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ และ 6th Order Butterworth LPF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.51 : วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ และ 6th Order Butterworth LPF

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

Oscilloscope	1 ตัว
Power Supply	1 ตัว
Function Generator	1 เครื่อง
ESP32 Devkit	2 ตัว
Computer Laptop	2 เครื่อง
GPS Module	1 ตัว
GPS Antenna	1 อัน
วิทยุสื่อสาร	2 ตัว
ลำโพงพกพา	1 ตัว

โดยมีรูป Oscilloscope, Power supply, Function Generator, ESP32 devkit, Computer Laptop, GPS Module, GPS Antenna, วิทยุสื่อสาร และลำโพงพกพา ดังรูปที่ 3.52, 3.53, 3.54, 3.55, 3.56, 3.57, 3.58, 3.59, และ 3.60 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.52 : Oscilloscope



รูปที่ 3.53 : Power Supply

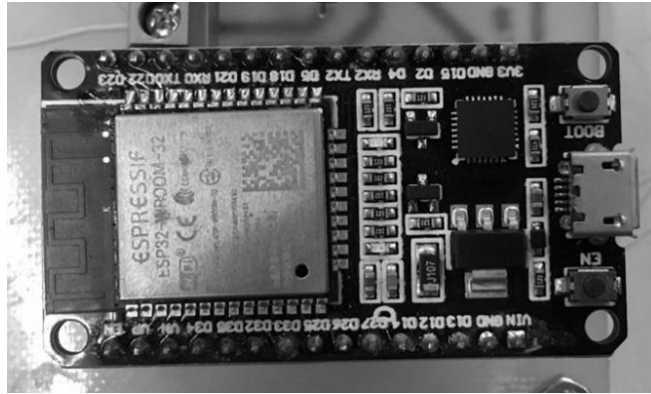


รูปที่ 3.54 : Function Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

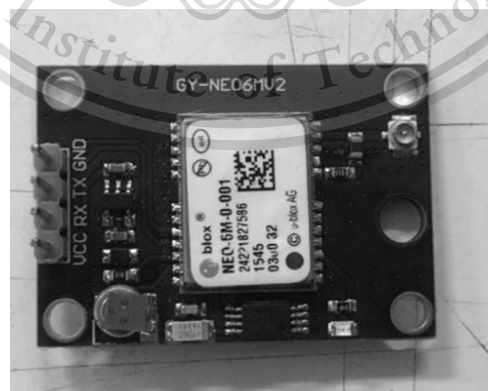
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.55 : ESP32 Devkit



รูปที่ 3.56 : Computer Laptop



รูปที่ 3.57 : GPS Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.58 : GPS Antenna



รูปที่ 3.59 : วิทยุสื่อสาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ รูปที่ 3.60: รีโมทคอนโทรล ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

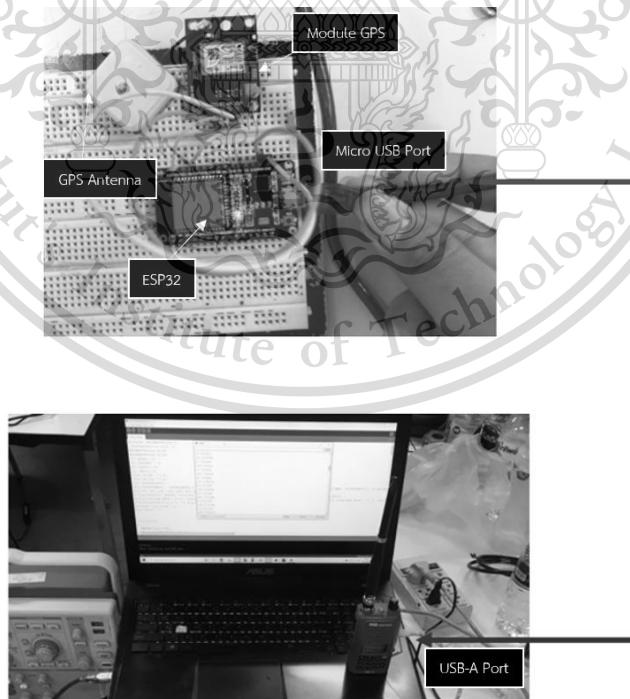
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

ในการจัดเก็บผลการทดลองนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ส่วนแรกคือส่วนของฝั่งส่งสัญญาณจะอยู่ในหัวข้อย่อยที่ 3.3.1 ถึง 3.3.4 ส่วนที่สองคือส่วนของฝั่งรับสัญญาณจะอยู่ในหัวข้อย่อยที่ 3.3.5 ถึง 3.3.9 และส่วนสุดท้ายคือส่วนของเว็บไซต์จะอยู่ในหัวข้อย่อยที่ 3.3.10 ถึง 3.3.12

3.3.1 การทดสอบการรับพิกัดตำแหน่ง GPS จาก GPS Module

เขียนโปรแกรมบนโปรแกรม Arduino IDE ให้นำค่าที่รับได้จาก GPS มา Decapsulate Frame และนำค่าข้อมูลที่อยู่ใน Frame นั้นมาแสดงผลบน Serial Monitor โดยมีการเขียนโปรแกรมนี้ไว้ที่ภาคผนวก ค และทำการทดสอบโดยต่อสายอากาศเข้ากับโมดูล GPS GY-NEO6MV2 Ublox จากนั้นนำสายอากาศไปไว้ในที่โล่งเพื่อรอรับสัญญาณจากดาวเทียม จากนั้นนำขา TX ของโมดูล GPS นี้ต่อเข้ากับขา RX ของ ESP32 ดังรูปที่ 3.61 และทำการเขียนโปรแกรมบนโปรแกรม Arduino IDE จากนั้น Upload โปรแกรมดังกล่าวเข้าสู่ ESP32 เพื่ออ่านค่าพิกัดตำแหน่งที่ได้ทั้งหมด 20 ค่า ดังตารางที่ 3.1 เพื่อดูความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยอ้างอิงพิกัดตำแหน่งจริงจาก Google Map จากนั้นทำการขยับ GPS Module เล็กน้อยเพื่อดูพิกัดตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.61 : การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดสอบการรับข้อมูลจาก GPS Module
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.1 : ตารางพิกัดตำแหน่งจริง และพิกัดที่ได้รับ เพื่อทดสอบความแม่นยำของ GPS Module

ครั้งที่	Latitude จริง	Longitude จริง	Latitude ที่รับได้จาก GPS	Longitude ที่รับได้จาก GPS	ความคลาดเคลื่อน (Krn)
1	13.725596	100.770218			
2	13.725596	100.770218			
3	13.725596	100.770218			
4	13.725596	100.770218			
5	13.725596	100.770218			
6	13.725596	100.770218			
7	13.725596	100.770218			
8	13.725596	100.770218			
9	13.725596	100.770218			
10	13.725596	100.770218			
11	13.725596	100.770218			
12	13.725596	100.770218			
13	13.725596	100.770218			
14	13.725596	100.770218			
15	13.725596	100.770218			
16	13.725596	100.770218			
17	13.725596	100.770218			
18	13.725596	100.770218			
19	13.725596	100.770218			
20	13.725596	100.770218			
					ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)

3.3.2 การทดสอบการส่งสัญญาณข้อมูลที่ถูกเข้ารหัส ASCII จาก ESP32

ทำการเขียนโปรแกรมบนโปรแกรม Arduino IDE ให้ส่งตัวเลข “1” และ “3” ออกไป

ดังภาคผนวก ง โดย “1” แทน Latitude และ “3” แทน Longitude จากนั้นทำการวัดสัญญาณที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ออกมาจากขา TX0 ดังรูปที่ 3.63 โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.2

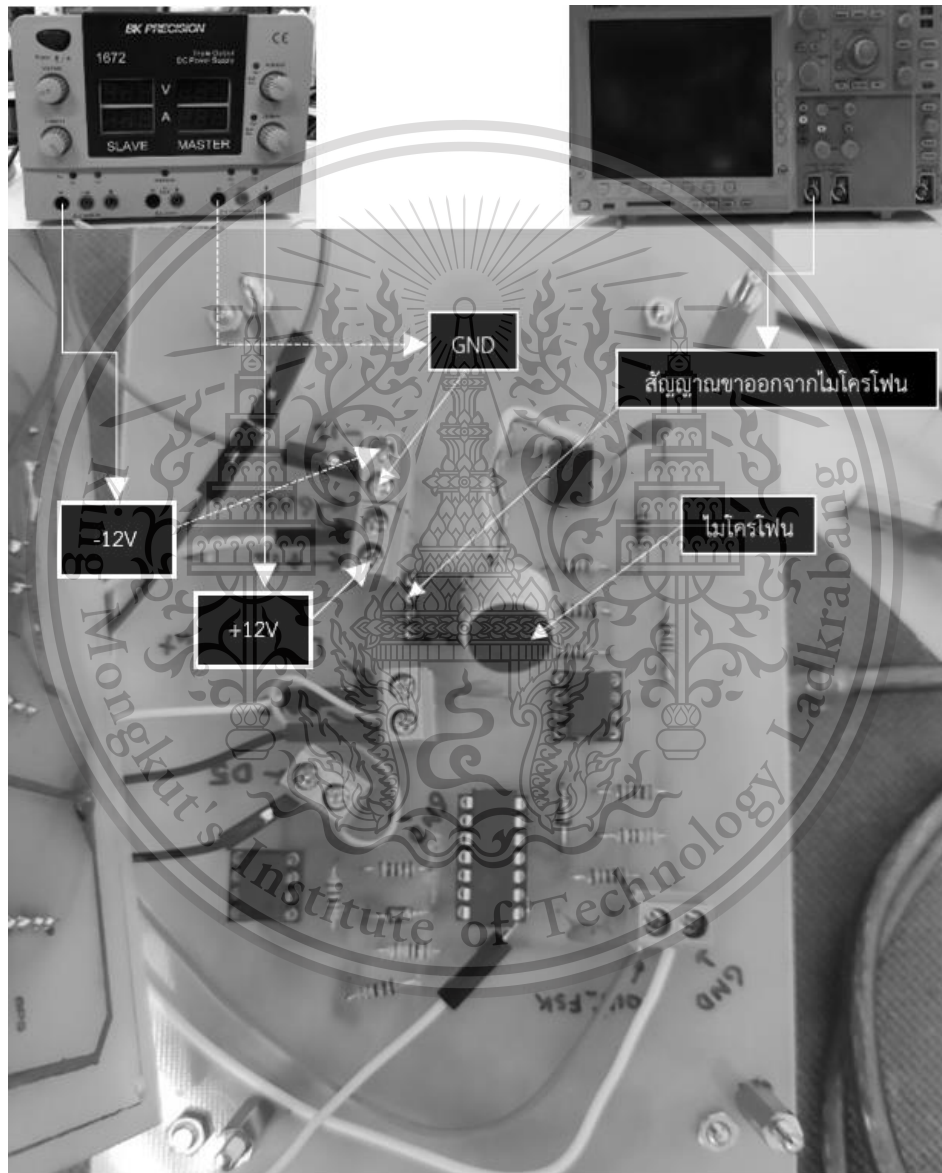
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.3 การทดสอบไมโครโฟน

ใช้ไฟเลี้ยงขนาด $\pm 12\text{ V}$ เลี้ยงไมโครโฟน และทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.3 จากนั้นทำการวัดสัญญาณไฟฟ้าของเสียงพูดที่ออกจากไมโครโฟน เทียบกับ GND ดังรูปที่ 3.62 โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.3



รูปที่ 3.62 : การติดตั้งและการวัดเสียงที่ออกจากไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.4 การทดสอบวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx) พร้อมเสียงพูดจากไมโครโฟน

ต่อวงจรดังรูปที่ 3.3 และใช้ไฟเลี้ยงขนาด $\pm 12\text{ V}$ เลี้ยงวงจรฝั่งส่งสัญญาณทั้งวงจร จากนั้นทดสอบโดยการให้ ESP32 สร้างพิกัด Latitude และ Longitude 1 พิกัดขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบ ดังภาคผนวก จ. จากนั้นทำการวัดสัญญาณขาออกที่ Vout ดังรูปที่ 3.63 หรือที่จุด Vout เดียวกันกับในรูปที่ 3.3 โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.4



รูปที่ 3.63 : การติดตั้งและการวัดสัญญาณขาออกของวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

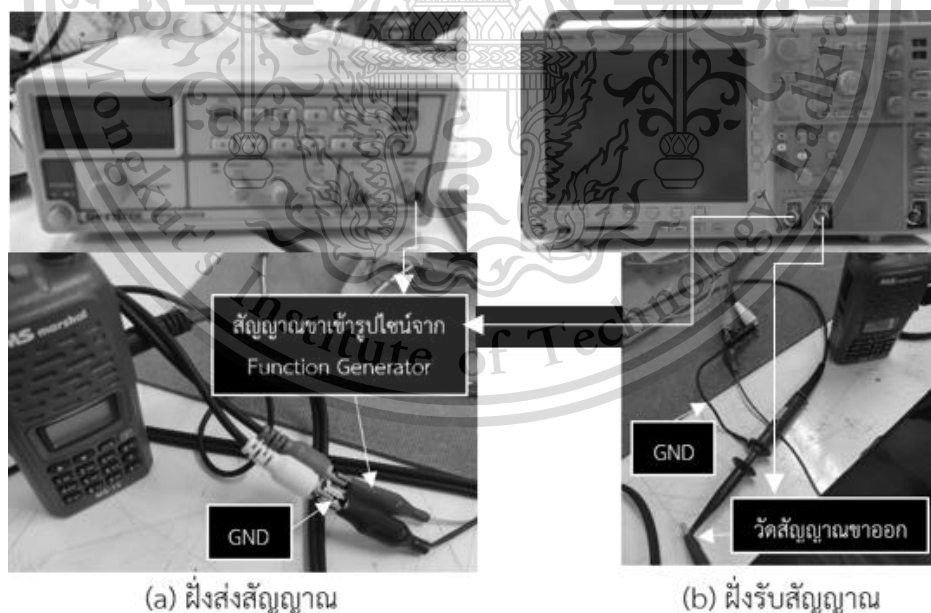
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.5 การทดสอบการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสารที่ใช้งาน

ทดสอบโดยการปล่อยสัญญาณคลื่นรูปไซน์ขนาดที่ต่ำที่สุดเท่าที่สามารถทำได้คือ 30 mV และทำการปรับความถี่ตั้งแต่ 100 Hz ถึง 4,000 Hz ดังตารางที่ 3.2 โดยต่อสายสัญญาณขาเข้าเข้ากับวิทยุสื่อสารฝั่งส่ง ดังรูปที่ 3.64 (a) และทำการวัดสัญญาณขาออกที่วิทยุสื่อสารฝั่งรับ ดังรูปที่ 3.64 (b) จากนั้นบันทึกค่าลงตารางที่ 3.2 เมื่อบันทึกเสร็จสิ้น ทำการคำนวณหาอัตราการขยายในหน่วย dB และนำมาพล็อตลงบนกราฟ Logarithm โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.5 ตารางที่ 3.2 : ตารางค่าขนาดและความถี่เพื่อทดสอบการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสาร

INPUT FREQUENCY (Hz)																				
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	
OUTPUT VOLTAGE (Vpp)																				



รูปที่ 3.64 : การติดตั้งและการวัดสัญญาณขาออกที่วิทยุสื่อสารฝั่งรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.6 การทดสอบวงจร SAGC

ทำการทดสอบสามารถทดสอบ โดยการทดสอบที่หนึ่ง เป็นการทดสอบผลการตอบสนองทางความถี่ของวงจร SAGC เพื่อดูขนาดและความถี่ของสัญญาณขาเข้าที่เหมาะสมกับวงจร SAGC นี้ สำหรับการทดสอบที่สอง เป็นการทดสอบโดยการใช้วงจร SAGC ในการปรับสัญญาณ FSK ที่ถูกลดขนาดในแต่ละความถี่ตามผลการตอบสนองของวิทยุสื่อสารมาแล้ว เพื่อตรวจสอบสัญญาณขาออกว่าได้สัญญาณ FSK ที่มีขนาดเท่ากันหรือไม่ สำหรับการทดสอบที่สาม เป็นการทดสอบการถดรหัสสัญญาณ FSK ของสัญญาณข้อมูล ด้วยวงจร SAGC ว่าให้ผลลัพธ์ที่มีสัญญาณคล้ายคลึงกับสัญญาณต้นฉบับหรือไม่ โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.6

สำหรับการทดสอบที่หนึ่ง จะทำการทดสอบผลการตอบสนองทางความถี่ของวงจร SAGC โดยใช้ไฟเลี้ยงวงจร $\pm 12 V$ จากนั้นใช้ Function Generator ปลอ่ยสัญญาณขาเข้ารูปไซน์ขนาดและความถี่ตามตารางที่ 3.3 และทำการวัดสัญญาณขาออกของวงจร SAGC ตัวที่ 1 ดังรูปที่ 3.65 เมื่อทำครบจะได้ขนาดและเฟสของสัญญาณขาออกทั้งหมดอย่างละ 208 ค่า นำค่าเหล่านี้มาทำเป็นตารางบันทึกผลขนาดและเฟส และพล็อตเป็นกราฟสามมิติและทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนของทั้ง 2 ตาราง

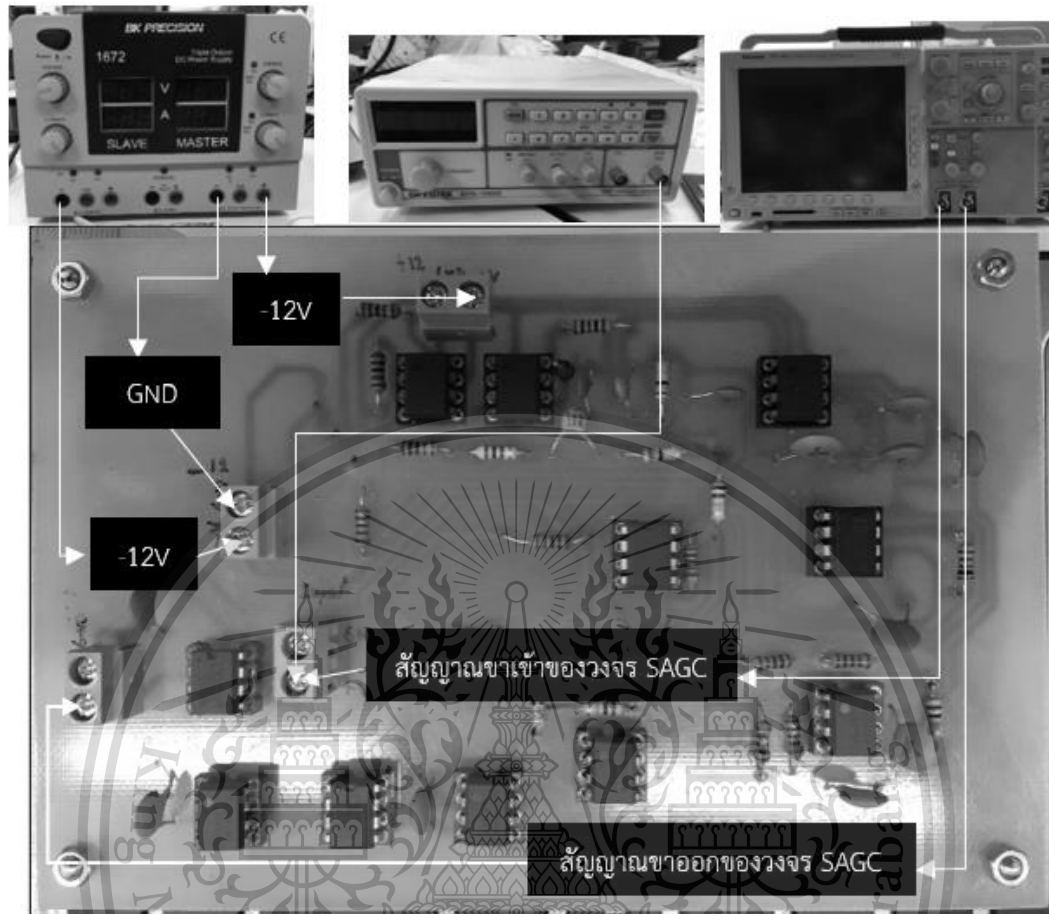
ตารางที่ 3.3 : ตารางค่าขนาดและความถี่ของสัญญาณขาเข้าเพื่อทดสอบวงจร SAGC

Input Frequency (Hz)	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	Output
Input Amp. (Vpp)																	
0.14																	
0.2																	
0.4																	
0.6																	
1																	
1.8																	
2.8																	
3.5																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
Error (%)																	Output Mean

