



เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำในลุ่มแม่น้ำ

โดย

สัญญา สมัยมาก

สนับสนุนงบประมาณโดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2561



The Measuring Velocity Meter
for Current in The River

By

Sanya Samaimak

Granted by

Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Fiscal year 2018

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง บรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดีนั้น ผู้จัดทำขอขอบคุณ คุณวร วุฒิ บุญทอง หัวหน้าฝ่ายมาตรฐานเครื่องมืออุทกวิทยา และเจ้าหน้าที่ฝ่ายมาตรฐานเครื่องมืออุทก วิทยา กรมชลประทานทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ เสนอแนะ และเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือตลอดจน สถานที่ในการทดสอบการทำงาน

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่ได้ให้การสนับสนุนการทำวิจัยนี้ ตั้งแต่เริ่มต้นจนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องงบประมาณในการทำวิจัย การสนับสนุนบุคลากรผู้ช่วยวิจัยและวัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย การให้ข้อเสนอแนะสำหรับการแก้ไขปัญหา ต่างๆ ที่ทางผู้จัดทำได้พบเจอ จนทำให้ผู้จัดทำได้คัดกรองงานวิจัยเล่มนี้ให้มีความเรียบร้อย สมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ช่วยเป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำได้มีกำลังใจในการ จัดทำและแสวงหาข้อมูลต่างๆ จนสามารถที่จะจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ขึ้นมาให้เรียบร้อยสมบูรณ์ ซึ่ง งานวิจัยนี้ทางผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะสามารถช่วยเผยแพร่เป็นวิทยาทานให้ความรู้กับนักศึกษา หรือบุคคลทั่วไปที่สนใจในงานวิจัยฉบับนี้ให้ได้รับความรู้ และแนวคิดที่สามารถนำไปใช้ในการเรียน หรือการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คณะผู้จัดทำ

มกราคม ๒๕๖๒



บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : A๘-๒๕๖๑

ชื่อโครงการ : เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำในลุ่มแม่น้ำ

ชื่อนักวิจัย : นายสัญญา สมัยมาก (หัวหน้าโครงการวิจัย)

นายเจษฎาพร สถานทรัพย์ (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

ในประเทศไทย กรมชลประทาน มีหน้าที่บริหารจัดการน้ำที่มีอยู่ มีเครื่องมือวัดหลายชนิดถูกนำมาใช้ในการอ่านข้อมูล เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลทางอุทกวิทยาที่จำเป็น ในส่วนของการวัดความเร็วของกระแส น้ำ เครื่องมือที่กรมชลประทานใช้ คือ เครื่องมือวัดความเร็วของกระแส น้ำ A-OTT C31 ร่วมกับ เครื่องบอกสัญญาณเสียงและตัวเลข แบบ Z 41-00 โดยเริ่มใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 จนถึงปัจจุบันปี พ.ศ. 2561 มีอายุการใช้งานมากถึง 30 ปีแล้ว

การออกแบบเครื่องวัดความเร็วของกระแส น้ำในลุ่มแม่น้ำ โดยใช้ Arduino ได้ถูกนำเสนอ ภายในงานวิจัยชิ้นนี้ เครื่องถูกออกแบบมาเพื่อนำมาใช้แทนเครื่องบอกสัญญาณเสียงและตัวเลข แบบ Z 41-00 ที่เสียหาย

คำสำคัญ : กรมชลประทาน, อุทกวิทยา, เครื่องวัดความเร็วกระแส น้ำ

E-mail Address : sanya.sam@rmutr.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : ตุลาคม ๒๕๖๐ – มกราคม ๒๕๖๒

Abstract

Code of project : A8-2018

Project name : The Measuring Velocity Meter for Current in The River

Researcher name : Mr.Sanya Samaimak (Head-Project)
Mr.Jetsadaporn Satansup (Co-Project)

In Thailand, The Royal Irrigation Department is responsible for managing water availability. There are many instruments are used to read the data to obtain the needed hydrological data. The instruments that it has applied to measure the velocity of the tide are the flow velocity meters A-OTT C31 that compatible with the audio and numerical displayer Z 41-00. They have been used for 30 years, (1988 - 2018).

the design of a flow velocity meter for tides in the river using Arduino was presented in this research. It was designed to use as a substitute for the audio and numerical displayer Z 41-00 that were broken.