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



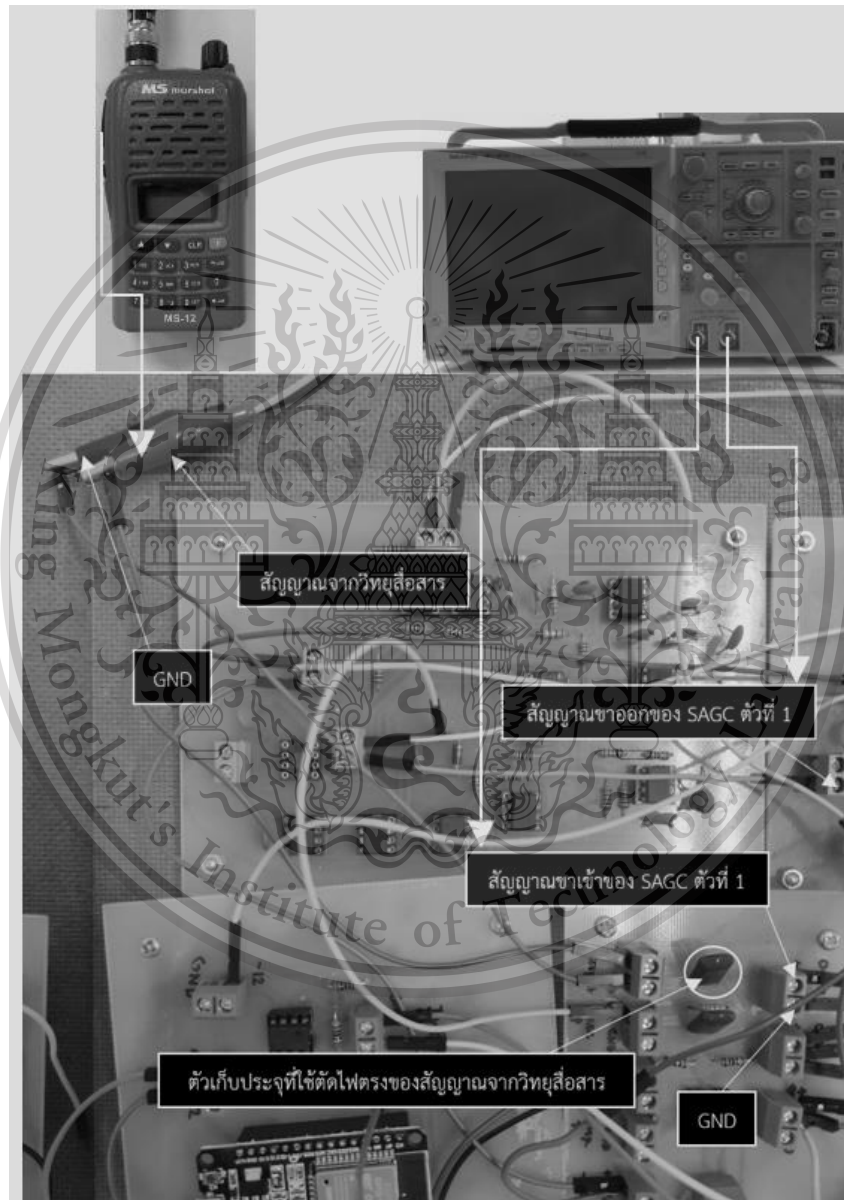
รูปที่ 3.65 : วิธีการติดตั้งและทดสอบวงจร SAGC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำหรับการทดสอบที่สอง จะทำการทดสอบโดยใช้สัญญาณ FSK ที่ผ่านช่องสัญญาณวิทยุมาแล้ว ซึ่งสัญญาณมีขนาดใน 2 ความถี่ที่แตกต่างกัน นำสัญญาณนั้นมาผ่านตัวเก็บประจุ และเข้าวงจร SAGC เพื่อตรวจสอบสัญญาณขาออก โดยวัดสัญญาณขาออกที่ขาที่ 6 ของวงจรหารของวงจร SAGC ตัวแรกดังรูปที่ 3.66 จากนั้นทำการบันทึกผล

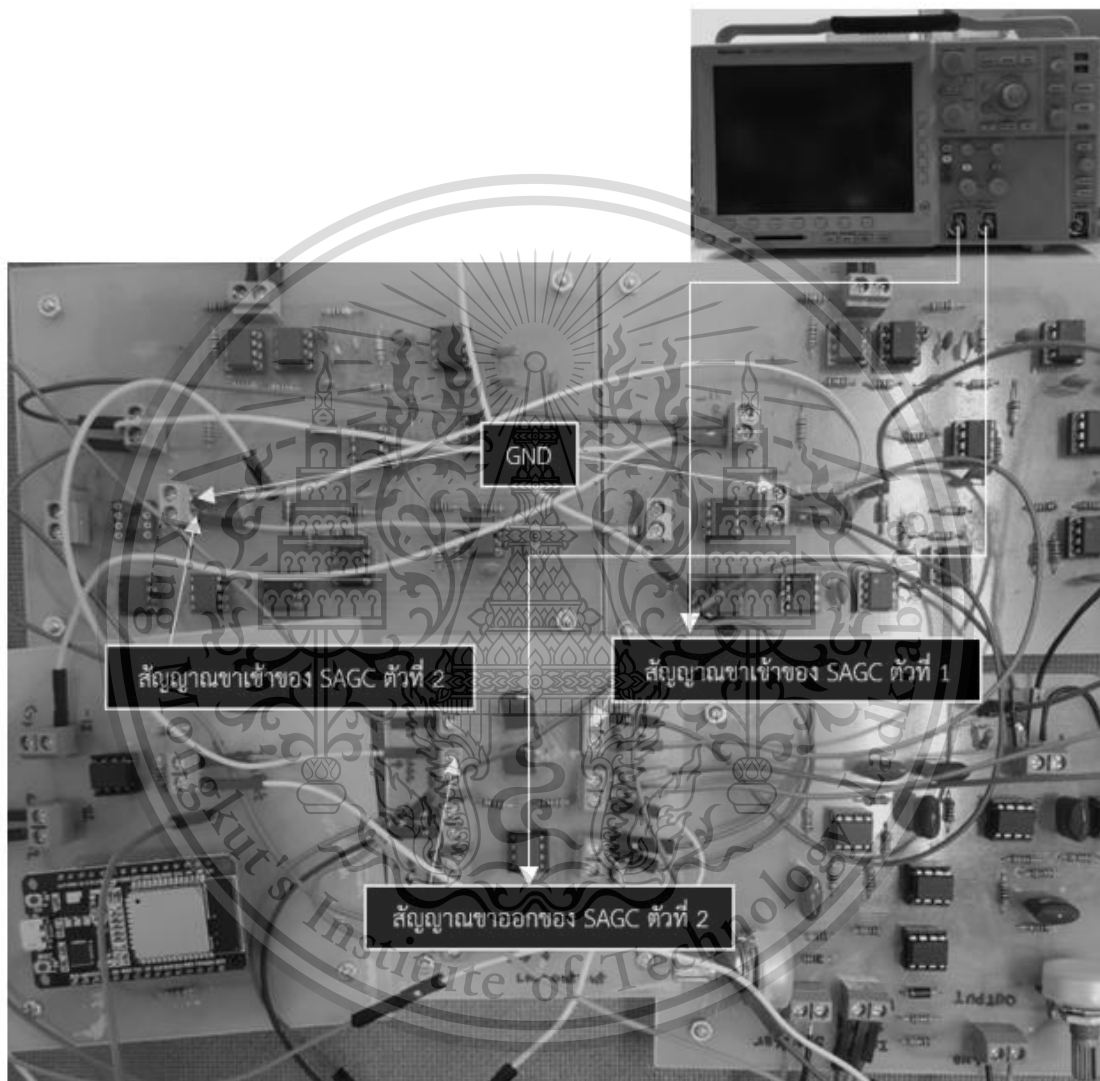


รูปที่ 3.66 : วิธีการนำสัญญาณขาเข้าจากวิทยุสื่อสารเข้าสู่วงจร SAGC ตัวที่ 1 และการวัดสัญญาณขาออกของ SAGC ตัวที่ 1 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำหรับการทดสอบที่สาม ทำการทดสอบโดยใช้สัญญาณขาเข้าเป็นสัญญาณ FSK ที่ถูกปรับขนาดให้เท่ากันทั้งสองความถี่จากวงจร SAGC ตัวที่ 1 มาแล้ว จากนั้นทำการวัดที่ขาที่ 6 ของวงจรถอดรหักรที่สอง ของวงจร SAGC ตัวที่ 2 ดังรูปที่ 3.67



รูปที่ 3.67 : การติดตั้งและการวัดสัญญาณขาออกของ SAGC ตัวที่ 2

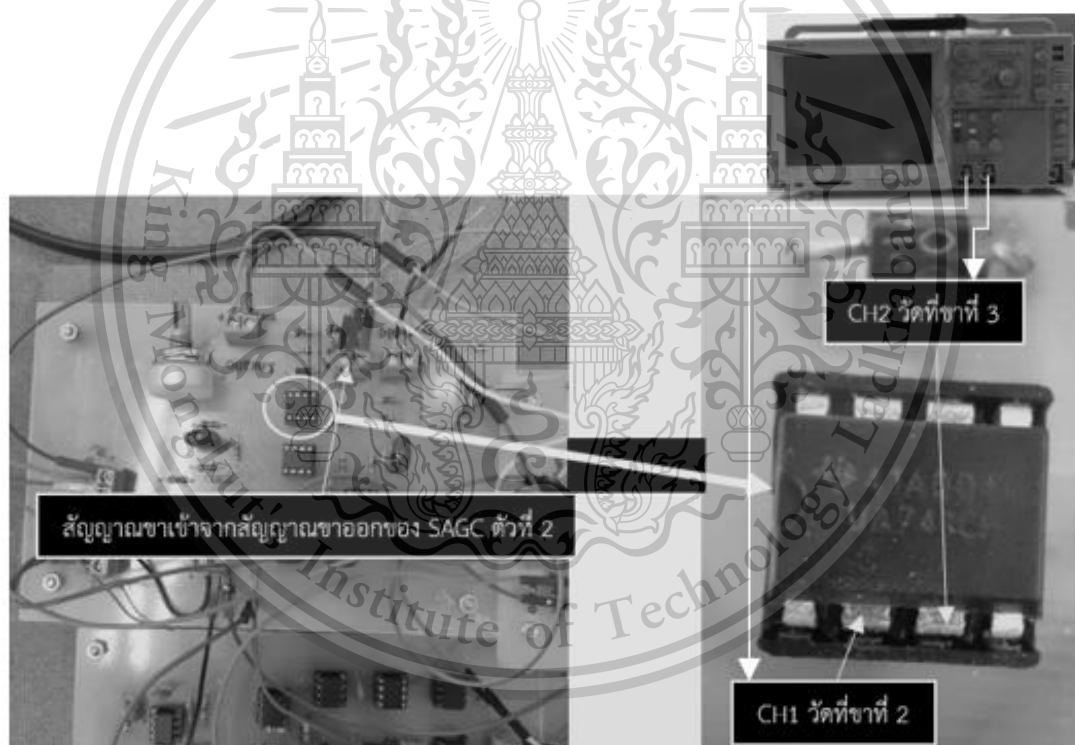
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.7 การทดสอบวงจรเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อตัดสินใจบิตข้อมูล

ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.49 ในส่วนของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ จากนั้นใช้สัญญาณขาเข้าเป็นสัญญาณขาออกจากวงจร SAGC ตัวที่ 2 จากนั้นใช้ Oscilloscope CH1 วัดที่ขาที่ 2 และ CH2 วัดที่ขาที่ 3 ของ Op amp ของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณนี้ ดังรูปที่ 3.68 จากนั้นปรับขนาดสัญญาณต่อช่อง (Volt/Div) บน Oscilloscope ทั้งสองช่องให้เท่ากัน และนำระดับ Ground อ้างอิงบนจอของ Oscilloscope ทั้งสองช่องมาไว้ที่ระดับเดียวกัน เมื่อเสร็จสิ้นให้ทำการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้จนกว่าระดับสัญญาณใน CH2 จะอยู่กึ่งกลางของสัญญาณใน CH1 ดังรูปที่ 3.69 และเมื่อตัดสินใจแล้ว สัญญาณจะออกมาเป็นในลักษณะของสัญญาณข้อมูล ดังรูปที่ 4.10 โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.7

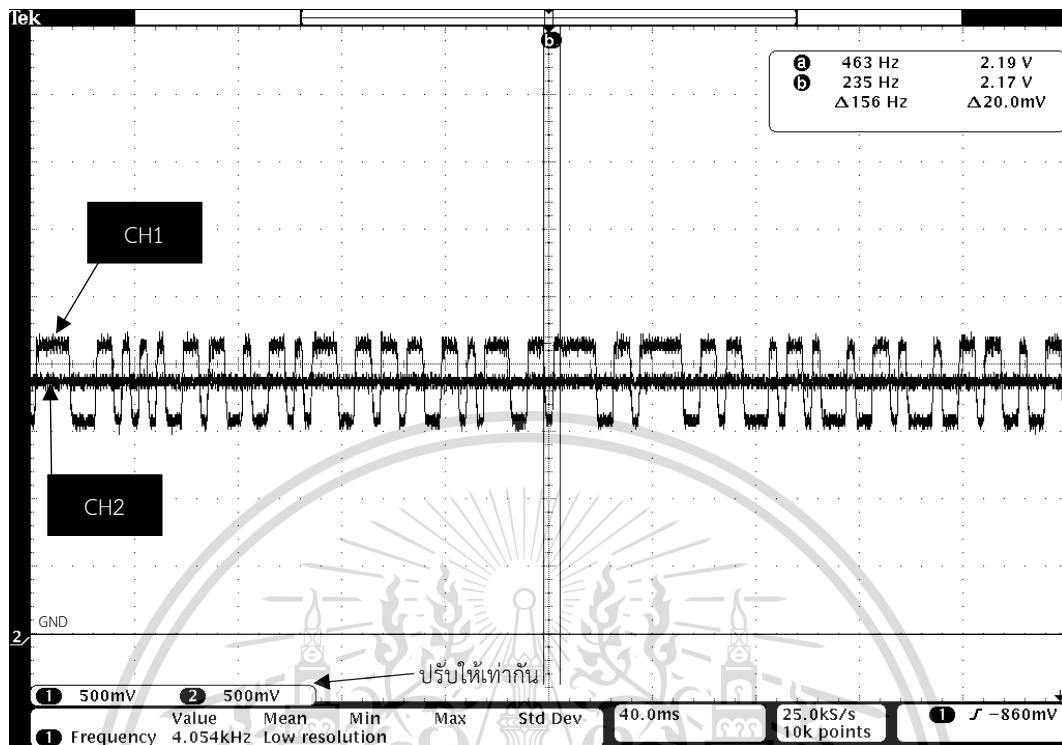


รูปที่ 3.68 : การติดตั้งและการวัดสัญญาณขาออกของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.69 : วิธีการปรับระดับสัญญาณอ้างอิงเพื่อตัดสินใจบิตข้อมูล
CH1 คือสัญญาณที่ถูกถอดรหัสจาก SAGC ตัวที่ 2 , CH2 คือ ระดับสัญญาณเปรียบเทียบ (VREF)

รูปที่ 3.69 นี้แสดงให้เห็นถึง CH1 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ถูกถอดรหัสจาก SAGC ตัวที่ 2 และ CH2 ซึ่งเป็นระดับสัญญาณเปรียบเทียบ (VREF) เนื่องจากระบบการสื่อสารนี้มีอัตราการส่งผ่านที่ 300 Baud ดังนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้การอัตราการอ่านข้อมูลอยู่ที่ 300 Baud ด้วย มิเช่นนั้น ESP32 ฝั่งรับจะไม่สามารถอ่านข้อมูลได้อย่างถูกต้อง จึงจำเป็นต้องปรับ VREF ให้อยู่กึ่งกลางระหว่างสัญญาณใน CH1 เพื่อให้วงจรเปรียบเทียบสัญญาณเปรียบเทียบสัญญาณออกมาให้เป็นสัญญาณข้อมูลที่มีอัตราการส่งผ่านข้อมูลที่ใกล้เคียงที่ 300 Baud มากที่สุด โดยตัวด้านทานปรับค่าได้นี้สามารถถูกปรับค่าให้ได้ระดับสัญญาณเปรียบเทียบสูงสุดที่ +12 V และต่ำสุดที่ 0 V ซึ่งการใช้วงจร SAGC เพื่อถอดรหัส FSK นั้น ระดับสัญญาณจะอยู่ระหว่าง 344 mV ถึง 904 mV ดังนั้น การปรับระดับสัญญาณเปรียบเทียบได้ถึง 12 V เพียงพอต่อการตัดสินใจสัญญาณขาออกของ SAGC

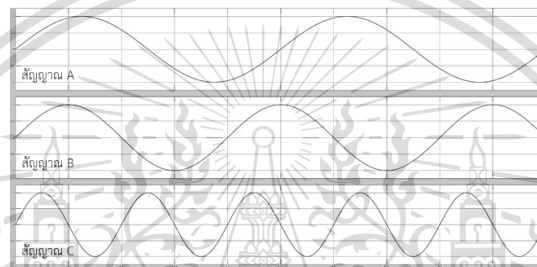
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

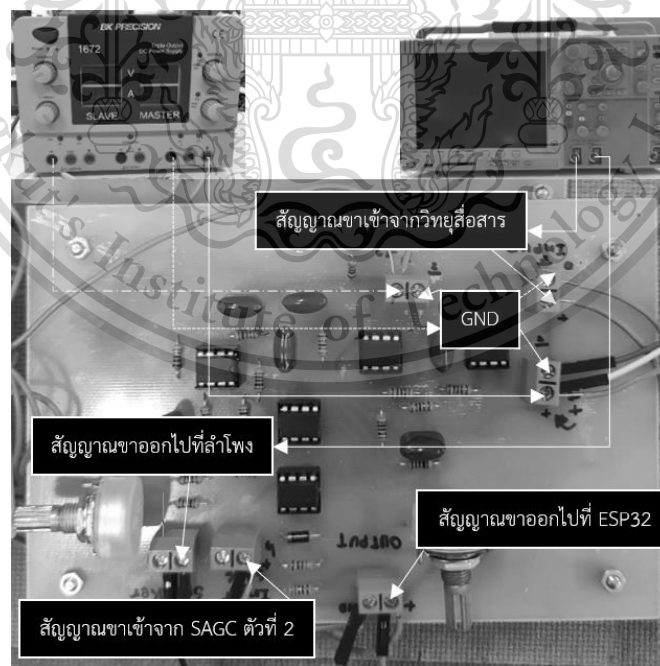
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.8 การทดสอบวงจร 6th Order Butterworth Filter

ทำการต่อวงจรดังรูป 3.49 และเนื่องจากสัญญาณขาเข้าของวงจร Filter นี้ใช้สัญญาณเดียวกับสัญญาณขาเข้าของวงจร SAGC ตัวที่ 1 และเพื่อเป็นการจำลองสัญญาณขาเข้านี้ จะทำการใช้ Function Generator ปล่อยสัญญาณขาเข้ารูปไซน์ขนาด 1 Vpp ความถี่ 800 Hz, 1,000 Hz และ 2,000 Hz เป็นสัญญาณ A,B และ C ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.70 โดยความถี่ 800 Hz จำลองถึงสัญญาณเสียง และ 1,000 Hz กับ 2,000 Hz จำลองถึงสัญญาณข้อมูล จากนั้นทำการวัดสัญญาณขาออกเมื่อผ่าน Filter Order ที่ 6 ดังรูปที่ 3.71 แล้วบันทึกผล โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.8



รูปที่ 3.70 : สัญญาณขาเข้าของการทดสอบวงจร 6th Order Butterworth LPF



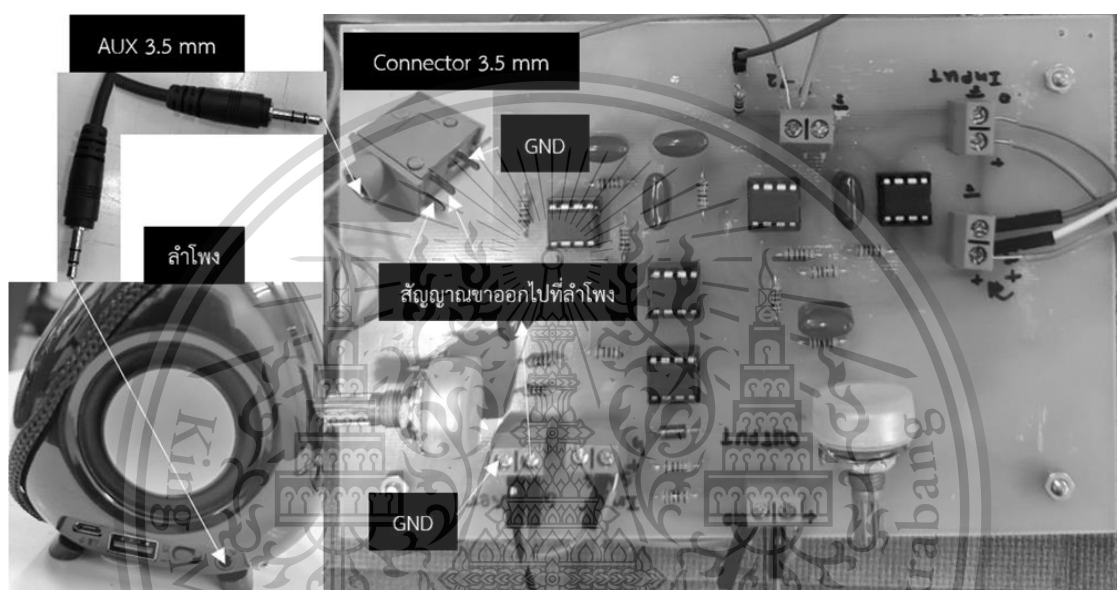
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.71 : การวัดสัญญาณขาออกของวงจร 6th Order Butterworth LPF
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.9 การทดสอบเสียงที่ออกจากลำโพง

ทำการนำ Connector 3.5 mm มาต่อเข้ากับสัญญาณขาออกที่ออกจาก 6th Order Butterworth Low Pass Filter ในวงจรจากนั้นใช้สาย AUX 3.5 mm เชื่อมต่อที่ปลาย Connector ด้านหนึ่งกับตัวลำโพงอีกด้านหนึ่ง ในขณะที่เดียวกันก็ใช้ Oscilloscope วัดสัญญาณเสียงที่ออกสู่ลำโพงด้วย ดังรูปที่ 3.72 โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.9



รูปที่ 3.72 : วิธีการเชื่อมต่อวงจรลำโพงกับตัวลำโพง

3.3.10 การทดสอบนำค่าจาก ESP32 ขึ้นไปยังฐานข้อมูล Firebase

ทำการเขียนโปรแกรมอัปโหลดข้อมูลขึ้นไปเก็บบนฐานข้อมูล Firebase และทดสอบระบบฐานข้อมูลโดยส่งค่าพิกัด Latitude เป็น 13.727612 และ Longitude เป็น 100.776193 บน Serial Monitor ขึ้นไปยังฐานข้อมูล Firebase ดังภาคผนวก ฉ โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.10 แต่ในการรับข้อมูลจริงนั้น จะใช้การเขียนโปรแกรมดึงภาคผนวก ช เพื่อรับค่าแทนการกำหนดค่า

3.3.11 การทดสอบการแสดงผลพิกัดตำแหน่งบนแผนที่

ทำการทดสอบโดยการกรอกค่า KEY, Latitude และ Longitude เข้าไปที่ Firebase

ดังรูปที่ 3.73 ค่าในช่อง Name ให้กรอกตามรูปที่ 3.73 ยกเว้นค่า KEY ให้กรอกอะไรก็ได้ และในช่อง Value ให้กรอกพิกัด Latitude และ Longitude จากนั้นกด Add เพื่อเพิ่มข้อมูลดังกล่าวลง

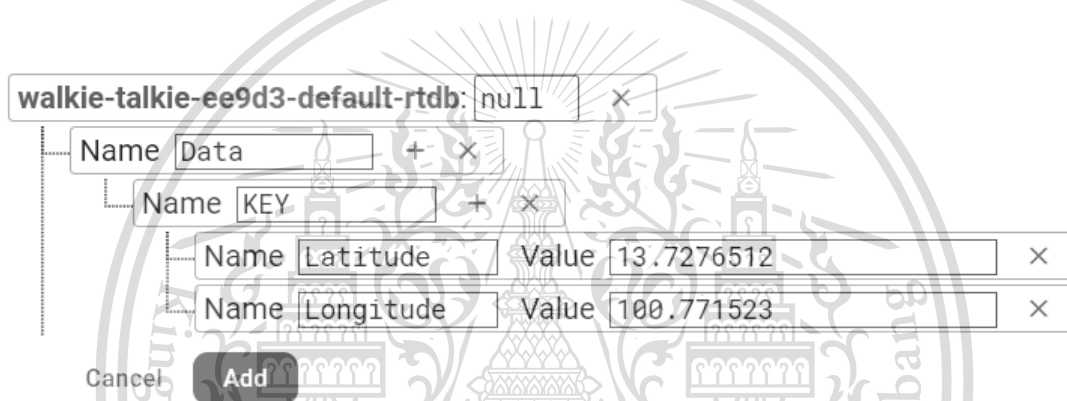
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ฐานข้อมูล ทั้งนี้เพื่อให้ตรงกับกรเขียนโปรแกรมในการส่งข้อมูลขึ้นฐานข้อมูล Firebase ดังภาคผนวก ข จากนั้นแผนที่จะถูกเลื่อนมุมมองไปยังพิกัดที่ทำการป้อนเข้าไป จากนั้นทำการปักหมุดพิกัดนั้น โดยในการเขียนโปรแกรมในส่วนของเว็บไซต์ จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ไฟล์ได้แก่ Firebase.html และ app2.js ดังภาคผนวก ข โดยมีผลการทดสอบนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.11

แต่ในการใช้งานจริงนั้น ESP32 จะถูกเขียนโปรแกรมมาให้ทำการอัปโหลดข้อมูลที่ตรงตามรูปแบบดังกล่าวอยู่แล้ว โดยข้อมูลที่จะเปลี่ยนเรื่อยๆ มีเพียง KEY ในการส่งข้อมูลแต่ละครั้งและพิกัด Latitude กับ Longitude ในตำแหน่งที่เปลี่ยนไปเท่านั้น



รูปที่ 3.73 : รูปแบบการกรอกข้อมูลในฐานข้อมูล Firebase

3.3.12 การทดสอบการระบุหมายเลขวิทยุสื่อสาร พร้อมแสดงผลบนเว็บไซต์และจัดทำเว็บไซต์ให้ใช้งานง่าย

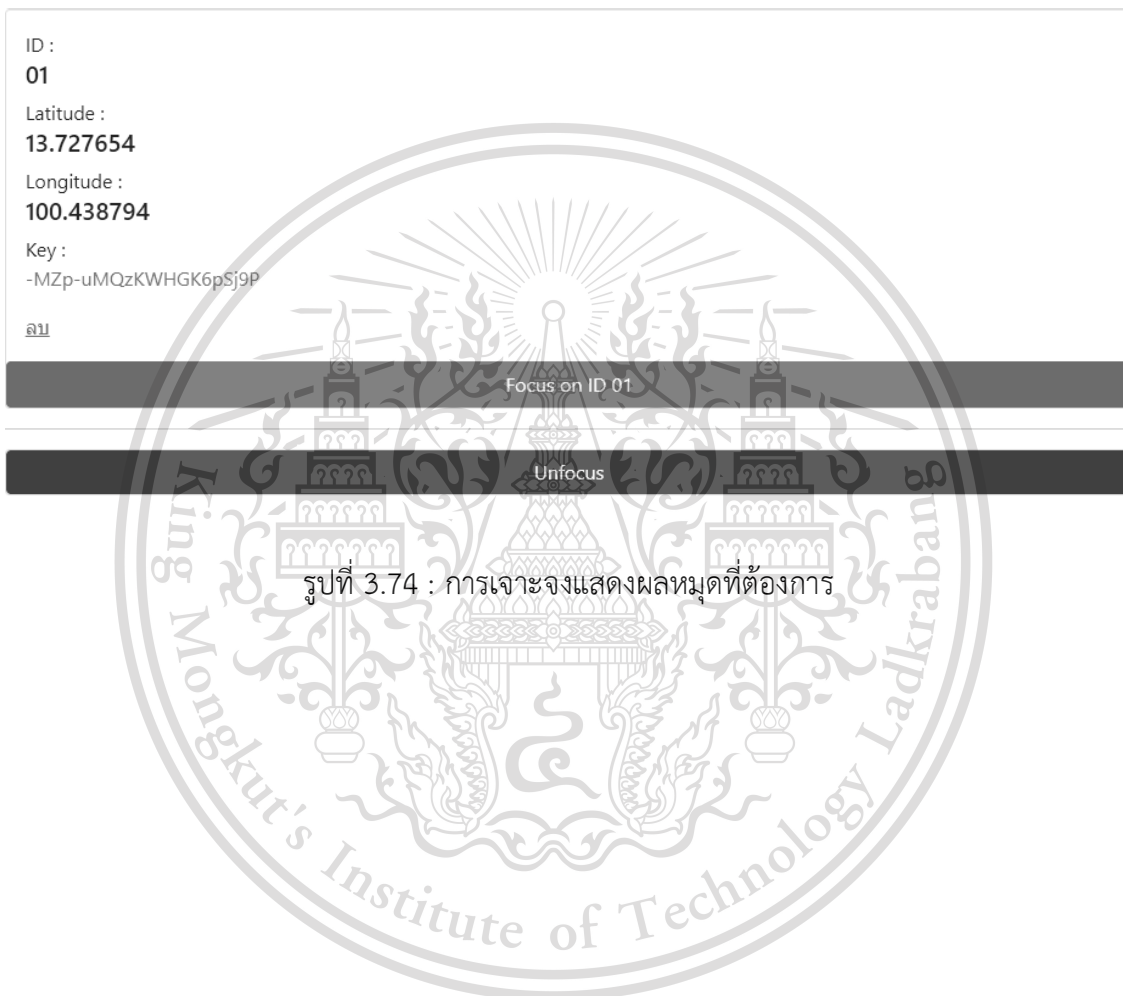
ทำสองการทดสอบ โดยการทดสอบแรกทำการทดสอบโดยเพิ่มตัวแปรในส่วนของ id ให้เป็น 01 ดังภาคผนวก ฉ และเนื่องจากการเพิ่ม id เข้าไปทำให้การมีการส่งข้อมูลเพิ่มมากขึ้น ฉะนั้นต้องกำหนดค่าในตัวแปร id ให้เป็นเลข 2 หลักเพื่อให้ข้อมูลที่เพิ่มเข้ามามีระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็นค่าคงที่คือ 0.066 วินาที ซึ่งเมื่อรวมกับเวลาในการส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งแล้วยังคงอยู่ในระยะเวลาของ Delay ที่ใช้ควบคุมจังหวะสัญญาณ FSK คือ 0.75 วินาที จากนั้นทำการส่งและรับค่าตัวแปรดังกล่าวนี้ผ่านสายสัญญาณ ดังภาคผนวก ฉ สุดท้ายทำการเขียนเว็บไซต์เพิ่มเติมให้เว็บไซต์สามารถแสดงค่าหมายเลขของวิทยุสื่อสารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การทดสอบที่สอง เป็นในส่วนของการทดสอบการใช้งานของเว็บไซต์ที่ถูกปรับปรุงให้ใช้งานง่ายขึ้นแล้วดังภาคผนวก ฎ โดยเว็บไซต์สามารถแสดงหมวดเฉพาะ ID ที่สนใจได้ โดยให้ผู้ใช้งานกดปุ่ม Focus on ID ที่ต้องการ หรือหากต้องการดูหมวดทั้งหมดเช่นเดิม ให้กดปุ่ม Unfocused ดังรูปที่ 3.74 โดยมีผลการทดสอบทั้งหมดนี้อยู่ที่หัวข้อ 4.12



รูปที่ 3.74 : การเจาะจงแสดงผลหมวดที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบการรับพิกัดตำแหน่ง GPS จาก GPS Module

ทำการทดสอบดังการทดสอบที่ 3.3.1 โดยติดตั้งอุปกรณ์ GPS Module และ ESP32 เข้ากับ Computer Laptop เพื่อแสดงผลบน Serial Monitor ดังรูปที่ 3.53 จากนั้นทำการอ่านค่าพิกัดตำแหน่งจาก GPS Module ได้ผลดังตารางที่ 4.1 หลังจากอ่านค่าได้สักระยะหนึ่งแล้ว จึงลองทำการเลื่อน GPS Module ในแนวอนพบว่าค่าของ Latitude ก็เปลี่ยนไปตาม GPS Module ที่ขยับเช่นกันผลเป็นดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1: ตารางบันทึกผลการอ่านค่าพิกัดตำแหน่ง GPS

ครั้งที่	Latitude จริง	Longitude จริง	Latitude ที่รับได้จาก GPS	Longitude ที่รับได้จาก GPS	ความคลาดเคลื่อน (Km)
1	13.725596	100.770218	13.725495	100.770327	0.01627
2	13.725596	100.770218	13.725494	100.770332	0.01674
3	13.725596	100.770218	13.725495	100.770336	0.01699
4	13.725596	100.770218	13.725494	100.770337	0.01714
5	13.725596	100.770218	13.725497	100.770342	0.01734
6	13.725596	100.770218	13.725498	100.770335	0.01669
7	13.725596	100.770218	13.725498	100.770329	0.0162
8	13.725596	100.770218	13.725497	100.770321	0.01565
9	13.725596	100.770218	13.725496	100.770314	0.0152
10	13.725596	100.770218	13.725493	100.770296	0.01422
11	13.725596	100.770218	13.72549	100.770286	0.01389
12	13.725596	100.770218	13.725488	100.770282	0.01386
13	13.725596	100.770218	13.725487	100.77028	0.01385
14	13.725596	100.770218	13.725488	100.77028	0.01375
15	13.725596	100.770218	13.725489	100.770291	0.01427
16	13.725596	100.770218	13.725489	100.770299	0.01477
17	13.725596	100.770218	13.725488	100.770309	0.01552
18	13.725596	100.770218	13.725491	100.770305	0.01499
19	13.725596	100.770218	13.725496	100.770341	0.01733
20	13.725596	100.770218	13.7255	100.770351	0.0179

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

COM4
-----
Latitude (float) :13.727494
Longitude (float) :100.776336

XXXXX
===== GET DATA =====
Latitude (float) :13.727495
Longitude (float) :100.776336

XXXXX
===== GET DATA =====
Latitude (float) :13.727496
Longitude (float) :100.776336