Keywords: The Royal Irrigation Department, Hydrology, Flow Velocity Meter

E-mail Address : sanya.sam@rmutr.ac.th

Period of project : October 2017 – January 2019

สารบัญ

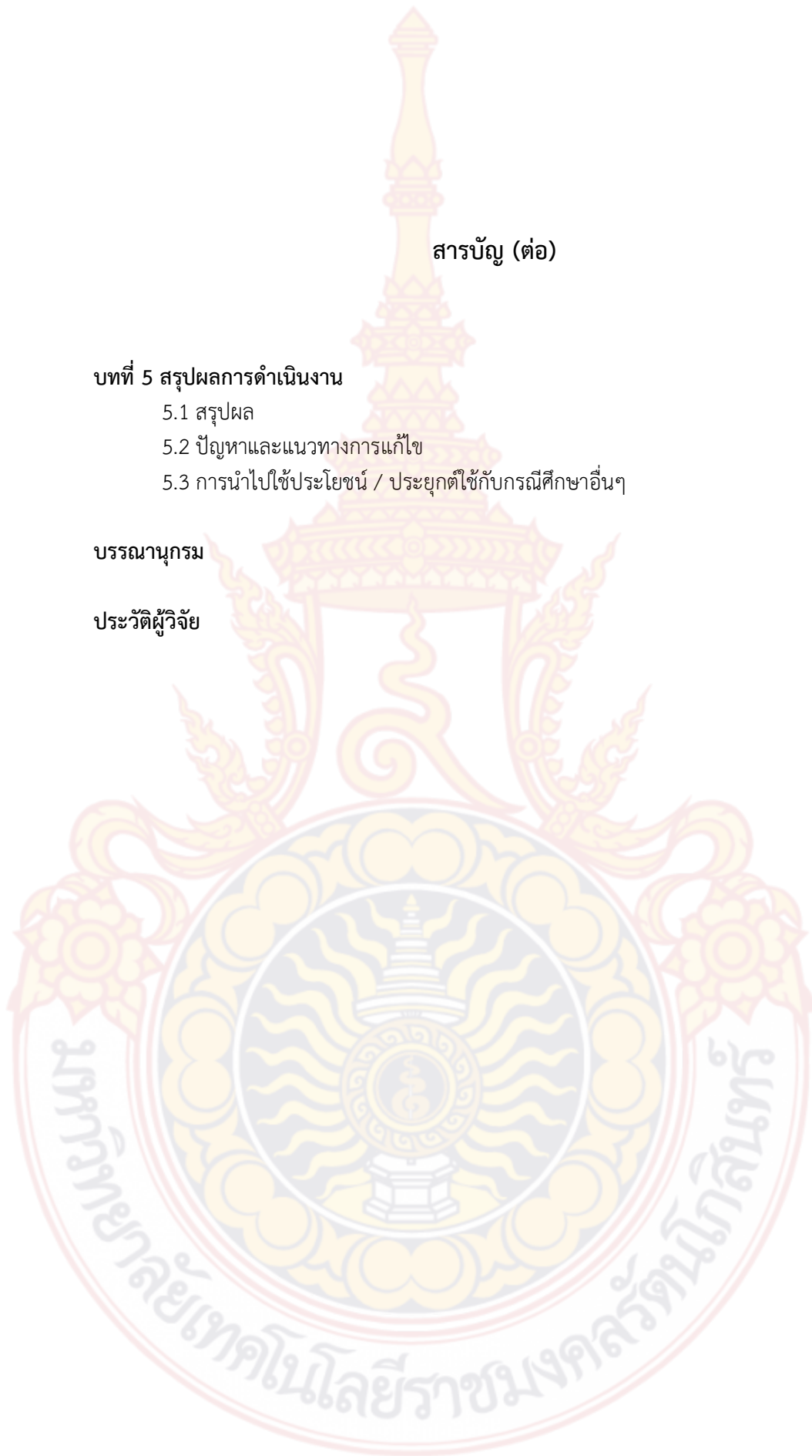
	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	2
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	3
1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 การบริหารจัดการน้ำ	5
2.2 หลักการพื้นฐานของกลศาสตร์ของของไหล ชลศาสตร์ การไหลในทางน้ำเปิด	5
2.2.1 ความเร็วการไหล	5
2.2.2 ความเร่งการไหล	6
2.2.3 อัตราการไหล	6
2.2.4 รูปแบบของการไหลในทางน้ำเปิด	6
2.3 การวัดอัตราการไหลของน้ำในทางน้ำเปิด	7
2.3.1 การวัดระดับน้ำ	7
2.3.2 การวัดความเร็วเฉลี่ยการไหล	8
2.3.3 การตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยในพื้นที่หน้าตัดย่อยในแนวตั้ง	9
2.3.4 การตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยเต็มทั้งหน้าตัดการไหล	9
2.3.5 การพิจารณาเลือกวิธีการตรวจวัดที่เหมาะสม	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 การวัดกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าเชิงกล	10
2.4.1 เครื่องมือวัดที่มีการหมุนรอบแกนตั้ง	11
2.4.2 เครื่องมือวัดที่มีการหมุนรอบแกนนอน	12
2.4.3 เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบเพนดูลัม	13
2.5 การสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดปริมาณน้ำ	14
2.6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมโมดูลสื่อสารเครือข่ายไร้สาย ESPino	14
บทที่ 3 การออกแบบงานวิจัย	16
3.1 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า A-OTT C31	16
3.1.1 การทำงานของมิเตอร์ A-OTT C31	17
3.1.2 ย่านการวัด	18
3.1.3 การประยุกต์ใช้งาน	18
3.2 การออกแบบและการสร้างต้นแบบ	22
3.2.1 บล็อกไดอะแกรม	22
3.2.2 วงจร	27
3.2.3 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน	28
บทที่ 4 การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	29
4.1 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 5 เฮิรตซ์	30
4.2 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 10 เฮิรตซ์	31
4.3 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 20 เฮิรตซ์	32
4.4 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์	33
4.5 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 100 เฮิรตซ์	34
4.6 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 200 เฮิรตซ์	35
4.7 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์	36
4.8 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์	37
4.9 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์	38
4.10 ทดลองนำต้นแบบไปใช้งานจริง	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	40
5.1 สรุปผล	40
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	40
5.3 การนำไปใช้ประโยชน์ / ประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาอื่นๆ	40
บรรณานุกรม	41
ประวัติผู้วิจัย	42



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1-1 แผนการดำเนินงานวิจัย	3
3-1 ย่านการวัดของมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าขนาดต่างๆ	18



สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1-1 เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบใบพัด A-OTT C31 [1]	1
2-1 ตัวอย่างการกระจายความเร็วการไหลตามความลึก[1]	8
2-2 Cup type current meters แบบมาตรฐาน Price AA type [2]	11
2-3 Price type 622AA ติดตั้งครีบบางช่วยบังคับทิศทาง [3]	12
2-4 เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบใบพัด OTT C31 Current meter [4]	13
2-5 เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบเพนดูลัม แบบ KLM [1]	13
2-6 ขาสำหรับการใช้งานของ ESPino [5]	15
3-1 มิเตอร์สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าเอนกประสงค์ A-OTT C31	16
3-2 การใช้มิเตอร์ A-OTT วัดกระแสไฟฟ้า [4]	17
3-3 มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ติดตั้งบนแท่งโลหะขนาด 20 มม. [4]	19
3-4 มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ติดตั้งบนแท่งโลหะขนาด 20 มม. และอุปกรณ์ที่เปลี่ยนตำแหน่ง [4]	19
3-5 การใช้งานมิเตอร์วัดกระแสในลำธารขนาดเล็ก [4]	20
3-6 มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่แขวนบนสายเคเบิลโดยแขน (Jib) รับน้ำหนักได้ 25 กิโลกรัม [4]	20
3-7 มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่แขวนบนสายเคเบิลโดยแขน (Jib) รับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม [4]	21
3-8 การใช้งานมิเตอร์วัดกระแสในตำแหน่งที่ระดับน้ำมีความลึก	21
3-9 บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram)	22
3-10 ฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์ (Function Generator)	22
3-11 ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)	23
3-12 ซิกแนลคอนดิชัน (Signal Condition)	24
3-13 จอแสดงผลแบบแอลซีดีขนาด 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร (2 x 16 Char LCD)	24
3-14 บอร์ดอีเอสพีนโน (ESPino)	25
3-15 สวิตช์ (Switch)	26
3-16 ซีรี่สมอนิเตอร์ (Serial Monitor)	26
3-17 วงจร (Circuit)	27
3-18 แผนผังลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Flowchart)	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-1 การเตรียมการทดลอง	29
4-2 การเตรียมการทดลอง	29
4-3 ทดลองที่ความถี่ 5 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน	30
4-4 ทดลองที่ความถี่ 5 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที	30
4-5 ทดลองที่ความถี่ 10 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน	31
4-6 ทดลองที่ความถี่ 10 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที	31
4-7 ทดลองที่ความถี่ 20 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน	32
4-8 ทดลองที่ความถี่ 20 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที	32
4-9 ทดลองที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน	33
4-10 ทดลองที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที	33
4-11 ทดลองที่ความถี่ 100 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน	34
4-12 ทดลองที่ความถี่ 100 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที	34
4-13 ทดลองที่ความถี่ 200 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน	35
4-14 ทดลองที่ความถี่ 200 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที	35
4-15 ทดลองที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน	36
4-16 ทดลองที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที	36
4-17 ทดลองที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน	37
4-18 ทดลองที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที	37
4-19 ทดลองที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน	38
4-20 ทดลองที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที	38
4-21 ลงพื้นที่เพื่อส่งมอบเครื่องต้นแบบให้ทดสอบใช้งาน	39
4-22 ลงพื้นที่เพื่อส่งมอบเครื่องต้นแบบให้ทดสอบใช้งาน	39

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

กรมชลประทาน ซึ่งมีหน้าที่ดูแลบริหารจัดการน้ำที่มีอยู่ในประเทศไทย เพื่อสำรวจข้อมูลทางอุทกวิทยาตามลุ่มน้ำต่างๆ ทั่วประเทศ และควบคุมไม่ให้เกิดอุทกภัย เช่น น้ำท่วม น้ำแล้ง โดยเครื่องมือที่กรมชลประทานนิยมใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำในปัจจุบันคือ เครื่องมือวัดกระแสน้ำแบบใบพัด A-OTT C31 เริ่มซื้อมาใช้งานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 ซึ่งปัจจุบันมีอายุการใช้งานมากถึง 28 ปี โดยราคาเครื่อง A-OTT C31 แต่ละเครื่องมีราคาประมาณ 600,000 บาท และมีการซื้อมาเพื่อติดตั้งประจำการอยู่มากกว่า 60 เครื่อง ทั่วประเทศ รูปที่ 1-1 แสดงเครื่องมือวัดกระแสน้ำแบบใบพัด A-OTT C31



รูปที่ 1-1 เครื่องมือวัดกระแสน้ำแบบใบพัด A-OTT C31 [1]

จากการใช้งาน เครื่อง A-OTT C31 จนกระทั่งถึงปัจจุบัน เครื่องได้เกิดการชำรุดและเสียหายมากกว่า 20 เครื่อง โดยอุปกรณ์ที่ชำรุดส่วนมากจะเป็นเครื่องบอกสัญญาณเสียงและแสดงตัวเลขแบบ Z 41-00 ที่ใช้เชื่อมต่อกับเครื่อง A-OTT C31 เพื่ออ่านค่าความเร็วของกระแสน้ำ และผู้ผลิตได้เลิกผลิตเครื่องบอกสัญญาณเสียงและแสดงตัวเลข แบบ Z 41-00 จึงทำให้ไม่สามารถหาซื้ออุปกรณ์ชนิดนี้มาซ่อมบำรุงเครื่อง A-OTT C31 ได้ และเครื่องรุ่นใหม่ที่สามารถนำมาใช้งานแทนเครื่อง A-OTT C31 จะมีราคาสูงถึง 1,000,000 บาท/เครื่อง

จากสิ่งที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นสาเหตุให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์อ่านความเร็วของกระแสไฟฟ้า เพื่อนำมาเชื่อมต่อกับเครื่อง A-OTT C31 ทดแทนเครื่องบอกสัญญาณเสียงและแสดงตัวเลข แบบ Z 41-0 00 เดิมที่ไม่สามารถหาซื้อมาเพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงได้ และยังเป็นการประหยัดงบประมาณแผ่นดิน ในการจัดซื้อเครื่องรุ่นใหม่มาใช้งานทดแทนอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อสามารถนำเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบใบพัด A-OTT C31 ที่ชำรุดกลับมาใช้งานได้
- 1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ในการอ่านค่าความเร็วของกระแสไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับเครื่อง A-OTT C31 ได้
- 1.2.3 เพื่อลดความยุ่งยากในการปฏิบัติงานภาคสนาม
- 1.2.4 เพื่อประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้ารุ่นใหม่มาทดแทน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้จะเน้นการออกแบบและสร้างอุปกรณ์อ่านความเร็วของกระแสไฟฟ้า เพื่อนำมาเชื่อมต่อกับเครื่อง A-OTT C31 ทดแทนเครื่องบอกสัญญาณเสียงและแสดงตัวเลข แบบ Z 41-00 เดิมที่ไม่สามารถหาซื้อมาเพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงได้แล้ว โดยอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างเสร็จแล้วนั้นจะสามารถประกอบติดตั้งทดแทนของเดิมได้โดยง่าย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 1.4.1) ประโยชน์ในทางการศึกษาและงานวิจัย
 1. เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่ฝ่ายมาตรฐานเครื่องมืออุทกวิทยา กรมชลประทาน
 2. นำความรู้ในสายงานวิศวกรรมไปประยุกต์เพื่อใช้แก้ไขปัญหาให้กับหน่วยงานทางด้านอุทกวิทยาได้
 3. ได้ศึกษาแนวคิดและโครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบภายในของอุปกรณ์การวัดความเร็วของกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะทำความเข้าใจถึงข้อดี-ข้อเสียของอุปกรณ์ และสามารถนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปพัฒนาเพื่อต่อยอดให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้
- 1.4.2) ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม
 1. ลดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือวัดความเร็วของกระแสไฟฟ้ารุ่นใหม่ได้
 2. สามารถนำเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้ารุ่นเก่าที่มีอยู่มาซ่อมบำรุงให้สามารถกลับมาใช้งานได้
 3. อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมีความยืดหยุ่น ซึ่งทำให้สามารถลดความยุ่งยากในการปฏิบัติงานภาคสนามให้แก่เจ้าหน้าที่ของกรมชลประทานได้