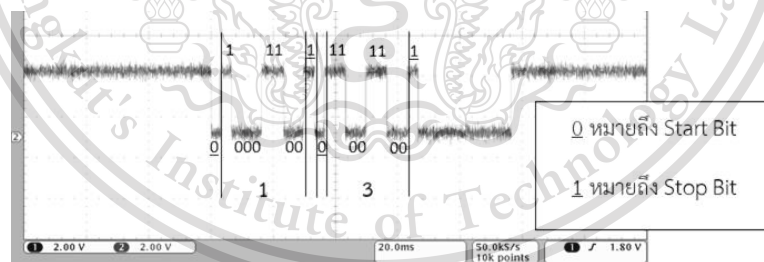
XXXXX

```

รูปที่ 4.1 : การรับค่าพิกัดตำแหน่งจาก GPS Module

4.2 ผลการทดสอบการส่งสัญญาณข้อมูลที่ถูกเข้ารหัส ASCII จาก ESP32

ทำการทดสอบดังการทดสอบที่ 3.3.2 โดยต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.50 ผลการทดสอบพบว่าสัญญาณที่ออกมา ออกมาอยู่ในรูปของสัญญาณรหัส ASCII เนื่องจากเมื่อส่งอักขระ “13” ออกไป ค่าของระดับสัญญาณที่อ่านได้เป็น 00110001 และ 00110011 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ตรงกับค่าตามตาราง ASCII คือ 1 และ 3 ตามลำดับ ผลการทดสอบนี้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 : สัญญาณข้อมูลรหัส ASCII ของตัวเลข “13”

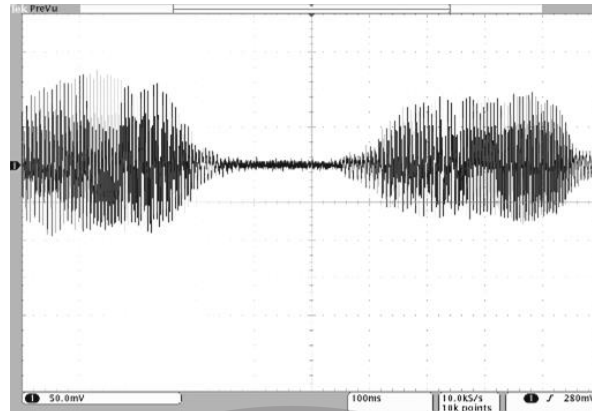
4.3 ผลการทดสอบวงจรไมโครโฟน

ทำการทดสอบดังการทดสอบที่ 3.3.3 จากการทดสอบพบว่าคลื่นของสัญญาณเสียง

ออกมามีลักษณะที่ถูกต้องแม่นยำตามจังหวะและความดังของเสียงพูดจริง ดังรูปที่ 4.3 และเพื่อความมั่นใจ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ได้มีการนำสัญญาณเสียงพูดนี้ต่อออกกับลำโพงพบว่าได้ยินตามที่เสียงที่พูดเข้าไปในไมโครโฟนจริง ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

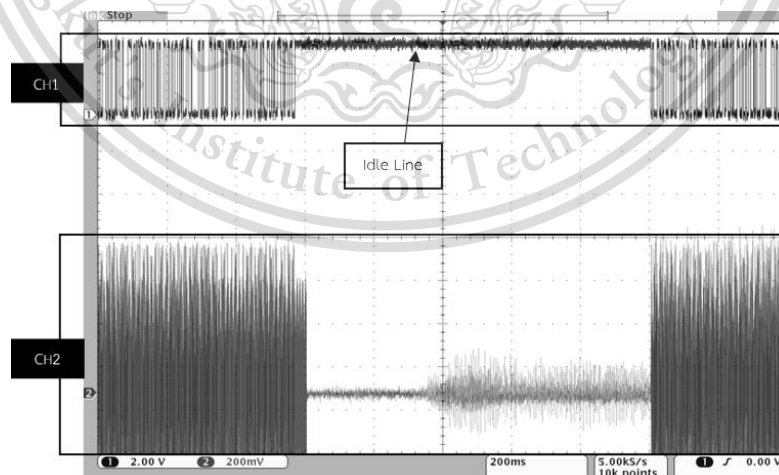
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.3 : สัญญาณเสียงพูดจากวงจรไมโครโฟน

4.4 ผลการทดสอบวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx) พร้อมเสียงพูดจากไมโครโฟน

ทำการทดสอบตั้งการทดสอบที่ 3.3.4 จากการทดสอบพบว่าวงจร FSK Modulator ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อนำวงจรควบคุมจังหวะสัญญาณ FSK มาควบคุมสัญญาณ FSK ผลที่ได้คือ จะได้สัญญาณ FSK ที่เป็นช่วงข้อมูลที่มีสัญญาณ Idle Line อยู่แค่ช่วงสั้นๆเท่านั้น ดังรูปที่ 4.4 และเมื่อนำสัญญาณ FSK ที่ถูกควบคุมแล้วมาผนวกรวมกับสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน จะได้ผลลัพธ์คือ จะพบสัญญาณเสียงเฉพาะตอนที่ไม่มีสัญญาณ FSK ถึงแม้จะพูดอยู่ในช่วงที่มีการส่งสัญญาณ FSK ก็ตาม เพราะขนาดของสัญญาณ FSK มีขนาดมากกว่าสัญญาณเสียงมากเกินไป



รูปที่ 4.4 : ผลการทดสอบวงจรฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
CH1 คือสัญญาณข้อมูลจาก ESP32 และ CH2 คือสัญญาณที่ถูกส่งออกอากาศ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

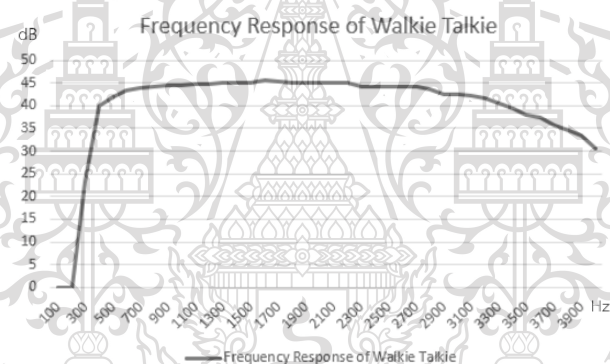
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5 ผลการทดสอบการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสาร

ทำการทดสอบดังการทดสอบที่ 3.3.5 ผลจากการทดสอบทำให้ทราบว่าวิทยุสื่อสารเครื่องนี้สามารถทำงานได้ที่ความถี่ตั้งแต่ 300 Hz เป็นต้นไป มีอัตราการขยายดีที่สุดในที่ 1,700 Hz โดยมีผลจากการทดลองการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสาร ดังตารางที่ 4.2 และสามารถพล็อตค่าตารางดังกล่าวให้เป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 : ตารางบันทึกผลการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสาร

INPUT FREQUENCY (Hz)																			
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000
OUTPUT VOLTAGE (Vpp)																			
0	0	0.44	3	3.7	4.4	4.75	4.8	5.1	5.1	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.8	5.6	5.4	5.3	5.3
5.3	5.3	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.6	4	4	3.9	3.6	3.2	2.8	2.4	2.2	1.8	1.6	1.4	1



รูปที่ 4.5 : ผลการตอบสนองทางความถี่ของวิทยุสื่อสาร

4.6 ผลการทดสอบวงจร SAGC

ทำการทดสอบแรกของการทดสอบที่ 3.3.6 สำหรับการทดสอบแรกนั้นคือการทดสอบเพื่อหาผลการตอบสนองทางความถี่เชิงขนาดและเฟส ผลการทดสอบพบว่าผลการตอบสนองทางขนาดของวงจร SAGC ใช้งานได้ดีช่วงหนึ่งดังตารางที่ 4.3 ที่วงจร SAGC ให้ขนาดของผลลัพธ์ออกมาอยู่ประมาณ 6-7 Vpp และผลการทดสอบยังบ่งชี้อีกด้วยว่า เมื่อใช้ขนาดสัญญาณขาเข้าที่สูงขึ้นควรใช้ความถี่ของสัญญาณให้ต่ำลง เพื่อไม่ให้เกิดการอ้อมตัวของสัญญาณ SAGC โดยที่วงจรนี้มีอัตราความคลาดเคลื่อนทางขนาดอยู่ที่ 11.64% จากนั้นทำการพล็อตกราฟสามมิติของผลการตอบสนองเชิงขนาด ได้ดังรูปที่ 4.6 จากนั้นทำการทดสอบผลการตอบสนองทางเฟสของวงจร SAGC

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.3 : ตารางบันทึกผลการตอบสนองเชิงขนาดของวงจร SAGC

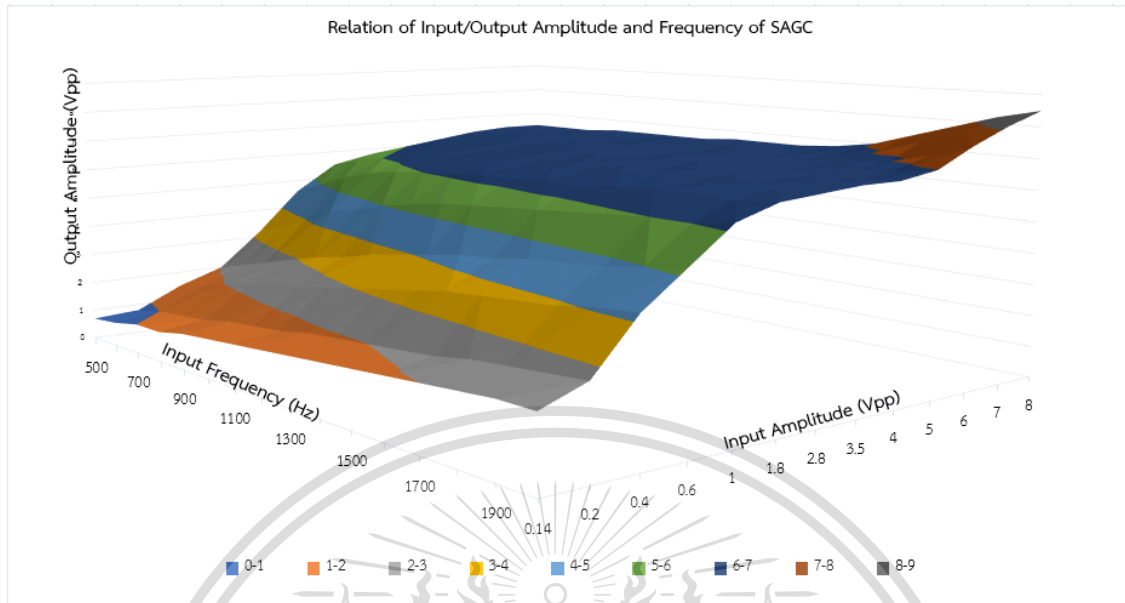
Input Frequency (Hz)	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	Output Amplitude (Vpp)	Amp. Error (%)	
Input Amp. (Vpp)	0.7	0.8	1	1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.2	1.525	
0.14	0.8	1	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	1.8	
0.2	1.5	1.7	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.7	3.8	3.9	4.1	4.2	4.2	3.00625	
0.4	2	2.3	2.6	2.9	3.2	3.4	3.7	3.9	4.1	4.3	4.4	4.6	4.7	4.8	5	5.2	5.2	3.81875	
0.6	3.2	3.6	4	4.5	4.7	5	5.2	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6	6	6.2	6.2	5.14375	
1	4.6	5	5.4	5.7	5.9	6	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.4	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.0125	
1.8	5.5	5.8	6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.4	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.35	
2.8	5.8	6	6.2	6.3	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8	6.46875	
3.5	6	6.2	6.2	6.3	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8	6.5375	
4	6	6.2	6.3	6.4	6.4	6.5	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.5375	
4	6	6.2	6.3	6.4	6.4	6.5	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.5375	
5	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	7	7	6.60625	
5	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	7	7	6.60625	
6	6.4	6.4	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	7.2	7.6	7.6	6.69375	
6	6.4	6.4	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	7.2	7.6	7.6	6.69375	
7	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	7	7.4	7.8	8.1	8.1	6.86875	
7	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	7	7.4	7.8	8.1	8.1	6.86875	
8	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	7	7.4	7.8	8.5	8.5	6.98125	
8	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	7	7.4	7.8	8.5	8.5	6.98125	
Output Amplitude Mean (Vpp)																	5.22		
Amp. Error (%)																	11.64		

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.6 : กราฟสามมิติแสดงถึงผลการตอบสนองเชิงขนาดของวงจร SAGC

รูปที่ 4.6 นี้แสดงถึงช่วงการตอบสนองทางความถี่ของวงจร SAGC ที่สามารถปรับให้ขนาดของสัญญาณเท่ากันได้ในช่วง 6-7 Vpp หรือพื้นที่ราบสีน้ำเงิน ซึ่งคิดเป็น 54.81% ของพื้นผิวทั้งหมด เนื่องจากในช่วงที่ตอบสนองได้ดีนั้นผลคูณของขนาดและความถี่สัญญาณของสัญญาณขาเข้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1,800 Vpp*Hz แต่ไม่เกิน 11,400 Vpp*Hz ดังตารางที่ 4.4

จากนั้นทำการทดสอบการตอบสนองทางเฟสของวงจร SAGC ได้ผลลัพธ์คือ เฟสของสัญญาณ SAGC ที่ควรจะเลื่อนไป 90 องศา ในทุกๆความถี่ กลับเลื่อนไปอยู่ในช่วง 70-90 องศา ขึ้นอยู่กับขนาดและความถี่ของสัญญาณขาเข้า ดังตารางที่ 4.5 โดยความคลาดเคลื่อนทางเฟสนี้มีอัตราความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 12.87% และทำการพล็อตกราฟสามมิติของผลการตอบสนองเชิงเฟสได้ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.4 : ตารางแสดงผลคูณระหว่างขนาดและค่าของสัญญาณขาเข้าที่ใช้ทดสอบวงจร SAGC

Input Frequency (Hz)	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Input Amp. (Vpp)	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	210	224	238	252	266	280
0.14	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	210	224	238	252	266	280
0.2	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
0.4	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640	680	720	760	800
0.6	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200
1	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1.8	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240	3420	3600
2.8	1400	1680	1960	2240	2520	2800	3080	3360	3640	3920	4200	4480	4760	5040	5320	5600
3.5	1750	2100	2450	2800	3150	3500	3850	4200	4550	4900	5250	5600	5950	6300	6650	7000
4	2000	2400	2800	3200	3600	4000	4400	4800	5200	5600	6000	6400	6800	7200	7600	8000
5	2500	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
6	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200	7800	8400	9000	9600	10200	10800	11400	12000
7	3500	4200	4900	5600	6300	7000	7700	8400	9100	9800	10500	11200	11900	12600	13300	14000
8	4000	4800	5600	6400	7200	8000	8800	9600	10400	11200	12000	12800	13600	14400	15200	16000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.5 : ตารางบันทึกผลการตอบสนองเชิงเฟสของวงจร SAGC

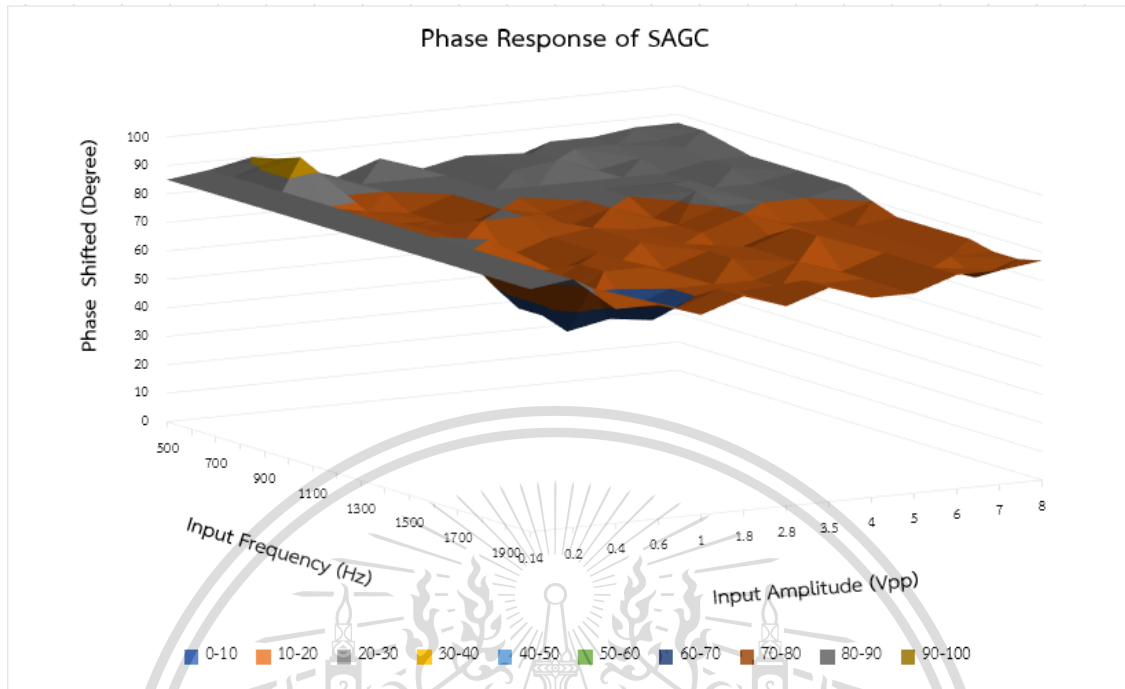
Input Frequency (Hz)	Phase Shifted Mean (Degrees)																				Phase Shifted Error (%)
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000					
Input Amp. (Vpp)	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	78.42	80.5625	12.87		
0.14	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	
0.2	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	
0.4	90	92	95	80	80	80	80	80	80	80	70	65	65	62	80	75	78.375	78.375	78.375	75	
0.6	85	85	80	77	75	77	77	77	80	70	67	65	65	65	75	75	74.6875	74.6875	74.6875	75	
1	80	80	80	75	75	75	80	70	70	70	75	75	65	63	70	70	73.3125	73.3125	73.3125	70	
1.8	85	80	80	80	80	80	80	75	75	75	75	75	70	70	75	75	76.875	76.875	76.875	75	
2.8	80	80	80	80	80	77	75	77	77	77	70	70	70	70	70	70	75.1875	75.1875	75.1875	70	
3.5	83	83	83	80	80	80	80	75	75	75	75	75	70	70	75	75	77.125	77.125	77.125	75	
4	80	85	85	80	80	80	75	75	75	70	75	75	75	70	70	70	76.25	76.25	76.25	70	
5	85	85	80	80	80	83	83	80	80	75	80	80	70	70	70	70	78.1875	78.1875	78.1875	70	
6	85	85	83	80	80	80	80	80	75	75	75	75	75	75	75	75	78.3125	78.3125	78.3125	75	
7	87	85	85	83	83	80	80	80	75	75	75	75	75	75	70	75	78.625	78.625	78.625	75	
8	87	87	85	83	83	83	83	80	80	77	77	77	77	75	75	77	80.5625	80.5625	80.5625	77	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.7 : กราฟสามมิติแสดงถึงผลการตอบสนองเชิงเฟสของวงจร SAGC

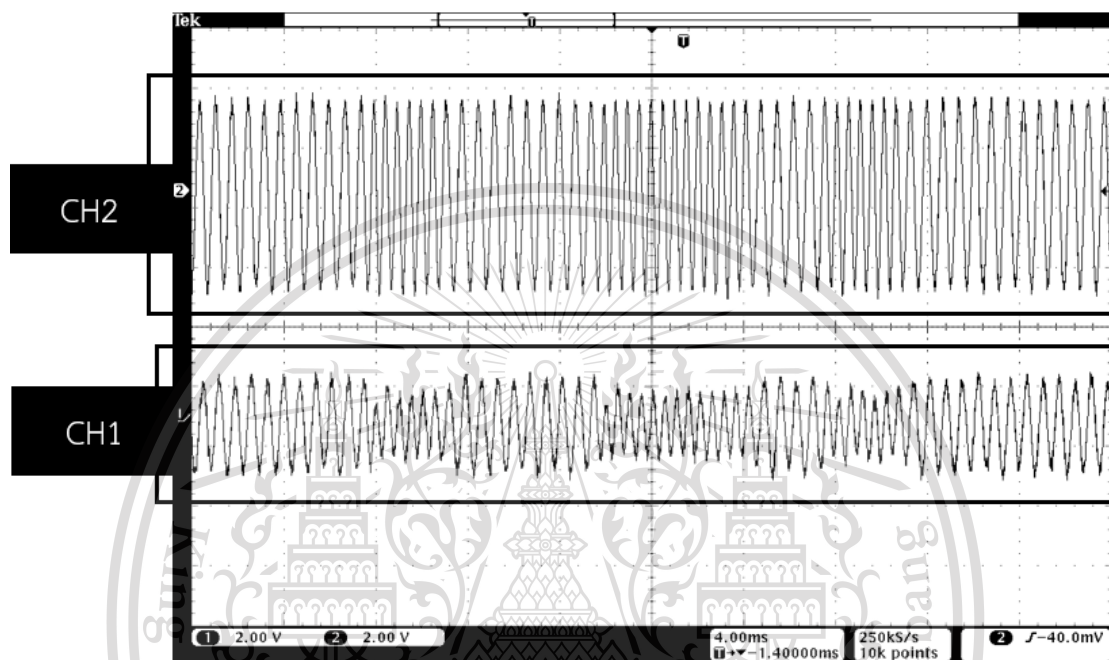
รูปที่ 4.7 นี้แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองทางเฟสที่ไม่น่าพึงพอใจเท่าที่ควร เนื่องจากตามทฤษฎีนั้นเฟสของสัญญาณขาออกควรเลื่อนไปจากเดิม 90 องศา แต่ในการทดสอบนี้พบว่าค่าความต่างเฟสที่ได้จากการทดสอบในแต่ละครั้งนั้นมีความแตกต่างกันทุกครั้ง โดยแกว่งอยู่ในช่วงต่ำสุดที่ 62 องศาถึงสูงสุดที่ 95 องศา และความต่างเฟสที่ได้นั้นไม่มีแนวโน้มไปในทิศทางใดๆ ทั้งสิ้น และการทดสอบนี้ให้อัตราความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 78.42 องศา หรือประมาณ 12.87% หรือแม้กระทั่งนำสัญญาณที่ใช้ทดสอบซึ่งมีการตอบสนองในเชิงขนาดที่ดีมาทดสอบก็ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ไม่น่าพึงพอใจนักสำหรับการตอบสนองทางเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทำการทดสอบที่สองของการทดสอบที่ 3.3.6 สำหรับการทดสอบที่สองนั้นทดสอบเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์สำหรับโดยมีสัญญาณขาเข้าเป็นสัญญาณ FSK ที่มีขนาดแตกต่างกันใน 2 ความถี่ กลับให้ผลลัพธ์ของสัญญาณขาออกที่ทั้ง 2 ความถี่มีขนาดเท่ากันดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 : ผลการทดสอบวงจร SAGC ตัวที่ 1

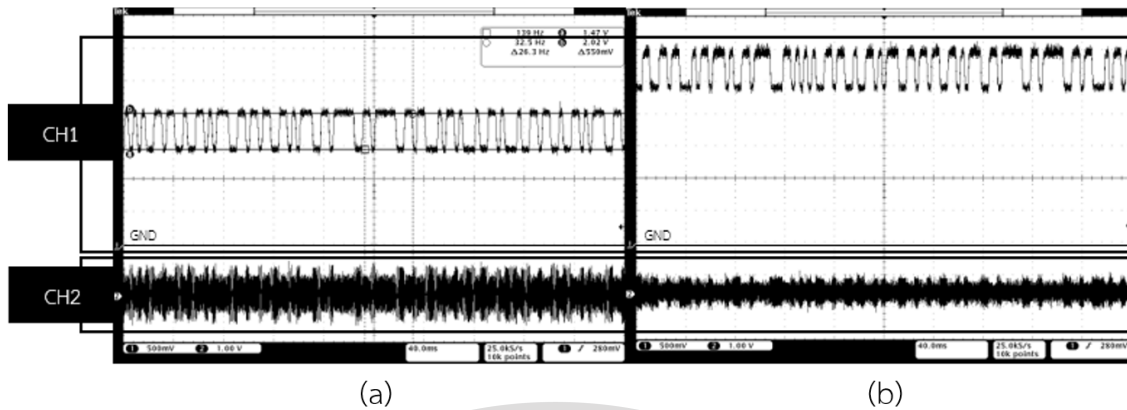
CH1 และ CH2 เป็นสัญญาณขาเข้าและขาออกของวงจร SAGC ตัวที่ 1 ตามลำดับ

ทำการทดสอบที่สามของการทดสอบที่ 3.3.6 สำหรับการทดสอบที่สองนั้นทดสอบเพื่อตรวจสอบสัญญาณขาออกจากวงจร SAGC ตัวที่ 2 ว่ามีความสัมพันธ์เป็นไปดังสมการที่ 2.10 หรือไม่ โดยใช้สัญญาณขาเข้าเป็นสัญญาณที่ถูกปรับขนาดโดย SAGC ตัวที่ 1 มาแล้ว โดยผลลัพธ์สำหรับการทดสอบที่สามนั้นให้ผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกับสัญญาณข้อมูลจาก ESP32 ฝั่งส่ง ดังรูปที่ 4.9 (a) และเมื่อปรับความถี่ในการเข้ารหัส FSK เพิ่มขึ้น พบว่า ระดับสัญญาณของทั้งสองระดับก็ยกตัวขึ้นตามกัน และมีขนาดสัญญาณที่คงเดิม ดังรูปที่ 4.9 (b) เนื่องมาจากการปรับความถี่ในการเข้ารหัส FSK ในทั้งสองความถี่นั้นเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นเชิงเส้น หรือหากปรับลดความถี่ในการเข้ารหัส FSK ลง สัญญาณที่ถอดรหัสมาได้ก็จะลดตัวต่ำลง สอดคล้องดังสมการที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.9 : ผลการทดสอบวงจร SAGC ตัวที่ 2

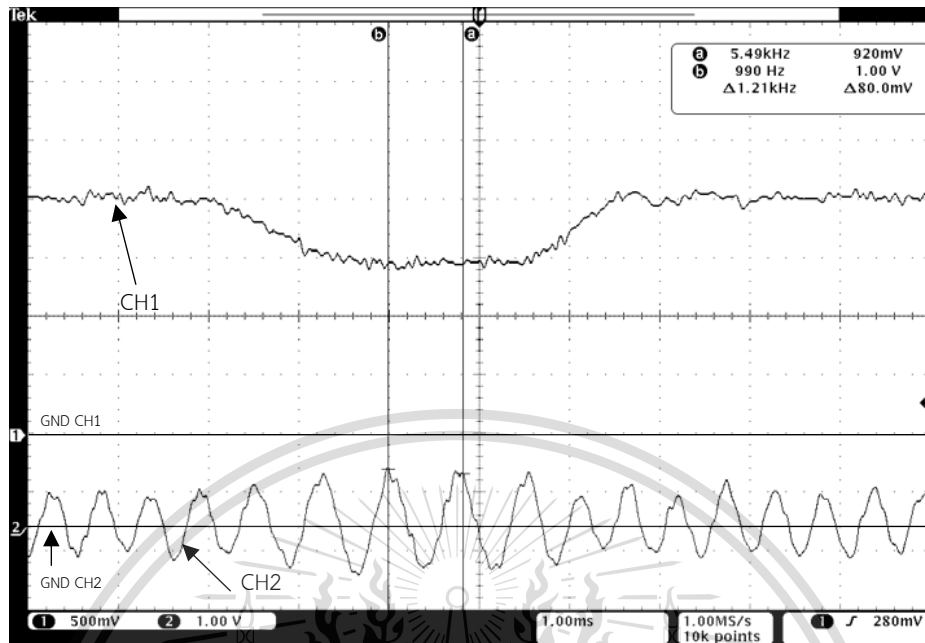
CH2 คือสัญญาณ FSK ที่รับจากวิทยุสื่อสาร , CH1 คือสัญญาณที่ถูกถอดรหัส FSK ด้วยวงจร SAGC

สำหรับรูปที่ 4.9 นี้แสดงให้เห็นถึงผลการถอดรหัส FSK ด้วยวงจร SAGC ตัวที่ 2 โดยสัญญาณที่ CH2 ในรูปที่ 4.9 (a) นั้น ประกอบไปด้วย Mark ขนาด 1.5 Vpp ที่ความถี่ 1,200 Hz และ Space ขนาด 1 Vpp ที่ความถี่ 1,800 Hz ผลลัพธ์ของการถอดรหัสสัญญาณ FSK ในรูปที่ 4.9 (a) พบว่าที่ความถี่ 1,200 Hz สามารถถอดรหัสออกมาได้เป็นระดับไฟตรงที่ 1.5 V และที่ความถี่ 1,800 Hz ได้ระดับไฟตรงที่ 2 V และเมื่อทำการปรับความถี่ในการเข้ารหัส FSK ให้สูงที่สุดเท่าที่วงจร SAGC ยังคงถอดรหัสและให้ผลลัพธ์ที่ดีได้อยู่ พบว่าสัญญาณ FSK ที่ได้ประกอบไปด้วย Mark ขนาด 0.8 Vpp ที่ความถี่ 2,160 Hz และ Space ขนาด 0.6 Vpp ที่ความถี่ 2,620 Hz ผลลัพธ์ของการถอดรหัสสัญญาณ FSK ในรูปที่ 4.11 (b) พบว่าที่ความถี่ 2,160 Hz สามารถถอดรหัสออกมาได้เป็นระดับไฟตรงที่ 2.4 V และที่ความถี่ 2,620 Hz ได้ระดับไฟตรงที่ 2.9 V สามารถตรวจสอบรูปสัญญาณขนาดใหญ่ของรูปที่ 4.9 (a) และ (b) ได้ในรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 ตามลำดับ

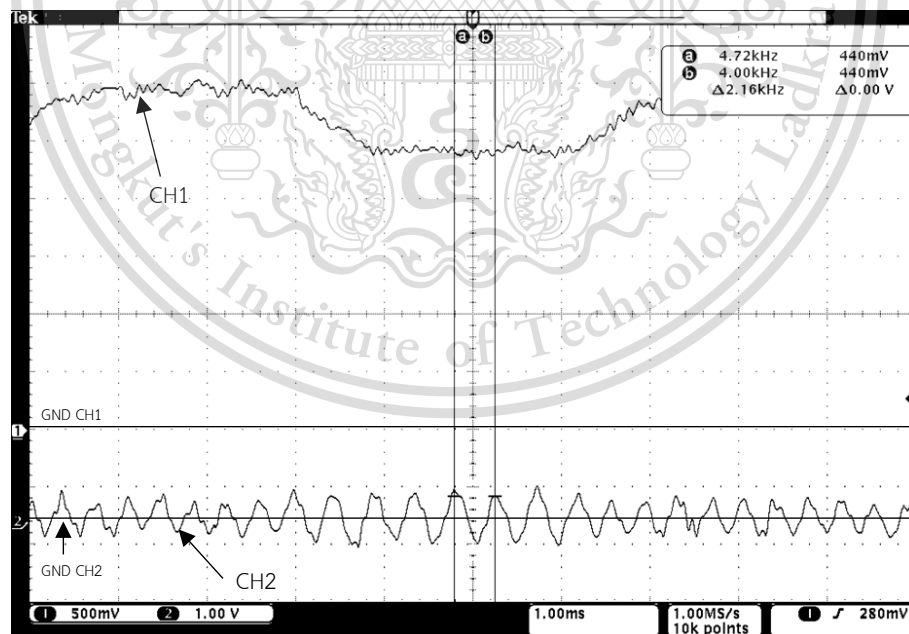
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.10 : รูปขยายของสัญญาณในรูปที่ 4.9 (a)
CH2 คือสัญญาณ FSK ขาเข้า , CH1 คือสัญญาณ FSK ที่ถูกถอดรหัสด้วยวงจร SAGC



รูปที่ 4.11 : รูปขยายของสัญญาณในรูปที่ 4.9 (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
CH2 คือสัญญาณ FSK ขาเข้า , CH1 คือสัญญาณ FSK ที่ถูกถอดรหัสด้วยวงจร SAGC
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ซึ่งข้อมูลข้างต้นถูกอ่านค่าโดยอ่านจาก Stop Bit ไปถึง Start Bit ของแต่ละตัวอักษร เช่น 0 1000 1100 1 ให้อ่านเป็น 00110001 เป็นต้น โดยการอ่านค่าทั้งหมดจะถูกแสดงไว้ดังตารางที่ 4.1 นี้

ตารางที่ 4.6 : การอ่านค่ารหัส ASCII ที่ได้รับ

สัญญาณข้อมูลบน Oscilloscope	นำ Start Bit และ Stop Bit ออกจะได้	อ่านจากขวาไปซ้ายจะได้	ตัวอักษรที่อ่านค่าได้
10001100 <u>1</u>	10001100	00110001	1
<u>0</u> 01001100 <u>1</u>	01001100	00110010	2
<u>0</u> 10001100 <u>1</u>	10001100	00110001	1
<u>0</u> 00001100 <u>1</u>	00001100	00110000	0
<u>0</u> 00001100 <u>1</u>	00001100	00110000	0
<u>0</u> 01110100 <u>1</u>	01110100	00101110	.
<u>0</u> 11101100 <u>1</u>	11101100	00110111	7
<u>0</u> 11101100 <u>1</u>	11101100	00110111	7
<u>0</u> 01101100 <u>1</u>	01101100	00110110	6
<u>0</u> 10001100 <u>1</u>	10001100	00110001	1
<u>0</u> 10011100 <u>1</u>	10011100	00111001	9
<u>0</u> 11001100	11001100	00110011	3

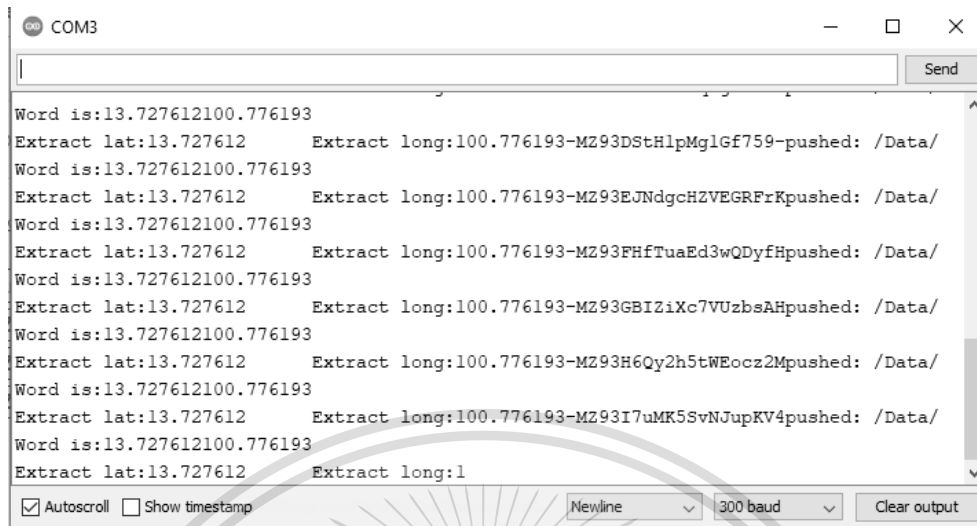
เมื่อนำมารวมกันจะได้เป็นข้อความว่า “12100.776193” และเนื่องจากสัญญาณข้อมูลในนี้ถูกจับภาพไว้เพียงบางส่วนเท่านั้น ทำให้การอ่านค่าในนี้ จะเห็นค่า Latitude และ/หรือ Longitude เพียงบางส่วนเท่านั้น ทั้งนี้การอ่านข้อมูลที่ได้รับมาทั้งหมดจะถูกอ่านไว้ที่ Serial Monitor ฝั่งรับสัญญาณ ดังรูปที่ 4.13 สามารถตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดได้ที่รูปดังกล่าว

ซึ่งสำหรับข้อความ “12100.776193” ที่อ่านได้ในที่นี้ 12 ด้านหน้าเป็นในส่วนของ Latitude คือ 13.727612 และ 100.776193 เป็นในส่วนของ Longitude ทั้งหมด ซึ่งตรงกับข้อมูลที่ส่งมาจริง ดังภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

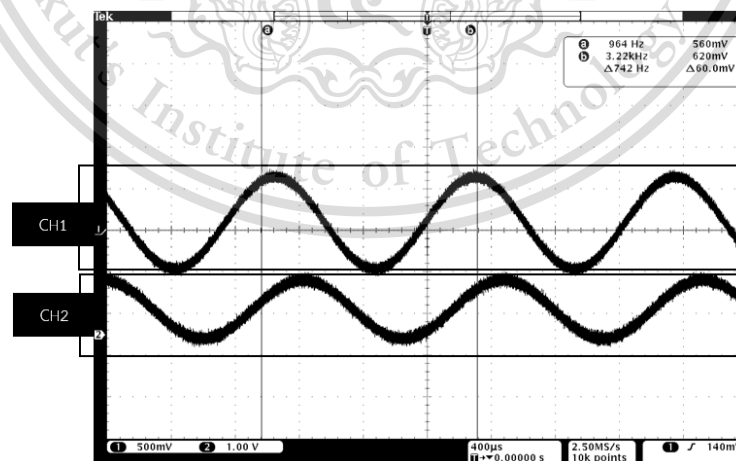
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.13 : ผลการอ่านค่า Latitude และ Longitude บน Serial Monitor ฝั่งรับสัญญาณ

4.8 ผลการทดสอบวงจร 6th Order Butterworth Low Pass Filter

ทำการทดสอบด้วยการทดสอบที่ 3.3.8 จากผลการทดสอบพบว่า Filter นี้สามารถลดทอนขนาดของสัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ 800 Hz เป็นต้นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก เมื่อเทียบกับสัญญาณที่มีความถี่ 1,000 Hz และ 2,000 Hz ที่มีขนาดสัญญาณขาเข้าเดียวกัน ดังรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15

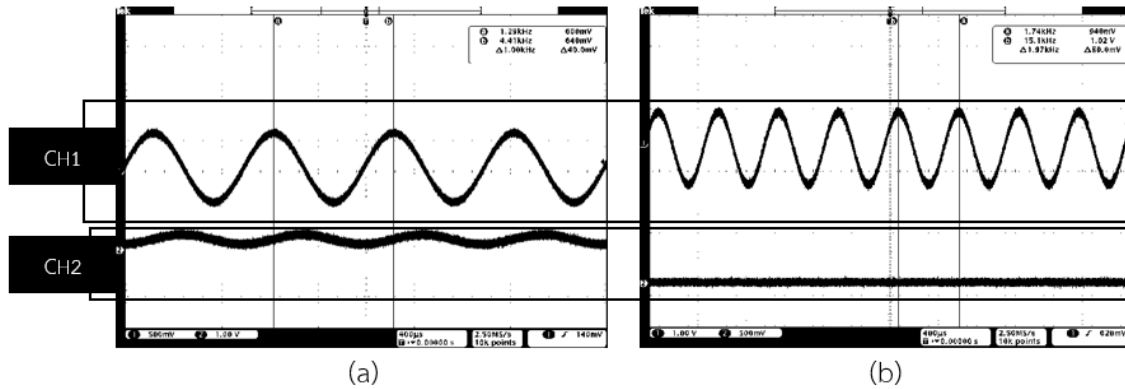


รูปที่ 4.14 : ผลการลดทอนขนาดสัญญาณที่ความถี่ 800 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
CH1 และ CH2 คือสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออก ตามลำดับ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

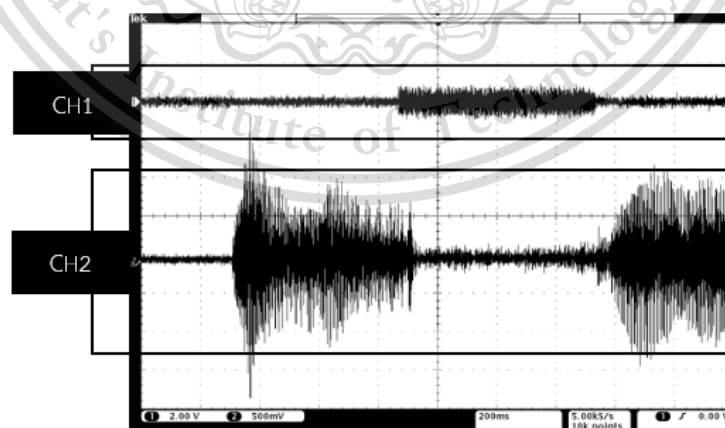
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.15 : ผลการลดทอนขนาดสัญญาณที่มีความถี่ 1,000 Hz (a) และ 2,000 Hz (b)
CH1 และ CH2 คือสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออก ตามลำดับ

4.9 ผลการทดสอบเสียงที่ออกจากลำโพง

ทำการทดสอบตั้งการทดสอบที่ 3.3.9 จากผลการทดสอบลำโพง พบว่าเสียงที่ออกมา นั้นเป็นไปได้อย่างดี และไม่มีเสียงของข้อมูลรบกวนจนเกิดความไม่สะดวกต่อผู้ใช้งานแต่อย่างใด เพียงแต่สัญญาณเสียงจะถูกลดทอนลงไปเมื่อมีการส่งสัญญาณข้อมูล ดังรูปที่ 4.16 และเมื่อทำการใช้ สัญญาณคลื่นรูปไซน์ความถี่ 800 Hz แทนสัญญาณเสียง ปรากฏว่าให้ผลลัพธ์แบบเดียวกันดังรูปที่ 4.17 แต่กระนั้นก็ยังคงไม่เป็นปัญหาเนื่องจากการส่งสัญญาณข้อมูล 1 ครั้งใช้เวลาเพียง 0.5 วินาที และจะทำการส่งสัญญาณอีกครั้งเมื่อเวลาผ่านไปตามที่ได้กำหนดไว้

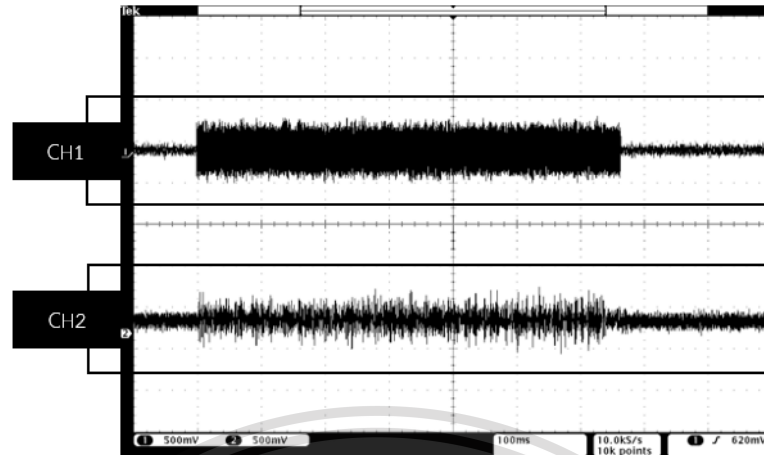


รูปที่ 4.16 : ผลการทดสอบการกรองเสียงพูดเพื่อออกสู่ลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
CH1 คือสัญญาณ FSK ที่ถูกควบคุมจังหวะแล้ว , CH2 คือสัญญาณเสียงที่ออกสู่ลำโพง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.17 : ผลการทดสอบการใช้สัญญาณคลื่นรูปไซน์แทนสัญญาณเสียง
CH1 คือสัญญาณ FSK ที่ถูกควบคุมจังหวะแล้ว , CH2 คือสัญญาณเสียงที่ออกสู่ลำโพง

4.10 ผลการทดสอบการนำค่าพิกัดที่อ่านค่าได้บน Serial Monitor ขึ้นไปยัง ฐานข้อมูล Firebase

ทำการทดสอบดังการทดสอบที่ 3.3.10 จากผลการทดสอบพบว่า ESP32 สามารถส่งค่าขึ้นไปยังฐานข้อมูล Firebase ได้เรื่อยๆ ดังรูปที่ 4.18