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1.5.1. ศึกษาโครงสร้าง การทำงาน และพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบใบพัด A-OTT C31

1.5.2. ทำการทดลองจับสัญญาณที่ออกมาจากเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบใบพัด A-OTT C31

1.5.3. ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.5.4. ออกแบบและสั่งทำแผ่นวงจรพิมพ์

1.5.5. จัดหาอุปกรณ์ต่างๆ

1.5.6. ประกอบ ทดสอบ และแก้ไขปรับปรุง

1.5.7. เขียนโปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

1.5.8. นำเครื่องที่ได้ไปทดสอบการใช้งาน

1.5.9. ปรับปรุงแก้ไข และรับความคิดเห็นจากเจ้าหน้าที่ พร้อมทั้งเก็บผลและวิเคราะห์ปัญหา

1.5.10. จัดทำรูปเล่ม

1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย (ให้ระบุขั้นตอนอย่างละเอียด)

กำหนดระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี เริ่มตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2561 ซึ่งมีแผนการดำเนินงานตลอดโครงการดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงานวิจัย

กระบวนการวิจัย	ระยะเวลา											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
	60	60	60	61	61	61	61	61	61	61	61	61
1. ศึกษาโครงสร้าง การทำงาน และพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบใบพัด A-OTT C31	←→											
2. ทำการทดลองจับสัญญาณที่ออกมาจากเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบใบพัด A-OTT C31	←→											
3. ออกแบบและสร้าง PCB					←→							

กระบวนกรวิจัย	ระยะเวลา											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
	60	60	60	61	61	61	61	61	61	61	61	61
4. เขียนโปรแกรมในส่วน ของไมโครคอนโทรลเลอร์								←→				
5. ทดสอบ, แก้ไข และหา ประสิทธิภาพ								←→				
6. วิเคราะห์และสรุป ผลการวิจัย									←→			
7. ทำรายงานการวิจัย											←→	



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี หลักการ และการทำงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ และอุปกรณ์ที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยเล่มนี้

2.1 การบริหารจัดการน้ำ

ปัจจุบันการบริหารจัดการน้ำเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยประสบปัญหาที่เกิดจากน้ำเป็นประจำเกือบทุกปี ทั้งในเรื่องการขาดแคลนน้ำใช้ในภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือน หรือปัญหาในเรื่องของน้ำท่วมที่สร้างความเสียหายในวงกว้างทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม หรือในเรื่องของคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ก็ตาม จากปัญหาที่ได้กล่าวมาจึงทำให้ต้องมีการบริหารจัดการน้ำที่ถูกต้องเหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการตรวจวัด คำนวณปริมาณน้ำที่ถูกต้องเหมาะสมด้วย[1]

การวัดปริมาณน้ำหรืออัตราการไหล (Discharge: Q) ต้องการความแม่นยำสูง เพราะอาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบชลประทานหรือความเสี่ยงที่จะไม่ปลอดภัยกับตัวเขื่อนอ่างเก็บน้ำ หรือโรงงานโครงการได้ โดยถ้าสามารถรู้ปริมาณน้ำที่แน่นอนจะทำให้สามารถวางแผนและคาดการณ์ล่วงหน้าเพื่อการจัดการน้ำให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดได้ [1]

2.2 หลักการพื้นฐานของกลศาสตร์ของของไหล ชลศาสตร์ การไหลในทางน้ำเปิด

การวัดอัตราการไหลเป็นการตรวจวัดการไหลของน้ำ โดยแบ่งตามชนิดการไหลได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ [1]

1. การไหลของน้ำในทางน้ำเปิด เป็นการไหลของน้ำโดยอิสระเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก โดยผิวน้ำจะสัมผัสกับบรรยากาศ ได้แก่ การไหลในทางน้ำ เช่น คลอง คู ลำธาร ห้วย แม่น้ำ ฯลฯ
2. การไหลของน้ำในท่อภายใต้แรงดัน เป็นการไหลในระบบท่อน้ำไหลเต็มท่อ ซึ่งผิวน้ำไม่สัมผัสบรรยากาศ แรงที่กระทำให้เกิดการไหลคือความแตกต่างของแรงดันเนื่องจากความสูงของน้ำ (Pressure head) ระหว่างด้านหน้าท่อหรือปากท่อ กับด้านท้ายท่อหรือปลายท่อ

2.2.1 ความเร็วการไหล (Velocity: V)

เมื่อของไหลเกิดการไหล มวลของของไหลมีการเปลี่ยนตำแหน่งโดยระยะทางที่มวลของไหลเคลื่อนที่ไปในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่าความเร็วของการไหล

$$V = \frac{S}{t} \quad (2.1)$$

โดย V คือ ความเร็วของการไหล (m/s)
 S คือ ระยะทางที่มวลของของไหลเคลื่อนที่ (m)
 t คือ เวลาที่มวลของของไหลใช้ในการเคลื่อนที่ (s)

2.2.2 ความเร่งการไหล (Acceleration: a)