```

Data
- MYonhb62nOMNs7zzYcx
  Latitude: "13.727612"
  Longitude: "100.776193"
- MYonhnjlGovY5uYm_ix
  Latitude: "13.727612"
  Longitude: "100.776193"
- MYoni2bn_G7iK9iSw9A
  Latitude: "13.727612"
  Longitude: "100.776193"
+ MYoniFryhUKmaCZu01p
+ MYoniU6oHkKUcK9Eg1q
+ MYonkerE1TUTOvmAwTj
  
```

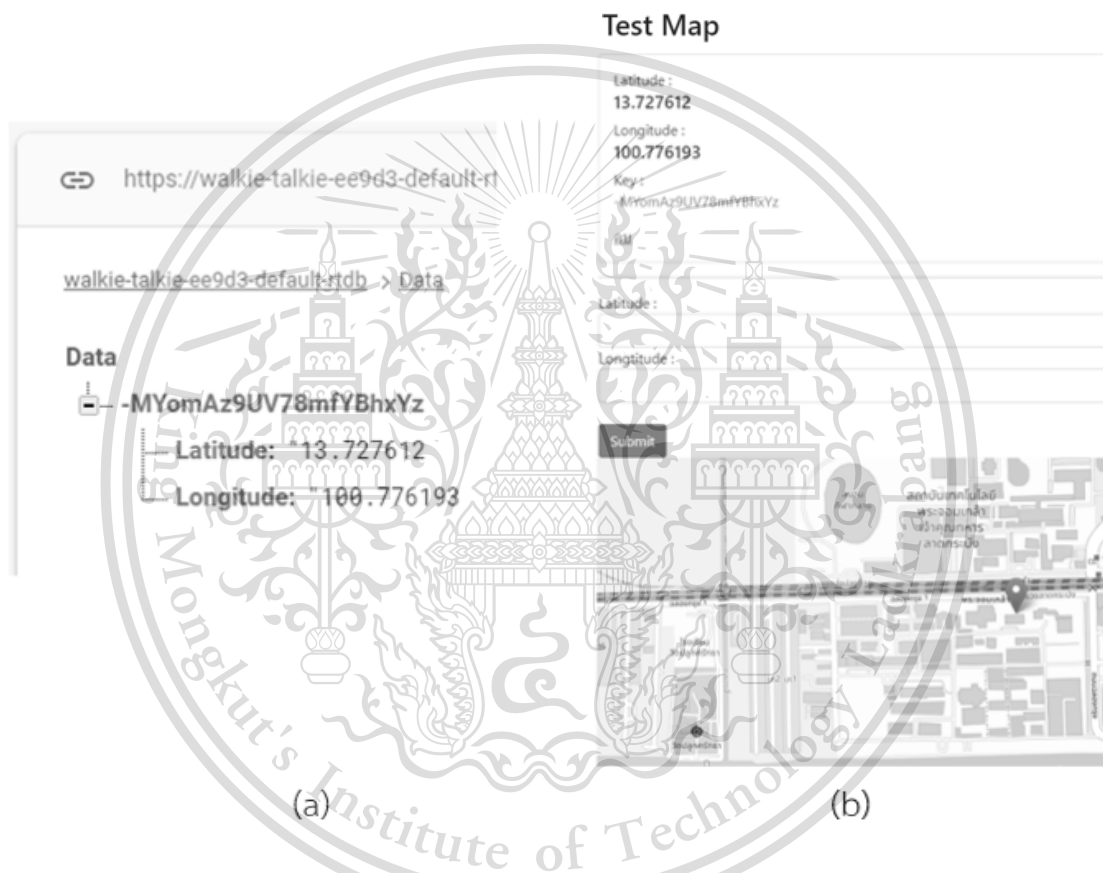
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.18 : การส่งค่า Latitude และ Longitude จาก ESP32 ขึ้นไปยังฐานข้อมูล Firebase
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.11 ผลการทดสอบการแสดงผลพิกัดตำแหน่งบนแผนที่

ทำการทดสอบด้วยการทดสอบที่ 3.3.11 จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อในฐานข้อมูลมีค่าเข้ามา การป้กหมุดจะป้กลงที่พิกัดดังกล่าวจริง ดังรูปที่ 4.19 และเมื่อมีค่าในฐานข้อมูลถึง 3 ค่า ฐานข้อมูลจะทำการลบข้อมูลทั้งหมด จากนั้นจะรอรับค่าที่เข้ามาใหม่ เพื่อไม่ให้บนแผนที่ที่มีหมุดตำแหน่งที่มากเกินไป



รูปที่ 4.19 : การทำงานที่เชื่อมต่อกันระหว่างฐานข้อมูล (a) และหน้าเว็บไซต์ (b)

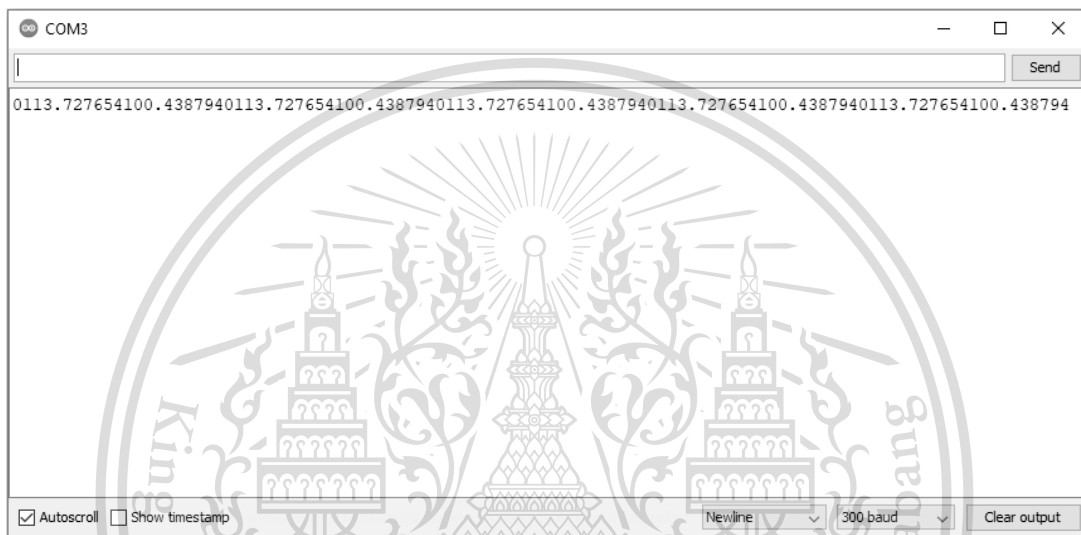
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

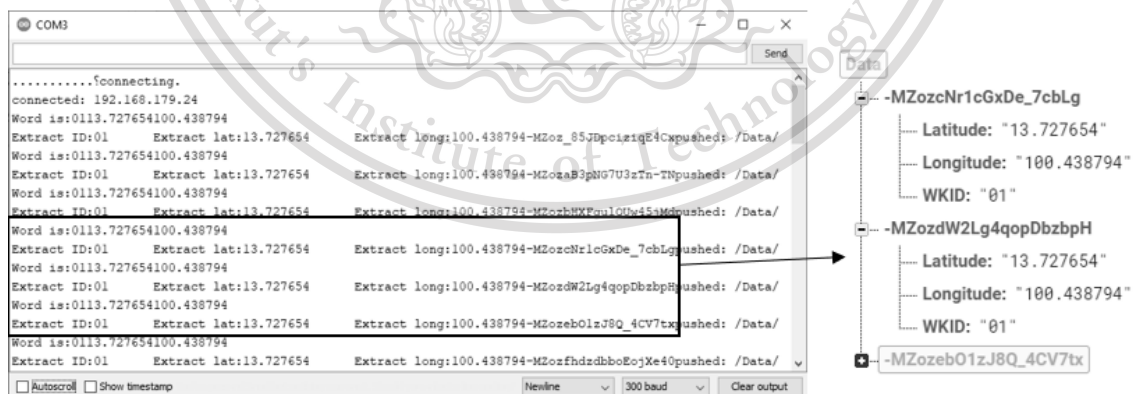
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.12 ผลการทดสอบการระบุหมายเลขวิทยุสื่อสาร พร้อมแสดงผลบนเว็บไซต์

ทำการทดสอบดังการทดสอบที่ 3.3.12 จากผลการทดสอบแรกพบว่าที่ฝั่งส่งสัญญาณสามารถส่งข้อมูลในส่วนของ id เพิ่มเติมได้ดังรูปที่ 4.20 และที่ฝั่งรับสัญญาณก็สามารถรับสัญญาณและถอดค่าในส่วนที่เป็น ID , Latitude และ Longitude และสุดท้ายที่ฐานข้อมูล Firebase ก็พบค่า ID ที่ถูกส่งขึ้นมาเช่นกัน ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.20 : ผลการส่งข้อมูล id ของวิทยุสื่อสาร



(a)

(b)

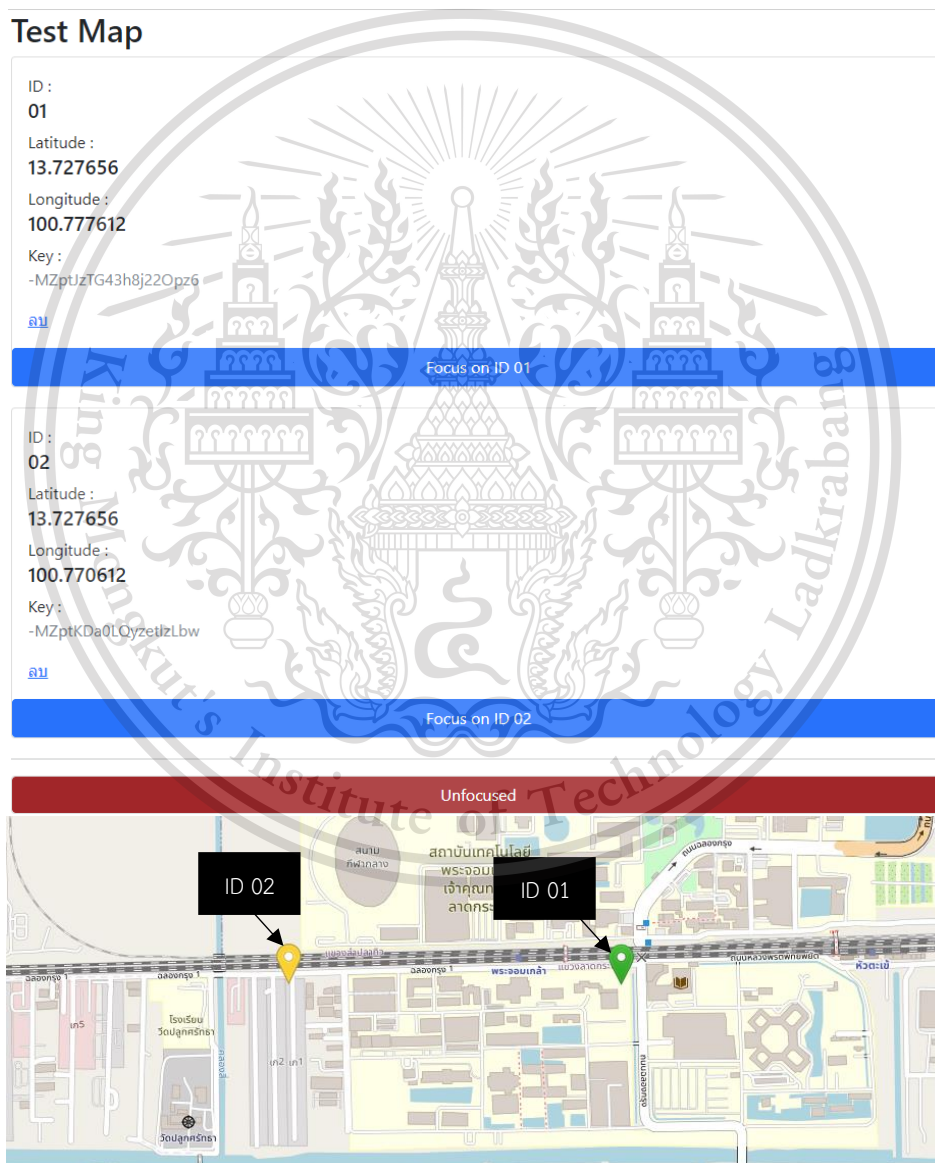
รูปที่ 4.21 : ผลการรับข้อมูล id ของวิทยุสื่อสาร (a) และการจัดเก็บข้อมูล id บนฐานข้อมูล (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

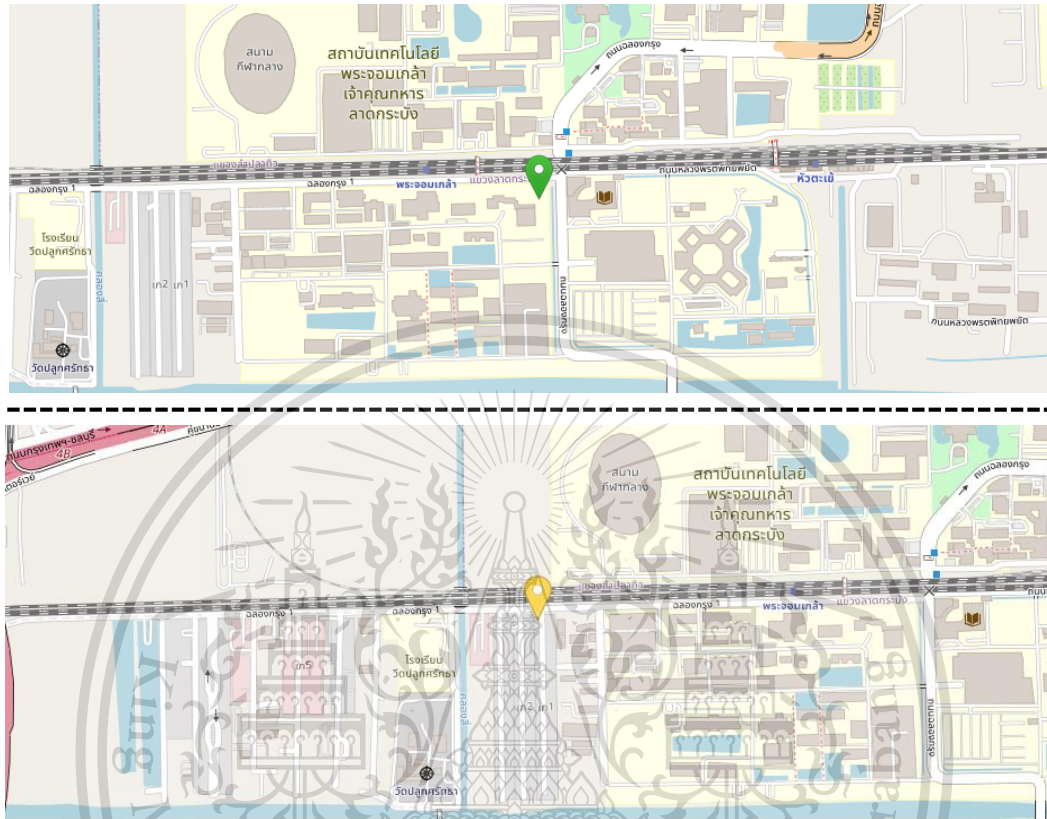
สำหรับผลการทดสอบที่สองนั้น เว็บไซต์สามารถเจาะจงหมวดที่สนใจได้ตามการกดปุ่มของผู้ใช้งานจริง ดังการทำงานเริ่มต้นที่รูป 4.22 จากนั้นผู้ใช้งานทำการกดปุ่ม Focus on ID 01 หน้าเว็บทำการซ่อนหมวดของ ID 02 ไปและทำการเลื่อนมุมมองให้หมวด ID 01 อยู่ตรงกลาง จากนั้นทำการกดปุ่ม Focus on ID 02 พบว่าหน้าเว็บสามารถซ่อนหมวด ID 01 ได้และทำการแสดงหมวด ID 02 ออกมา และมุมมองจะถูกเลื่อนมาให้หมวด ID 02 อยู่ตรงกลางแผนที่ ดังรูปที่ 4.23 จากนั้นทำการกดปุ่ม Unfocused พบว่าหมวดทั้งหมดถูกแสดงขึ้นมาอีกครั้ง ดังรูปที่ 4.24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.22 : การแสดงหมายเลขวิทยุสื่อสารบนเว็บไซต์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.23 : การแสดงผลของแผนที่เมื่อกดปุ่ม Focus on ID 01 (รูปบน) และ Focus on ID 02 (รูปล่าง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.24 : การแสดงผลของแผนที่เมื่อกดปุ่ม Unfocused
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้ได้จัดทำการส่งข้อมูล GPS ผ่านช่องสัญญาณวิทยุสื่อสารและได้นำหลักการของ SAGC มาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงการรับข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยในส่วนแรกซึ่งเป็นในส่วนของการรับข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากดาวเทียมนั้น GPS Module ที่ใช้มีอัตราความผิดพลาดที่ 1.56%, ในส่วนที่สองซึ่งเป็นในส่วนของวงจร SAGC ตัวที่ 1 นั้นสามารถปรับสัญญาณให้เท่ากันได้ตั้งแต่ความถี่ 1,000 Hz – 2,000 Hz ทั้งนี้ต้องใช้ขนาดของสัญญาณขาเข้าที่เหมาะสมด้วย และสำหรับในส่วนของวงจร SAGC ตัวที่ 2 นั้นสามารถถอดรหัส FSK ได้เมื่อใช้ความถี่ที่เหมาะสมกับการส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณวิทยุซึ่งความถี่ที่ใช้คือ 1,400 Hz และ 1,900 Hz แต่จะไม่สามารถถอดรหัสข้อมูลได้เมื่อความถี่ FSK ที่ใช้มีขนาดแตกต่างกันขนาด 0.5 V, ในส่วนที่สามซึ่งเป็นในส่วน of สัญญาณเสียงที่ออกสู่ลำโพงนั้นเป็นไปได้อย่างดีทุกช่วง ยกเว้นช่วงที่มีสัญญาณข้อมูล คือ ประมาณ 0.75 วินาทีเท่านั้นที่สัญญาณเสียงจะขาดหายไป, ในส่วนที่สี่ซึ่งเป็นในส่วนของการรับส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณวิทยุสื่อสาร Citizen Band ความถี่ 245.18 MHz นั้นเป็นไปได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และสัญญาณมี Delay เพียงเล็กน้อยอันเนื่องมาจากการเดินทางของสัญญาณ ถึงกระนั้น ESP32 ฝั่งรับก็สามารถอ่านข้อมูลออกมาเป็นตัวเลขและส่งค่าขึ้นไปยังฐานข้อมูล Firebase ได้สำเร็จ และในส่วนสุดท้ายซึ่งเป็นในส่วนของการแสดงผลพิกัดตำแหน่งที่ได้รับมาให้เป็นหมุดปักบนแผนที่พร้อมระบุค่าพิกัด Latitude และ Longitude บนเว็บไซต์ที่จัดทำขึ้น โดยเว็บไซต์จะทำการแสดงผลหมุดตำแหน่งเพียง 3 หมุดเท่านั้น ก่อนจะล้างหมุดตำแหน่งทั้งหมดเพื่อรอรับหมุดตำแหน่งถัดไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การใช้สายอากาศที่มีคุณภาพจำเป็นอย่างมากต่อ GPS Module นี้ เนื่องจากการจับสัญญาณจะไม่เกิดขึ้นเลย หากสายอากาศไม่ดี ทำให้ในการทดลองบางครั้งไม่ทราบว่าที่สัญญาณ GPS ไม่มานั้นเกิดจากสายอากาศที่ไม่ดี หรือ การอยู่ในจุดอับสัญญาณ หรือ การเขียนโปรแกรมที่ไม่ถูกต้อง

2. หากลดขนาดของสัญญาณ FSK ลง ในขณะที่อัตราการขยายฝั่งรับมีค่าเท่าเดิม จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- [1] S. Sukkharak, K. Jeerasuda, and W. Paramote. “A New AM Demodulation Scheme with a Blind Carrier Recovery Method.”
- [2] Analog Devices. “AD633”
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/48101/AD/AD633.html>.
- [3] Texas Instruments. “LM741 Operational Amplifier”
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm741.pdf>.
- [4] ARC ELECTRONICS. “Bell 202T FSK Modem”
https://www.arcelect.com/Bell_202T_Modem_VAC-VDC.htm.
- [5] Tutorialspoint. “Frequency Shift Keying”
https://www.tutorialspoint.com/digital_communication/digital_communication_frequency_shift_keying.htm.
- [6] 2WAYRAM. “วิทยุสื่อสาร MS Marshal รุ่น MS-12”
<https://www.2wayram.com/shop/walkie-talkie/ms-marshal/ms-12/>.
- [7] Basic Electronics Tutorials and Revision. “Passive Low Pass Filter”
https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_2.html.
- [8] Elliott D. Kaplan, Christopher J. Hegarty. *Understanding GPS Principles and Applications Second Edition*. Artech House, INC. : 685 Canton Street Norwood, 2006.
- [9] Wichet Darakai. “GPS : โปรโตคอล NMEA ของ GPS”
<http://darakai.blogspot.com/2011/11/nmea-gps.html>.
- [10] Marvelmind Robotics. “NMEA0183 and PPS implementation in Marvelmind mobile beacon”
https://www.marvelmind.com/downloads/marvelmind_NMEA0183_PP_S_v2016_09_01.pdf.
- [11] Alexander D. Poularikas. *The Transforms and Applications Handbook: Second Edition*. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[12] SparkFun Electronics. “ASCII”

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/ascii/all>.

[13] Exar Corporation. “XR-2206”

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/80496/EXAR/XR2206.html>.

[14] Texas Instruments. “CD4066B”

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26881/TI/CD4066B.html>.

[15] Basic Electronics Tutorials and Revision. “Butterworth Filter Design”

https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_8.html.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



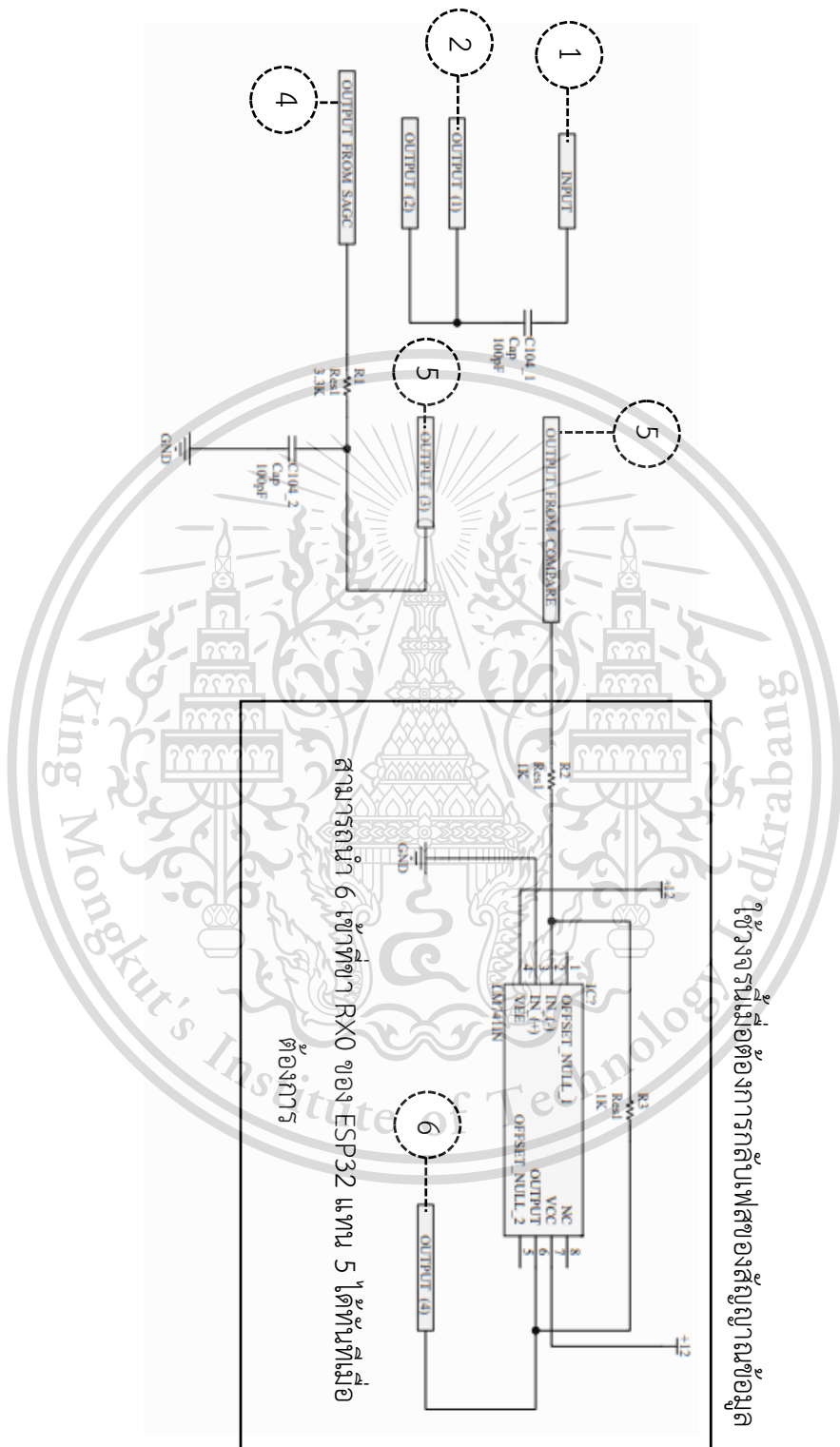
ภาคผนวก ก

แผนภาพ Schematics ของวงจรฝังรับสัญญาณ (Rx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

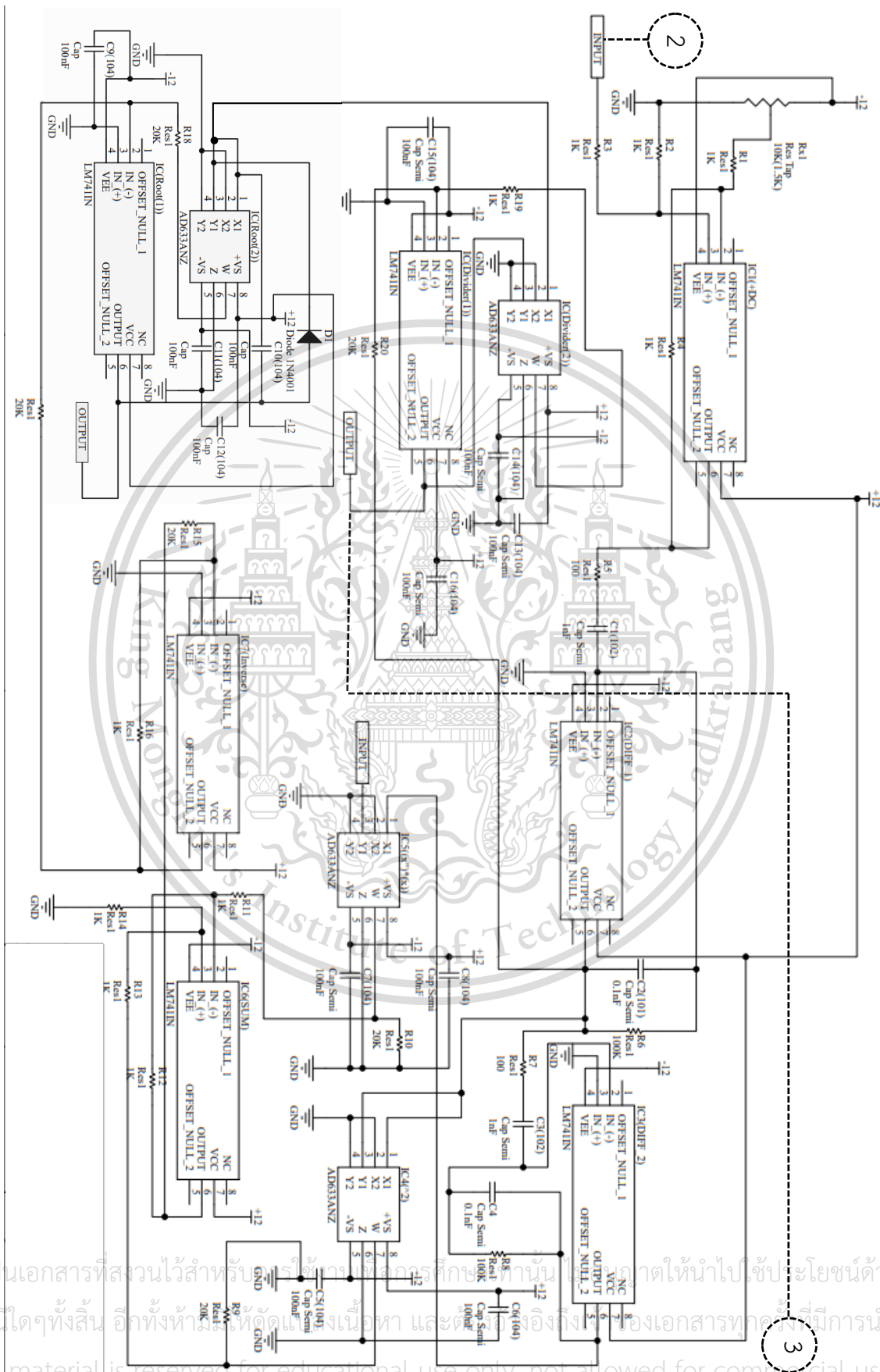
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

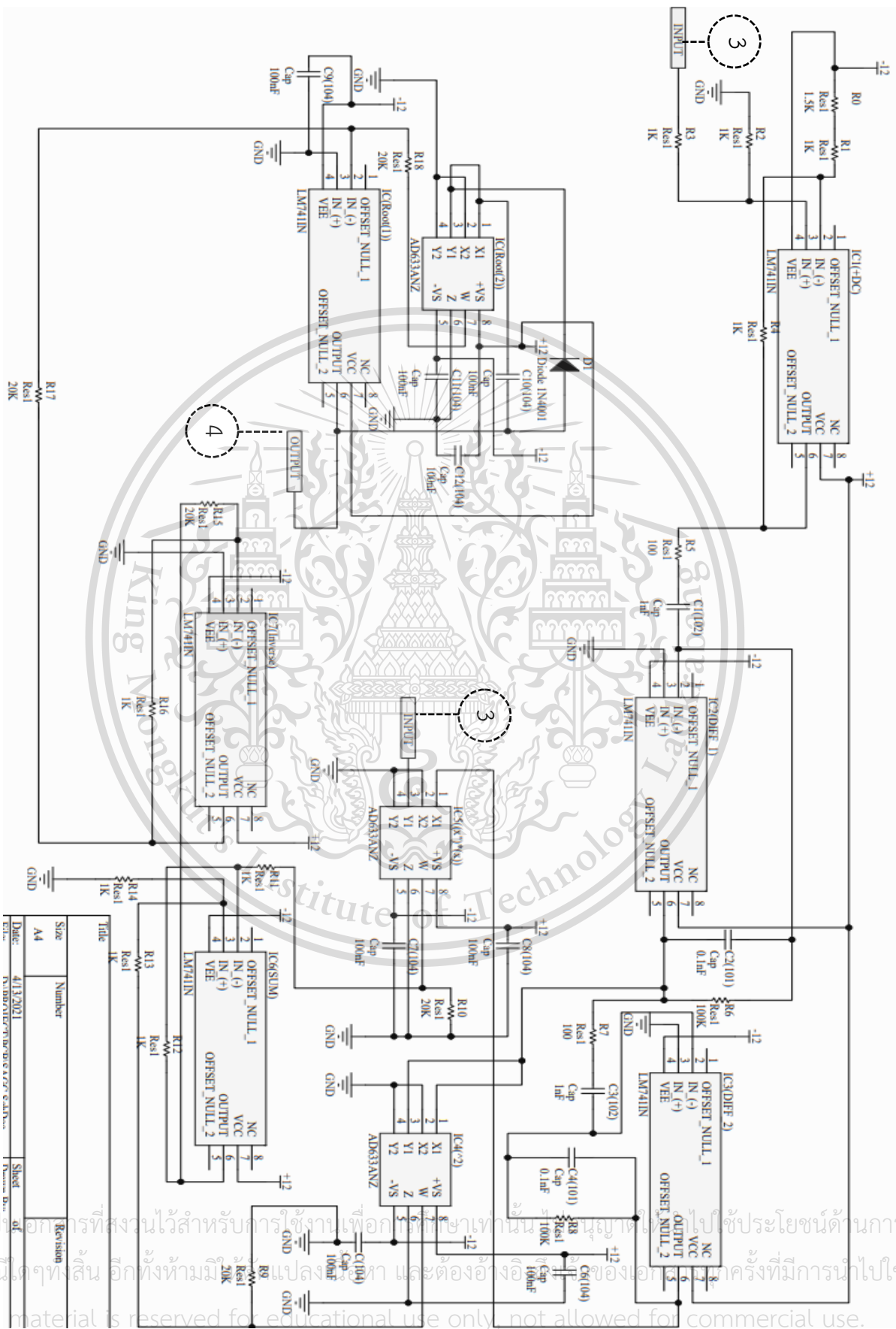
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคคลภายในใช้เพื่อการศึกษากันเท่านั้น ไม่ควรนำออกให้คนอื่นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามใส่ให้ดูเด่นเหนือหน้า และตัดข้อความออก (ต้องตั้งชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

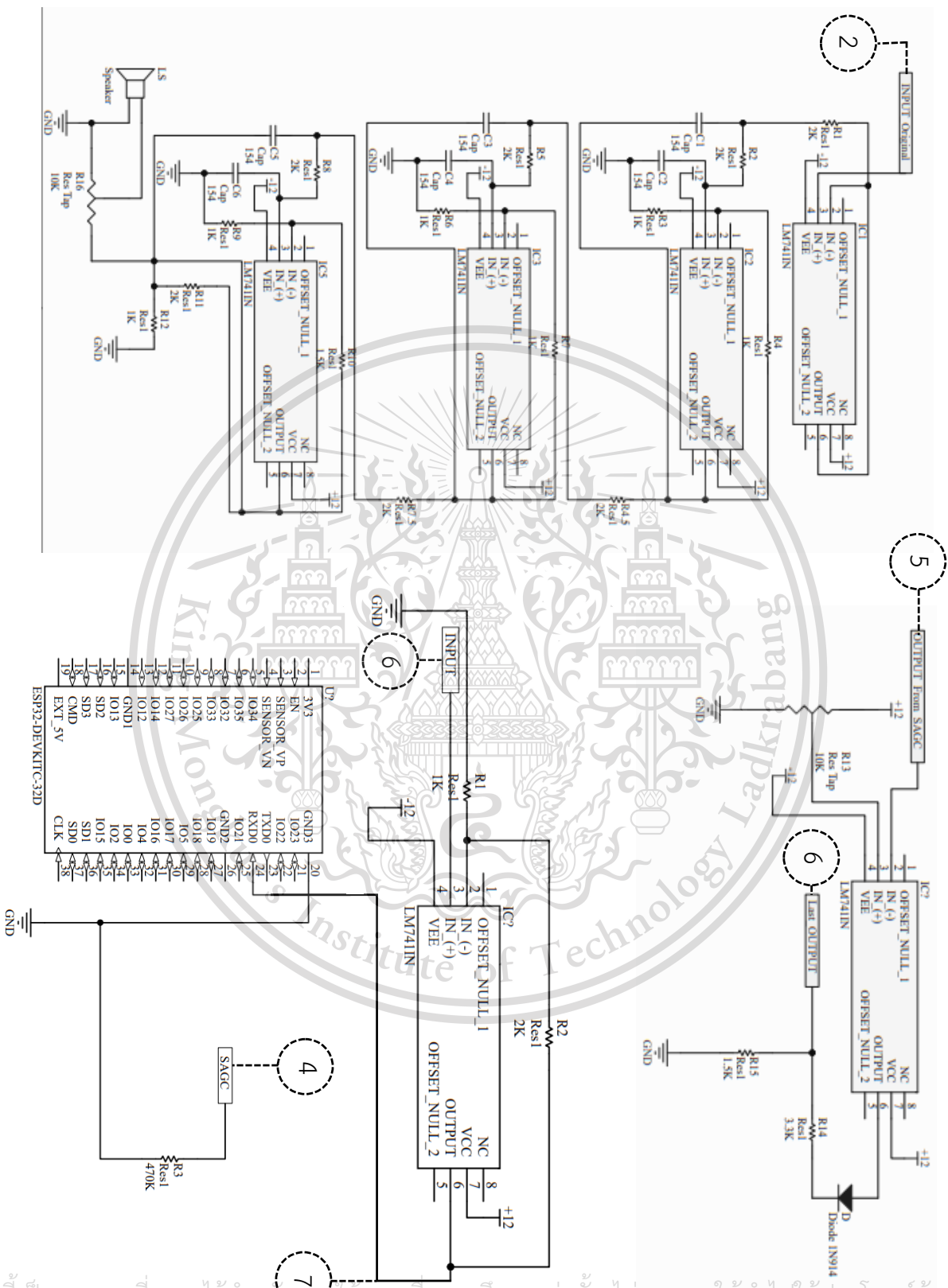
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Title		Revision	
Date	4/13/2021	Sheet	1 of 1
Size	A4	Drawn by	...
Number		Checked by	...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทางสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้แปลงหรือทำซ้ำของเอกสารฉบับนี้โดยไม่แจ้งชื่อสถาบันที่ทำการนำไปใช้
 This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ข

การเขียนโปรแกรมของวงจรฝังส่งสัญญาณ (Tx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

#include <HardwareSerial.h>

HardwareSerial sr(0);
HardwareSerial ss(2);

int graus = 0;
int contador = 0;
int count1 = 0;
int check = 0;
float no_lat = 0.0;
float no_lon = 0.0;
char valorbyte[8];
char incomingByte , incomingByte_G , incomingByte_P, incomingByte_R,
incomingByte_M, incomingByte_C, incomingByte_Comma, incomingByte_V,
incomingByte_data, incomingByte_Comma1, incomingByte_Comma2,
incomingByte_Comma3, incomingByte_Comma4, incomingByte_Comma5,
incomingByte_Comma6, incomingByte_Comma7, incomingByte_Comma8,
incomingByte_data3; // for incoming serial data
char xx, xx1, xx2, xx3, xx4, xx5, xx6, xx7;
String velocity, degree, velocity1, degree1, lat_data, lon_data, lat_data1, lon_data1,
tid1, tid2, lat_data2, lon_data2;
double latitude_data = 11.0, longitude_data = 11.0, velocity_data = 11.0,
degree_data = 11.0, latitude_data1 = 11.0, longitude_data1 = 11.0, latitude_data2 =
11.0, longitude_data2 = 11.0;
void printFloat(double f, int digits = 2);
unsigned long stopp = 0;
byte valor = 0;
int countloop = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 void setup()
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

{
  Serial.begin(300);
  ss.begin(9600,SERIAL_8N1,16,17);
  sr.begin(300,SERIAL_8N1,3,1);
  pinMode(5,OUTPUT);
}

void loop() {
  getDATA();
  String latitudestring = String(latitude_data,6);
  String longitudestring = String(longitude_data,6);

  String mylatString;
  String mylonString;
  mylatString = latitudestring;
  mylonString = longitudestring;
  int nlat = mylatString.length();
  int nlon = mylonString.length();

  digitalWrite(5,LOW);
  delay(10000);
  sr.print(mylatString + longitudestring);
  digitalWrite(5,HIGH);
  delay(750);

}

```

```
void getDATA()
```

```
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
do {
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

check = 0;
if (ss.available() > 0) {
    incomingByte = ss.read();
    delay(1);
}
if (incomingByte == '$') {
    delay(1);
    incomingByte_G = ss.read();
    if (incomingByte_G == 'G') {
        delay(1);
        incomingByte_P = ss.read();
        if (incomingByte_P == 'P') {
            delay(1);
            incomingByte_R = ss.read();
            if (incomingByte_R == 'R') {
                delay(1);
                incomingByte_M = ss.read();
                if (incomingByte_M == 'M') {
                    delay(1);
                    incomingByte_C = ss.read();
                    if (incomingByte_C == 'C') {
                        delay(1);
                        incomingByte_Comma1 = ss.read();
                        if (incomingByte_Comma1 == ',') {
                            delay(1);
                            count1 = 0;
                            while (count1 < 2) {
                                incomingByte_Comma2 = ss.read();
                                delay(1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

if (incomingByte_Comma2 == ',') {
    count1++;
}
}

do {
    delay(1);
    xx = ss.read();
    lat_data += xx;
}

while (xx != ',');
unsigned int lattitude_length = lat_data.length();
lat_data1 = lat_data.substring(0, 3);
lat_data2 = lat_data.substring(3, lattitude_length - 1);
lat_data = ',';
latitude_data1 = lat_data1.toFloat();
latitude_data2 = lat_data2.toFloat();
latitude_data = latitude_data1 + (latitude_data2 / 60);
do {
    xx3 = ss.read();
    tid1 += xx3;
}

while (xx3 != ',');
tid1 = ',';

do {
    xx4 = ss.read();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

lon_data += xx4;
}

while (xx4 != ',');
unsigned int longitude_length = lon_data.length();
lon_data1 = lon_data.substring(0, 4);
lon_data2 = lon_data.substring(4, longitude_length - 1);
lon_data = '';
longitude_data1 = lon_data1.toFloat();
longitude_data2 = lon_data2.toFloat();
longitude_data = longitude_data1 + (longitude_data2 / 60);

do {
xx5 = ss.read();
tid2 += xx5;
}

while (xx5 != ',');
tid2 = '';

do {
xx6 = ss.read();
velocity += xx6;
}

while (xx6 != ',');
unsigned int velocity_length = velocity.length();
velocity1 = velocity.substring(0, velocity_length - 1);
velocity = '';
velocity_data = velocity1.toFloat() * 1.852; // 1 knot = 1.852 km/hr

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.


```

}

double rounding = 0.5;
for (uint8_t i = 0; i < digits; ++i)
    rounding /= 10.0;
number += rounding;
unsigned long int_part = (unsigned long)number;
double remainder = number - (double)int_part;
Serial.print(int_part);
if (digits > 0)
    Serial.print(".");

while (digits-- > 0)
{
    remainder *= 10.0;
    int toPrint = int(remainder);
    Serial.print(toPrint);
    remainder -= toPrint;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ค

การเขียนโปรแกรมการถอดรหัสข้อมูลจากโปรโตคอล GPRMC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

#include <HardwareSerial.h>

HardwareSerial ss(2);

int graus = 0;
int contador = 0;
int count1 = 0;
int check = 0;
float no_lat = 0.0;
float no_lon = 0.0;
char valorbyte[8];
char incomingByte , incomingByte_G , incomingByte_P, incomingByte_R,
incomingByte_M, incomingByte_C, incomingByte_Comma, incomingByte_V,
incomingByte_data, incomingByte_Comma1, incomingByte_Comma2,
incomingByte_Comma3, incomingByte_Comma4, incomingByte_Comma5,
incomingByte_Comma6, incomingByte_Comma7, incomingByte_Comma8,
incomingByte_data3; // for incoming serial data
char xx, xx1, xx2, xx3, xx4, xx5, xx6, xx7;
String velocity, degree, velocity1, degree1, lat_data, lon_data, lat_data1, lon_data1,
tid1, tid2, lat_data2, lon_data2;
double latitude_data = 11.0, longitude_data = 11.0, velocity_data = 11.0,
degree_data = 11.0, latitude_data1 = 11.0, longitude_data1 = 11.0, latitude_data2 =
11.0, longitude_data2 = 11.0;
void printFloat(double f, int digits = 2);
byte valor = 0;

void setup()
{
  ss.begin(9600,SERIAL_8N1,16,17);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

void loop() {
  getDATA();
  String latitudestring = String(latitude_data,6);
  String longitudestring = String(longitude_data,6);