ความเร่งคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วต่อหน่วยเวลา

$$a = \frac{V}{t} \quad (2.2)$$

โดย a คือ ความเร่งของการไหล (m/s^2)

2.2.3 อัตราการไหล (Discharge: Q)

คือ ปริมาตรของของไหลที่เปลี่ยนตำแหน่งหรือเคลื่อนที่ไปในหนึ่งหน่วยเวลาที่ของไหลเกิดการไหล

$$Q = \frac{V_0}{t} \quad (2.3)$$

โดย Q คือ ปริมาตรของของไหล (m^3/s)
 V_0 คือ ปริมาตรของของไหล (m^3)

ถ้าให้ $S =$ ระยะทางการเคลื่อนที่ ($S = V \cdot t$)
 $A =$ พื้นที่หน้าตัดของของไหลที่เคลื่อนที่ (m^2)
 จะได้ว่า $V_0 = S \cdot A = V \cdot t \cdot A$

ดังนั้น $Q = VA \quad (2.4)$

2.2.4 รูปแบบของการไหลในทางน้ำเปิด

การไหลในทางน้ำเปิดเป็นการไหลในลักษณะที่ผิวของน้ำสัมผัสกับอากาศ โดยมีความดันบรรยากาศกระทำต่อผิวของน้ำซึ่งเรียกว่า ผิวของไหลอิสระ ทางน้ำเปิดแบ่งได้เป็น ทางน้ำเปิดธรรมชาติ ได้แก่ ร่องน้ำ คู ลำธาร คลอง ห้วย แม่น้ำ เป็นต้น โดยจะมีสภาพสลับซับซ้อนลักษณะไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดไปตามสถานที่ และทางน้ำเปิดที่สร้างขึ้นโดยมนุษย์ เลียนแบบทางน้ำเปิดธรรมชาติที่มักมีรูปร่างลักษณะที่สมมาตร ใช้ในการทำหน้าที่ต่างๆ เช่น คลองส่งน้ำ คลองระบายน้ำ คลองชักน้ำ คลองผันน้ำ มักสร้างให้มีหน้าตัดเป็นรูปทรงทางเรขาคณิต เช่น สี่เหลี่ยมมุมฉาก เหลี่ยมคางหมู ครึ่งวงกลม สามเหลี่ยม ฯลฯ ในกรณีที่เป็นคลองส่งน้ำหรือคูส่งน้ำ มักมีการป้องกันความเสียหายของลาดข้างจากการกัดเซาะของน้ำ หรือเพื่อป้องกันการสูญเสียจากจากการ

รั้วซีม โดยมักมีการปิดทับหน้าด้วยคอนกรีต หินก่อ หินเรียงยาแนวเป็นต้น การบอกถึงการไหลจะบอกด้วยความเร็วของการไหล (Velocity) และอัตราการไหล (Discharge or Rate of flow) [1]

2.3 การวัดอัตราการไหลของน้ำในทางน้ำเปิด

การวัดอัตราการไหลของน้ำในทางน้ำเปิดสามารถทำให้หลายวิธี ได้แก่ ใช้การคำนวณโดยใช้สูตรคำนวณความเร็วของการไหล ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือตรวจวัด และใช้การตรวจวัดทางอ้อมโดยให้อาคารควบคุมในทางน้ำ สำหรับในที่นี้จะขอกกล่าวถึงเฉพาะการใช้อุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดเท่านั้น

ในกรณีไม่มีอาคารชลศาสตร์สร้างปิดกั้นทางน้ำเพื่อบังคับควบคุมปริมาณน้ำ การวัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านทางน้ำจะใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการวัดปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับขนาดของทางน้ำ หรืออัตราการไหลในทางน้ำนั้น ตรวจวัดในจุดที่เหมาะสมที่รู้หน้าตัดทางน้ำ อาจติดตั้งชั่วคราวในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เพื่อเก็บข้อมูล ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป หรือก่อสร้างเป็นอาคารชลศาสตร์ในทางน้ำเป็นการถาวรเพื่อใช้ตรวจวัดในเวลาที่ต้องการ แต่มีหน้าที่หลักเพื่อการวัดปริมาณน้ำเท่านั้น ทั้งนี้รวมถึงการใช้สารเคมี สี ฯลฯ เพื่อตรวจวัดด้วย เครื่องมือทั่วไป ได้แก่ [1]

- Current Meter
- Acoustic velocity meters
- Acoustic Doppler velocity
- การใช้ทุ่นลอย
- วิธีการอื่นๆ เช่นการใช้สารเคมี การใช้สี การใช้อุปกรณ์พิเศษ เป็นต้น

2.3.1 การวัดระดับน้ำ

ระดับน้ำมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำในทางน้ำและไหลผ่านอาคารชลศาสตร์ และสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่เก็บกักในเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ ดังนั้นการวัดระดับน้ำที่ถูกต้องจะทำให้สามารถคำนวณอัตราการไหลได้ถูกต้อง ซึ่งส่งผลให้การบริหารจัดการน้ำมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลสูงสุด ไม่เกิดความเสียหายจากการจัดการน้ำโดยการควบคุมปริมาณน้ำที่มากหรือน้อยเกินไป ข้อมูลของระดับน้ำที่ได้บันทึกรวบรวมไว้สามารถนำมาใช้เพื่อการวางแผนบริหารจัดการน้ำเพื่อเตรียมการป้องกันภัยที่มีสาเหตุอันเนื่องมาจากน้ำได้ล่วงหน้า และยังสามารถใช้ข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่ตรวจวัดในเวลาปัจจุบัน เพื่อทำนายช่วงเวลาที่จะเกิดน้ำท่วม และการลดลงของน้ำท่วมเพื่อป้องกันและลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ [1]