  String mylatString;
  String mylonString;
  mylatString = latitudestring;
  mylonString = longitudestring;
  int nlat = mylatString.length();
}

void getDATA()
{
  do {
    check = 0;
    if (ss.available() > 0) {
      incomingByte = ss.read();
      delay(1);
    }
    if (incomingByte == '$') {
      delay(1);
      incomingByte_G = ss.read();
      if (incomingByte_G == 'G') {
        delay(1);
        incomingByte_P = ss.read();
        if (incomingByte_P == 'P') {
          delay(1);
          incomingByte_R = ss.read();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

if (incomingByte_R == 'R') {
    delay(1);
    incomingByte_M = ss.read();
    if (incomingByte_M == 'M') {
        delay(1);
        incomingByte_C = ss.read();
        if (incomingByte_C == 'C') {
            delay(1);
            incomingByte_Comma1 = ss.read();
            if (incomingByte_Comma1 == ',') {
                delay(1);
                count1 = 0;
                while (count1 < 2) {
                    incomingByte_Comma2 = ss.read();
                    delay(1);
                    if (incomingByte_Comma2 == '!') {
                        count1++;
                    }
                }
            }

            do {
                delay(1);
                xx = ss.read();
                lat_data += xx;
            }

            while (xx != '!');

            unsigned int latitude_length = lat_data.length();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

lat_data2 = lat_data.substring(3, latitude_length - 1);
lat_data = ' ';
latitude_data1 = lat_data1.toFloat();
latitude_data2 = lat_data2.toFloat();
latitude_data = latitude_data1 + (latitude_data2 / 60);
do {
    xx3 = ss.read();
    tid1 += xx3;
}

while (xx3 != ',');
tid1 = ' ';
do {
    xx4 = ss.read();
    lon_data += xx4;
}

while (xx4 != ',');
unsigned int longitude_length = lon_data.length();
lon_data1 = lon_data.substring(0, 4);
lon_data2 = lon_data.substring(4, longitude_length - 1);
lon_data = ' ';
longitude_data1 = lon_data1.toFloat();
longitude_data2 = lon_data2.toFloat();
longitude_data = longitude_data1 + (longitude_data2 / 60);
do {
    xx5 = ss.read();
    tid2 += xx5;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.


```

}
while (check = 1);
}

void printFloat(double number, int digits)
{
    if (number < 0.0)
    {
        Serial.print('-');
        number = -number;
    }
    double rounding = 0.5;
    for (uint8_t i = 0; i < digits; ++i)
        rounding /= 10.0;
    number += rounding;
    unsigned long int_part = (unsigned long)number;
    double remainder = number - (double)int_part;
    Serial.print(int_part);
    if (digits > 0)
        Serial.print(".");

    while (digits-- > 0)
    {
        remainder *= 10.0;
        int toPrint = int(remainder);
        Serial.print(toPrint);
        remainder -= toPrint;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
#include <HardwareSerial.h>

HardwareSerial sr(0);

void setup()
{
  Serial.begin(300);
  sr.begin(300,SERIAL_8N1,3,1);
}

void loop() {
  sr.print("1");
  sr.print("3");
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
#include <HardwareSerial.h>

HardwareSerial sr(0);
void setup()
{
  Serial.begin(300);
  sr.begin(300,SERIAL_8N1,3,1);
}
void loop() {
  String latitudestring = "13.727612";
  String longitudestring = "100.776193";

  String mylatString;
  String mylonString;
  mylatString = latitudestring;
  mylonString = longitudestring;

  digitalWrite(5,LOW);
  delay(1000);
  sr.print(mylatString + longitudestring);
  digitalWrite(5,HIGH);
  delay(750);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ฉ

การเขียนโปรแกรมการส่งข้อมูลจาก ESP32 ไปยังฐานข้อมูล Firebase
แบบกำหนดค่าที่ฝั่งรับสัญญาณ (Rx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

#include <WiFi.h>
#include <IOXhop_FirebaseESP32.h>
#include <hardwareSerial.h>
#define FIREBASE_HOST "https://walkie-talkie-ee9d3-default-rtdb.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "06O3NgCLFe6mkHCFgG4lnqrNA5HmkfxoF0CqpaW4"
#define WIFI_SSID "Mi 10T"
#define WIFI_PASSWORD "123456789"
int interval = 10000;
unsigned long previousMillis = 0;
HardwareSerial ss(2);
HardwareSerial sr(0);
int count = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  ss.begin(300, SERIAL_8N1, 17, 16); //TX2 = pin17 , RX2 = pin16
  sr.begin(300, SERIAL_8N1, 3, 1); //TX0 = pin1 , RX0 = pin3
  // connect to wifi.
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("connecting");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
  Serial.println();
  Serial.print("connected: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

}

void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();
  String c = "13.727612100.776193";
  String clat;
  String clong;
  int nlat = c.length();
  clat = c.substring(0, 9);
  clong = c.substring(9, 19);
  Serial.println("Word is:" + c);
  Serial.print("Extract lat:" + clat + "      Extract long:" + clong);
  StaticJsonBuffer<300> jsonBuffer;
  JsonObject& root = jsonBuffer.createObject();

  root["Latitude"] = clat;
  root["Longitude"] = clong;
  String name = Firebase.push("Data", root);
  Serial.print(name);
  if (Firebase.failed()) {
    Serial.print("setting /message failed:");
    Serial.println(Firebase.error());
    return;
  }
  Serial.println("pushed: /Data/");
  delay(10);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ช

การเขียนโปรแกรมการส่งข้อมูลจาก ESP32 ไปยังฐานข้อมูล Firebase แบบรับค่า
จากฝั่งส่งสัญญาณ (Tx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

#include <WiFi.h>
#include <IOXhop_FirebaseESP32.h>
#include <hardwareSerial.h>
#define FIREBASE_HOST "https://walkie-talkie-ee9d3-default-rtdb.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "06O3NgCLFe6mkHCFgG4lnqrNA5HmkfxoF0CqpaW4"
#define WIFI_SSID "Mi 10T"
#define WIFI_PASSWORD "123456789"
int interval = 10000;
unsigned long previousMillis = 0;
HardwareSerial ss(2);
HardwareSerial sr(0);
int count = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  ss.begin(300, SERIAL_8N1, 17, 16); //TX2 = pin17 , RX2 = pin16
  sr.begin(300, SERIAL_8N1, 3, 1); //TX0 = pin1 , RX0 = pin3
  // connect to wifi.
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("connecting");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
  Serial.println();
  Serial.print("connected: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

}

void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();
  while (sr.available()) {
    String c = readString();
    String clat;
    String clong;
    int nlat = c.length();
    clat = c.substring(0, 9);
    clong = c.substring(9, 19);
    Serial.println("Word is:" + c);
    Serial.print("Extract lat:" + clat + "    Extract long:" + clong);
    StaticJsonBuffer<300> jsonBuffer;
    JsonObject& root = jsonBuffer.createObject();

    root["Latitude"] = clat;
    root["Longitude"] = clong;
    String name = Firebase.push("Data", root);
    Serial.print(name);
    if (Firebase.failed()) {
      Serial.print("setting /message failed:");
      Serial.println(Firebase.error());
      return;
    }
  }
  Serial.println("pushed: /Data/");
  delay(10);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไฟล์ Firebase.html

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en" dir="ltr">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>Test-MAP</title>
    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vue@2/dist/vue.js"></script>
    <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0-
beta2/dist/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet" integrity="sha384-
BmbxuPwQa2lc/FVzBcNJ7UAyJxM6wuuqJl61tLrc4wSX0szH/Ev+nYRRuWlolflfl"
crossorigin="anonymous">
    <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.css"
integrity="sha512-
xodZBNTC5n17Xt2atTPuE1HxjVMSvLVW9ocqUKLsCC5CXdbqCmblAshOMAS6/keqq/s
MZMZ19scR4PsZChSR7A=="
crossorigin=""/>
    <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.js"
integrity="sha512-
XQoYMqMTK8LvdxXYG3nZ448hOEQiglfqkJs1NOQV44cWnUrBc8PkAOcXy20w0vlaXaV
UearIOBhiXZ5V3ynxwA=="
crossorigin=""></script>
    <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.5.1.slim.min.js" integrity="sha384-
DfXdz2htPH0lsSSs5nCTpuj/zy4C+OGpamoFVy38MVBnE+IbbVYUew+OrCXaRkfj"
crossorigin="anonymous"></script>
    <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/popper.js@1.16.0/dist/umd/popper.min.js"
integrity="sha384-
Q6E9RHvblyZFJoft+2mJbHaEwldlv19IOYy5n3zV9zzTtml3UksdQRVvoxMfooAo"
crossorigin="anonymous"></script>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

<script
src="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.0/js/bootstrap.min.js"
integrity="sha384-
OgVRvuATP1z7JjHLkuOU7Xw704+h835Lr+6QL9UvYjZE3lpu6Tp75j7Bh/kR0JKI"
crossorigin="anonymous"></script>
<script src="https://www.gstatic.com/firebasejs/8.3.1/firebase.js"></script>
<script src="https://www.gstatic.com/firebasejs/8.3.1/firebase-
firestore.js"></script>
<script>
var firebaseConfig = {
  apiKey: "AlzaSyAB8mp7oEi06Kk6SWwku3fO_1dhjf4_Qzs",
  authDomain: "walkie-talkie-ee9d3.firebaseio.com",
  databaseURL: "https://walkie-talkie-ee9d3-default-rtdb.firebaseio.com",
  projectId: "walkie-talkie-ee9d3",
  storageBucket: "walkie-talkie-ee9d3.appspot.com",
  messagingSenderId: "778419609747",
  appId: "1:778419609747:web:d2f8a12fcf442174ac2d66",
  measurementId: "G-G8FKGZWJVK"
};
firebase.initializeApp(firebaseConfig);
firebase.analytics();
</script>
</head>
<body>
<div class="container col-md-6" id="comment">
<h2>TEST MAP</h2>
<div class="card" v-for="Data in messages">
<div class="card-body">Latitude :
<h5 class="card-title" v-if="Data!=editText">{{Data.Latitude}}</h5>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Longitude :

```
<h5 class="card-title" v-if="Data!=editText">{{Data.Longitude}}</h5>
```

Key :

```
<p class="card-text text-muted">{{Data.id}}</p>
```

```
<div v-if="Data!=editText">
```

```
<a href="#" class="card-link" @click.prevent="deleteMessage(Data)">
```

```
ลบ</a>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
</div>
```

```
<hr>
```

```
<form v-if="!editText" class="form-group" @submit.prevent="storeMessage">
```

```
<label for="">Latitude :</label>
```

```
<div>
```

```
<input type="text" class="form-control" v-model="latitudeText">
```

```
</div>
```

```
<label for="">Longitude :</label>
```

```
<div>
```

```
<input type="text" class="form-control" v-model="longitudeText">
```

```
</div>
```

```
<br>
```

```
<button type="submit" class="btn btn-primary">Submit</button>
```

```
</form>
```

```
</div>
```

```
<div id="ismap"></div>
```

```
<script src="app2.js" charset="utf-8"></script>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไฟล์ app2.js

```

const database = firebase.database();
const messageRef = database.ref("Data");
new Vue({
  el:"#comment",
  data:{
    latitudeText:"",
    messages:[],
    longitudeText:"",
    editText:null
  },
  methods:{
    storeMessage:function(){
      messageRef.push({Latitude:this.latitudeText,Longitude:this.longitudeText})
      // console.log({Latitude:this.latitudeText,Longitude:this.longitudeText});
    },
    deleteMessage:function(Data){
      messageRef.child(Data.id).remove()
    },
  },
  created(){
    messageRef.on('child_added',snapshot=>{
      this.messages.push({...snapshot.val(),id:snapshot.key})
      var latlongsnap = {...snapshot.val()};
      map.setView([latlongsnap.Latitude,latlongsnap.Longitude], 16);
      L.marker([latlongsnap.Latitude,latlongsnap.Longitude]).addTo(map);
      var messageslength = this.messages.length;
      console.log(messageslength);
      console.log(latlongsnap);
    });
  }
});

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

    if(this.messages.length == 3){
        setTimeout(function(){
            $("#ismap > div.leaflet-pane.leaflet-map-pane > div.leaflet-
            pane.leaflet-shadow-pane").remove();
            $("#ismap > div.leaflet-pane.leaflet-map-pane > div.leaflet-
            pane.leaflet-marker-pane > img").remove();
            messageRef.remove();
        },10000); }
    })
    messageRef.on('child_removed',snapshot=>{
        const deleteText=this.messages.find(Data=>Data.id == snapshot.key)
        const index=this.messages.indexOf(deleteText)
        this.messages.splice(index,1)
    })
}
})
var element = document.getElementById('ismap');
element.style = 'height:350px;';
var map = L.map(element);
L.tileLayer('http://{s}.tile.osm.org/{z}/{x}/{y}.png', {
    attribution: '&copy; <a href="http://osm.org/copyright">OpenStreetMap</a>
    contributors'
}).addTo(map);

const preObject = document.getElementById("Data");
let firstTime = true;
const dbRefObject = firebase.database().ref().child("Data");
dbRefObject.on('value', gotdata)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



การเขียนโปรแกรมในส่วนของ การเพิ่มหมายเลขวิทยุสื่อสารเข้าไปที่ฝังส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

#include <HardwareSerial.h>

HardwareSerial sr(0);
void setup()
{
  Serial.begin(300);
  sr.begin(300,SERIAL_8N1,3,1);
}
void loop() {
  String id = "01";
  String latitudestring = "13.727654";
  String longitudestring = "100.438794";

  String myid;
  String mylatString;
  String mylonString;

  myid = id;
  mylatString = latitudestring;
  mylonString = longitudestring;

  digitalWrite(5,LOW);
  delay(1000);
  sr.print(id);
  sr.print(mylatString + longitudestring);
  digitalWrite(5,HIGH);
  delay(750);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ญ

การเขียนโปรแกรมในส่วนของการรับสัญญาณที่มีหมายเลขวิทยุสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

#include <WiFi.h>
#include <IOXhop_FirebaseESP32.h>
#include <hardwareSerial.h>
#define FIREBASE_HOST "https://walkie-talkie-ee9d3-default-rtdb.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "06O3NgCLFe6mkHCFgG4lnqrNA5HmkfxoF0CqpaW4"
#define WIFI_SSID "Mi 10T"
#define WIFI_PASSWORD "123456789"
int interval = 10000;
unsigned long previousMillis = 0;
HardwareSerial ss(2);
HardwareSerial sr(0);
int count = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  ss.begin(300, SERIAL_8N1, 17, 16); //TX2 = pin17 , RX2 = pin16
  sr.begin(300, SERIAL_8N1, 3, 1); //TX0 = pin1 , RX0 = pin3
  // connect to wifi.
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("connecting");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
  Serial.println();
  Serial.print("connected: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

}
void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();
  String c = "0113.727654100.438794";
  String wkid;
  String clat;
  String clong;
  int nlat = c.length();
  wkid = c.substring(0,2);
  clat = c.substring(2, 11);
  clong = c.substring(11, 21);
  Serial.println("Word is:" + c);
  Serial.print("Extract ID:" + wkid + "   Extract lat:" + clat + "   Extract long:" +
  clong);
  StaticJsonBuffer<300> jsonBuffer;
  JsonObject& root = jsonBuffer.createObject();
  root["WKID"] = wkid;
  root["Latitude"] = clat;
  root["Longitude"] = clong;
  String name = Firebase.push("Data", root);
  Serial.print(name);
  if (Firebase.failed()) {
    Serial.print("setting /message failed:");
    Serial.println(Firebase.error());
    return;
  }
  Serial.println("pushed: /Data/");
  delay(10);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ก

การเขียนโปรแกรมในส่วนของเว็บไซต์ที่มีหมายเลขวิทยุสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไฟล์ Firebase.html

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en" dir="ltr">
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Test-MAP</title>
  <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vue@2/dist/vue.js"></script>
  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0-
beta2/dist/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet"
    integrity="sha384-
BmbxuPwQa2lc/FVzBcNJ7UAyJxM6wujj61tLrc4wSX0szH/Ev+nYRRuWlolflfl"
    crossorigin="anonymous">
  <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.css"
    integrity="sha512-
xodZBNTC5n17Xt2atTPuE1HxjVMSvLVW9ocqUKLsCC5CXdbqCmblAshOMAS6/keqq/s
MZMZ19scR4PsZChSR7A=="
    crossorigin="" />
  <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.js"
    integrity="sha512-
XQoYMqMTK8LvdxXYG3nZ448hOEOqiglfqjS1NOQV44cWnUrBc8PkAOcXy20w0vlaXaV
UearlOBhiXZ5V3ynxwA=="
    crossorigin=""></script>
  <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.5.1.slim.min.js"
    integrity="sha384-
DfXdz2htPH0lsSSs5nCTpuj/zy4C+OGpamoFVy38MVBnE+IbbVYUew+OrCXaRkfj"
    crossorigin="anonymous"></script>
  <script
    src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/popper.js@1.16.0/dist/umd/popper.min.js"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

    integrity="sha384-
Q6E9RHvblyZFJoft+2mJbHaEWldlvI9IOYy5n3zV9zzTtml3UksdQQRVvoxMfooAo"
    crossorigin="anonymous"></script>
<script
src="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.0/js/bootstrap.min.js"
    integrity="sha384-
OgVRvuATP1z7JjHLkuOU7Xw704+h835Lr+6QL9UvYjZE3Ipu6Tp75j7Bh/kR0JKI"
    crossorigin="anonymous"></script>
<script src="https://www.gstatic.com/firebasejs/8.3.1/firebase.js"></script>
<script src="https://www.gstatic.com/firebasejs/8.3.1/firebase-
firestore.js"></script>
<script>
    var firebaseConfig = {
      apiKey: "AlzaSyAB8mp7oEi06Kk6SWwku3fO_1dhjf4_Qzs",
      authDomain: "walkie-talkie-ee9d3.firebaseio.com",
      databaseURL: "https://walkie-talkie-ee9d3-default-rtdb.firebaseio.com",
      projectId: "walkie-talkie-ee9d3",
      storageBucket: "walkie-talkie-ee9d3.appspot.com",
      messagingSenderId: "778419609747",
      appId: "1:778419609747:web:d2f8a12fcf442174ac2d66",
      measurementId: "G-G8FKGZWJVK"
    };
    firebase.initializeApp(firebaseConfig);
    firebase.analytics();
</script>
</head>
<body>
    <div class="container col-md-6" id="comment">

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 <h2>Test Map</h2>
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

<div class="card" style="margin-bottom: 20px;" v-for="(Data,index) in
messages">
  <div class="card-body">
    ID : <h5 id = "wkid" class="card-title" v-
if="Data!=editText">{{Data.WKID}}</h5>
    Latitude : <h5 class="card-title" v-
if="Data!=editText">{{Data.Latitude}}</h5>
    Longitude : <h5 class="card-title" v-
if="Data!=editText">{{Data.Longitude}}</h5>
    Key : <p class="card-text text-muted">{{Data.id}}</p>
    <div v-if="Data!=editText">
      <a href="#" class="card-link" @click.prevent="deleteMessage(Data)">ลบ</a>
    </div>
    </div>
    <button class="btn btn-primary" v-on:click="setView(index)">Focus on ID
<span id="showid" class="card-title" v-if="Data!=editText"
>{{Data.WKID}}</span></button>
  </div>
  <hr>
  <div class="card">
    <button class="btn btn-primary" style="background-color: brown;border:
brown;" v-on:click="returnView">Unfocused</button>
  </div>
  <hr>
</div>
<div id="ismap"></div>
<script src="app2.js" charset="utf-8"></script>
</body>
</html>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไฟล์ app2.js

```

const database = firebase.database();
const messageRef = database.ref("Data");

var element = document.getElementById("ismap");
element.style = "height:350px;";
var map = L.map(element);
L.tileLayer("http://{s}.tile.osm.org/{z}/{x}/{y}.png", {
  attribution:
    '&copy; <a href="http://osm.org/copyright">OpenStreetMap</a> contributors',
}).addTo(map);

var app1 = new Vue({
  el: "#comment",
  data: {
    latitudeText: "",
    messages: [],
    longitudeText: "",
    wkidtext: "",
    editText: null,
  },
  methods: {
    storeMessage: function () {
      messageRef.push({
        WKID: this.wkidtext,
        Latitude: this.latitudeText,
        Longitude: this.longitudeText,
      });
    }
  }
});

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

deleteMessage: function (Data) {
  messageRef.child(Data.id).remove();
},
setView: function (index) {
  snaparray = [];
  var pincolor = [greenIcon, goldIcon, redIcon];
  messageRef.on("child_added", (snapshot) => {
    var latlongsnap = { ...snapshot.val() };
    snaparray.push(latlongsnap);
  });
  var arrayindex = snaparray[index];
  arraylat = arrayindex.Latitude;
  arraylong = arrayindex.Longitude;
  console.log(arraylat, arraylong);
  map.setView([arraylat, arraylong], 16);
  $(
    "#ismap > div.leaflet-pane.leaflet-map-pane > div.leaflet-pane.leaflet-shadow-
pane"
  ).hide();
  $(
    "#ismap > div.leaflet-pane.leaflet-map-pane > div.leaflet-pane.leaflet-marker-
pane > img"
  ).hide();
  L.marker([arraylat, arraylong], {icon:pincolor[index]}).addTo(map);
},
returnView: function () {
  $(
    "#ismap > div.leaflet-pane.leaflet-map-pane > div.leaflet-pane.leaflet-marker-
pane > img"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

        ).show();
    },
},

created() {
    messageRef.on("child_added", (snapshot) => {
        this.messages.push({ ...snapshot.val(), id: snapshot.key });
        var latlongsnap = { ...snapshot.val() };
        map.setView([latlongsnap.Latitude, latlongsnap.Longitude], 16);
        var pincolor = [greenIcon, goldIcon, redIcon];
        console.log(pincolor);
        if (this.messages.length == 1){
            L.marker([latlongsnap.Latitude, latlongsnap.Longitude],
{icon:pincolor[0]}).addTo(map);
        }
        else if (this.messages.length == 2){
            L.marker([latlongsnap.Latitude, latlongsnap.Longitude],
{icon:pincolor[1]}).addTo(map);
        }

        else if (this.messages.length == 3){
            L.marker([latlongsnap.Latitude, latlongsnap.Longitude],
{icon:pincolor[2]}).addTo(map);
        }

        var messageslength = this.messages.length;

        if (this.messages.length == 3) {
            setTimeout(function () {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 §
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

"#ismap > div.leaflet-pane.leaflet-map-pane > div.leaflet-pane.leaflet-
shadow-pane"
).remove();
$(
"#ismap > div.leaflet-pane.leaflet-map-pane > div.leaflet-pane.leaflet-
marker-pane > img"
).remove();
messageRef.remove();
},10000);
}
});
messageRef.on("child_removed", (snapshot) => {
const deleteText = this.messages.find((Data) => Data.id == snapshot.key);
const index = this.messages.indexOf(deleteText);
this.messages.splice(index, 1);
});
},
});

var greenIcon = new L.Icon({
  iconUrl: 'https://raw.githubusercontent.com/pointhi/leaflet-color-
markers/master/img/marker-icon-2x-green.png',
  iconSize: [25, 41],
  iconAnchor: [12, 41],
  popupAnchor: [1, -34],
  shadowSize: [41, 41]
});

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

    iconUrl: 'https://raw.githubusercontent.com/pointhi/leaflet-color-markers/master/img/marker-icon-2x-gold.png',
    iconSize: [25, 41],
    iconAnchor: [12, 41],
    popupAnchor: [1, -34],
    shadowSize: [41, 41]
  });

```

```

var redIcon = new L.Icon({
  iconUrl: 'https://raw.githubusercontent.com/pointhi/leaflet-color-markers/master/img/marker-icon-2x-red.png',
  iconSize: [25, 41],
  iconAnchor: [12, 41],
  popupAnchor: [1, -34],
  shadowSize: [41, 41]
});

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.