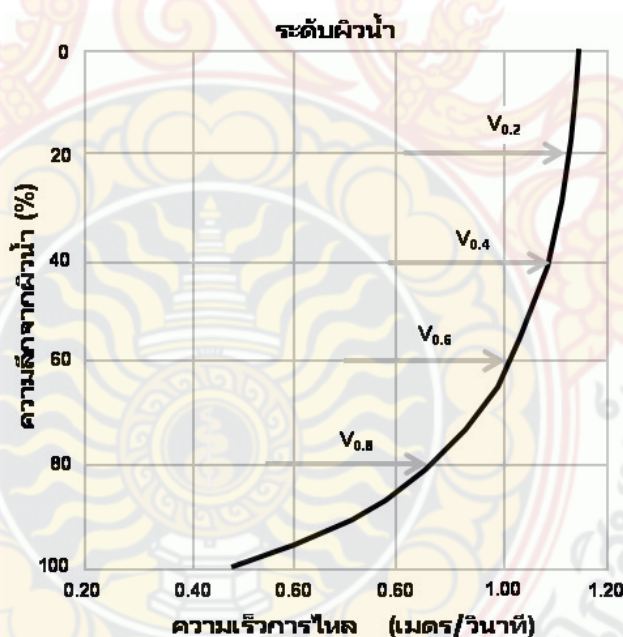
การแสดงค่าระดับน้ำอ้างอิงเป็นความลึก จะทำการเปรียบเทียบค่ากับระดับอ้างอิงซึ่งเป็นระดับที่ต่ำที่สุด หรือระดับที่จะมีความสัมพันธ์กับการวัดอัตราการไหลของน้ำผ่านอาคารชลศาสตร์ที่ทำให้อัตราการไหลเท่ากับศูนย์ เช่น ความลึกน้ำในคลองจะเทียบความลึกกับก้นคลอง ความลึกน้ำผ่านฝายหรือทางระบายน้ำล้นจะเทียบกับระดับสันฝายหรือทางระบายน้ำล้น และกรณีเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำจะเทียบความลึกกับระดับกรณีท่อดังน้ำตัวที่ต่ำที่สุดเป็นต้น [1]

2.3.2 การวัดความเร็วเฉลี่ยการไหล

การกระจายความเร็วการไหลในหน้าตัดการไหลของทางน้ำเปิดจะไม่เท่ากันทั้งหน้าตัด ในการวัดความเร็วการไหลจึงต้องแบ่งพื้นที่หน้าตัดเป็นพื้นที่ย่อยและวัดความเร็วการไหลในแนวตั้งที่ความลึกต่างๆ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยการไหลของหน้าตัดย่อยนั้น ดังรูปที่ 2-1 เป็นตัวอย่างการกระจายความเร็วการไหลตามความลึก จากผลการทดลองของนักชลศาสตร์พบว่า การกระจายความเร็วการไหลจะสัมพันธ์กับความกว้างและความลึกของน้ำในทางน้ำ โดยค่าเฉลี่ยความเร็วการไหลจะเกิดที่ประมาณ 0.6 ของความลึกวัดจากผิวน้ำ วิธีการวัดความเร็วการไหลมีหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดมีอยู่ 3 วิธี ได้แก่ Two-point method, Six-tenths method, Three-point method ในการเลือกวิธีสำหรับรูปแบบการตรวจวัดความเร็วการไหล หรือตำแหน่งความลึกใดบ้างนั้น จะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับลักษณะของทางน้ำ และชนิดของเครื่องมือที่จะใช้ในการตรวจวัดด้วย [1]

ความลึกของน้ำ: d (หน่วยเมตร) กับวิธีการตรวจวัด

$d < 0.6$	วิธีวัดที่นิยมใช้	Six-tenths method
$0.60 < d < 1.00$	วิธีวัดที่นิยมใช้	Two-point method
$1.00 < d < 2.50$	วิธีวัดที่นิยมใช้	Three-point method
$d < 2.50$	วิธีวัดที่นิยมใช้	Five-point หรือ Six-point method



รูปที่ 2-1 ตัวอย่างการกระจายความเร็วการไหลตามความลึก[1]

การวัดความเร็วการไหลแบบ Two-point method เป็นวิธีที่นิยมที่สุด ใช้เมื่อระดับน้ำในทางน้ำไม่เปลี่ยนแปลงเร็วมาก ความลึกน้ำมากกว่า 0.60 เมตร โดยจะวัดความเร็วที่ความลึก 0.2d และ 0.8d จากผิวน้ำ [1]

$$\bar{V} = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2} \quad (\text{Error } 2.2\%) \quad (2.5)$$

โดย \bar{V} คือ ความเร็วเฉลี่ยการไหลของทางน้ำเปิด (m/s)
 $V_{0.2}$ คือ ความเร็วการไหลของทางน้ำเปิดที่ความลึก 0.2d จากผิวน้ำ (m/s)
 $V_{0.8}$ คือ ความเร็วการไหลของทางน้ำเปิดที่ความลึก 0.8d จากผิวน้ำ (m/s)

การวัดความเร็วการไหลแบบ Six-tenths method ในกรณีที่ความลึกของน้ำน้อยกว่า 0.60 เมตร ไม่สะดวกในการวัดความเร็วแบบ Two-point method ที่ความลึก 0.8d ในกรณีนี้จึงวัดความเร็วที่ความลึก 0.6d จุดเดียว และถ้าเป็นทางน้ำขนาดเล็กก็จะวัดที่ตำแหน่งเดียวตรงศูนย์กลางทางน้ำ

$$\bar{V} = V_{0.6} \quad (\text{Error } 1.6\%) \quad (2.6)$$

การวัดความเร็วการไหลแบบ Three-point method ในกรณีที่ทางน้ำค่อนข้างลึก และระดับน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมาก อาจนำการวัดที่ใช้วิธี Six-tenths method และ Two-point method มาเฉลี่ยกัน โดยต้องพิจารณารูปแบบมาตรฐานด้วย ไม่เช่นนั้นจะเกิดความผิดพลาดได้มาก [1]

$$\bar{V} = \frac{1}{2} \left(\frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2} + V_{0.6} \right) \quad (\text{Error } 1.9\%) \quad (2.7)$$

$$\bar{V} = \frac{1}{3} (V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8}) \quad (\text{Error } 2.0\%) \quad (2.8)$$

2.3.3 การตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยในพื้นที่หน้าตัดย่อยในแนวตั้ง

การตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยในพื้นที่หน้าตัดย่อยในแนวตั้งเป็นการตรวจวัดตรงตำแหน่งแบ่งพื้นที่ย่อยเหมือนการตรวจวัดด้วยวิธี Three-point method แต่จะให้เครื่องมือวัดเคลื่อนที่ในแนวตั้งอย่างต่อเนื่องจากผิวน้ำลงสู่ท้องน้ำ หรือจากท้องน้ำขึ้นสู่ผิวน้ำแทนการวัดเฉพาะจุดที่ระยะ 0.2, 0.6, 0.8 ของความลึกจากผิวน้ำ ผลการตรวจวัดจะเป็นตัวแทนของการไหลในแนวตั้งที่ตรวจวัดนั้น[1]

2.3.4 การตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยเต็มทั้งหน้าตัดการไหล

การตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยเต็มทั้งหน้าตัดการไหล แบ่งย่อยเป็น

1. เครื่องมือวัดเคลื่อนตัวแนวราบ โดยเครื่องมือติดตั้งคงที่ที่ความลึกใดๆ เช่น ผิวน้ำ ระยะ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 จากผิวน้ำ หรือระดับท้องน้ำ ในขณะที่วัดให้เครื่องมือเคลื่อนที่ในแนวราบ ผลการตรวจวัดจะเป็นตัวแทนของความเร็วเฉลี่ยที่ระดับความลึกนั้นของหน้าตัดการไหล วิธีนี้เหมาะกับการวัดในทางน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับเร็ว อาจวัดที่ระดับความลึกระดับใดระดับหนึ่ง แล้วคูณค่าสัมประสิทธิ์เพื่อให้เป็นค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของทั้งหน้าตัดการไหล หรือติดตั้งเครื่องวัดหลายตัวที่ทุกระดับความลึกในคราวเดียวได้ [1]
2. เครื่องมือวัดเคลื่อนที่ทั้งแกนดิ่งและแกนราบพร้อมกัน เป็นการติดตั้งเครื่องมือวัดตัวเดียวแล้วให้มีการเคลื่อนตัวแบบซิกแซกที่ครอบคลุมทั้งหน้าตัดการไหล [1]

2.3.5 การพิจารณาเลือกวิธีการตรวจวัดที่เหมาะสม

ในการตรวจวัดอัตราการไหลจะต้องพิจารณาเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสม โดยต้องพิจารณาจากองค์ประกอบต่อไปนี้

- ลักษณะและสภาพของน้ำ ได้แก่ รูปร่าง, ขนาด, สิ่งกีดขวางในทางน้ำ หรือไหลมากับน้ำ เช่น ต้นไม้ ท่อนไม้ ตะกอน วัชพืช หรือสภาพท้องน้ำ ฯลฯ
- อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในทางน้ำ
- ความแรงของกระแสน้ำ จะสัมพันธ์กับขีดจำกัดของเครื่องมือวัดแต่ละชนิด
- ลักษณะการไหล ราบเรียบ หรือปั่นป่วน
- ชนิดและจำนวนของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีใช้งาน รวมทั้งอัตรากำลังเจ้าหน้าที่
- ระดับความละเอียดถูกต้องของผลการตรวจวัดที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์
- งบประมาณค่าใช้จ่าย

2.4 การวัดกระแสน้ำด้วยเครื่องมือวัดกระแสน้ำเชิงกล

ในการตรวจวัดจริงของความเร็วกระแสน้ำในภาคสนามจะใช้เครื่องมือวัดกระแสน้ำ (Current meters) วัดความเร็วของกระแสน้ำ ที่หน้าตัดการไหลที่กำหนดแล้วใช้หลักการ Velocity-area method เพื่อทำการคำนวณปริมาณน้ำผ่านทางน้ำที่จุดตรวจวัดนั้น เมื่อนำข้อมูลการตรวจวัดน้ำในทางน้ำที่ระดับต่างๆ ที่จุดวัดน้ำนั้นมาสร้างเป็นกราฟ Rating curve ซึ่งกราฟนี้จะเป็นเครื่องมือในการอ่านค่าปริมาณน้ำเมื่อเทียบกับระดับน้ำที่วัดได้ในกรณีที่หากมีการสร้างสถานีวัดระดับน้ำในจุดนั้น [1]

เครื่องมือวัดกระแสน้ำเชิงกล (Mechanical current meters) เป็นเครื่องมือที่ทำงานเชิงกล โดยส่วนประกอบของเครื่องมือมีการเคลื่อนไหวเมื่อกระแสน้ำไหลผ่าน การเรียกชื่อเครื่องมือมักเรียกตามชื่อผู้ประดิษฐ์พัฒนาเครื่องมือ หรือตามโรงงานที่ผลิต แบ่งย่อยออกเป็น 3 ชนิด คือ เครื่องมือวัดที่มีการหมุนรอบแกนดิ่ง เครื่องมือวัดที่มีการหมุนรอบแกนนอน และ Pendulum current meters

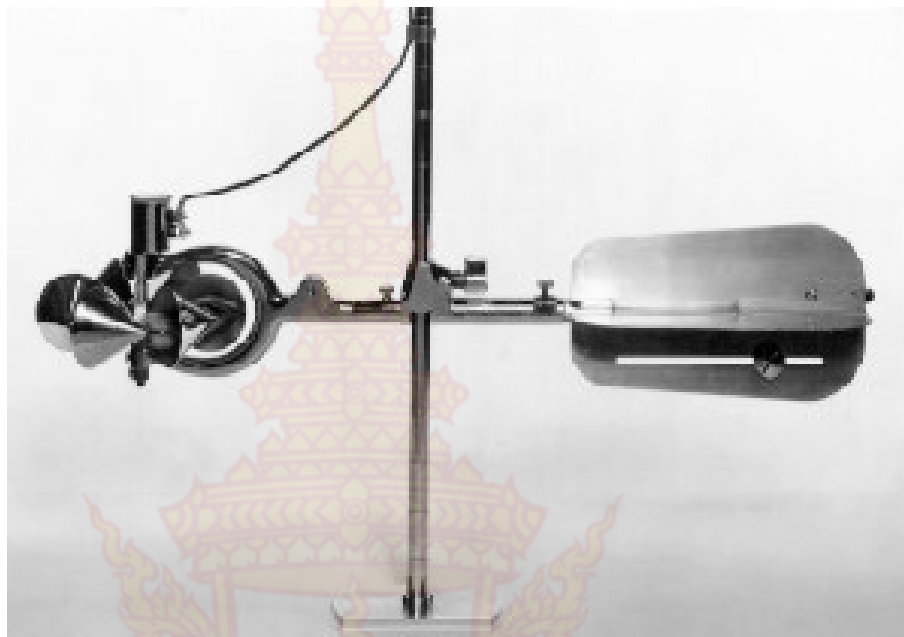
2.4.1 เครื่องมือวัดที่มีการหมุนรอบแกนตั้ง (Vertical axis)

ตัวเครื่องมือวัดมีส่วนประกอบหลักเป็นลูกถ้วยทรงกรวย จึงเรียกว่า เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าแบบลูกถ้วย (Cup type current meter) จากการที่มีลักษณะคล้ายเครื่องวัดกระแสลมแบบลูกถ้วย (Anemometer) บางครั้งจึงอาจเรียก Anemometer current meters

Price type AA เป็นเครื่องมือวัดที่ทำจากเหล็กปลอดสนิม ออกแบบโดย Wiliam Gunn Price ประกอบด้วยลูกถ้วยทรงกรวย 6 ใบเชื่อมต่อบนแกนหมุนแนวตั้ง ตัวเครื่องมือทั้งหมดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 2 นิ้ว ปัจจุบันรุ่น Price 622AA เป็นรุ่นมาตรฐาน จะมีสวิทช์หน้าสัมผัสแบบเส้นลวด 2 เส้น ซึ่งในการวัดจะใช้แบตเตอรี่ร่วมกับหูฟังเพื่อฟังเสียงเมื่อเครื่องมือหมุนครบรอบ และหน้าสัมผัสสวิทช์สัมผัสปิดวงจรหรือใช้โอห์มมิเตอร์เพื่อสังเกตนับรอบจากการกระดิกของเข็มมิเตอร์เมื่อเครื่องมือหมุนครบรอบ เนื่องจากเครื่องมือวัดแบบลูกถ้วยนี้จะวัดผิดพลาดได้มากหากการไหลของน้ำค่อนข้างปั่นป่วน และหากตำแหน่งเครื่องมือไม่วางในทิศทางแนวเดียวกัยทิศทางไหล ผลการตรวจวัดก็จะผิดพลาดได้ จึงมีการประดิษฐ์ครีบทองเพื่อติดตั้งเพิ่มกับเครื่องมือวัด เพื่อช่วยปรับทิศทางเครื่องมือให้วางอยู่ในแนวทิศทางไหลได้เองตลอดเวลา [1]



รูปที่ 2-2 Cup type current meters แบบมาตรฐาน Price AA type [2]

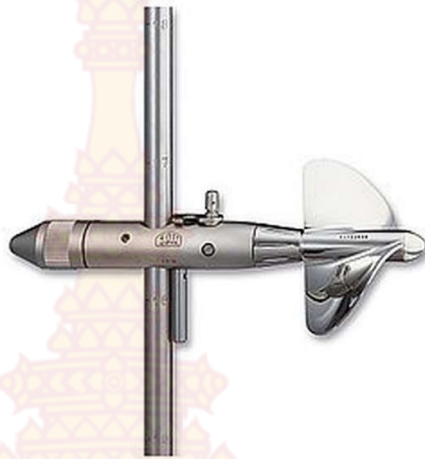


รูปที่ 2-3 Price type 622AA ติดตั้งครีบทางช่วยบังคับทิศทาง [3]

2.4.2 เครื่องมือวัดที่มีการหมุนรอบแกนนอน (Horizontal axis)

เครื่องมือประเภทนี้ได้แก่ เครื่องมือวัดกระแสน้ำแบบใบพัด (Propeller type) เครื่องมือแบบนี้จะเกิดผลกระทบจากการไหลปั่นป่วนของน้ำน้อยกว่าแบบลูกถ้วย การหมุนจะมีความเสถียรมากกว่า เพราะแกนการหมุนอยู่ในแนวเดียวกับทิศการไหล ไม่มีปัญหาจากตะกอนที่ไหลปนมากับน้ำ มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา เครื่องมือแบบนี้ต้นแบบประดิษฐ์ในยุโรป มีหลายรูปแบบ เช่น Ott meters (Germany), Neyrpic “Dumas” meters (France), Hoff meters และ Haskell meters (USA), Braystoke meters (England), Oss meters เป็นต้น

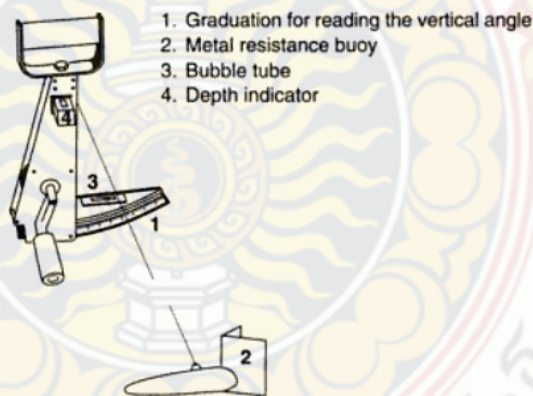
เครื่องมือวัดในกลุ่มนี้แต่ละแบบ มักมีรุ่นมาตรฐาน และรุ่นปรับปรุงที่มีขนาดเล็ก โดยแต่ละรุ่นจะมีขนาดต่างๆ ที่มีช่วงของการวัดความเร็วที่ต่างกัน บางแบบยังคงมีการผลิตใช้งานจนถึงปัจจุบัน



รูปที่ 2-4 เครื่องมือวัดกระแสน้ำแบบใบพัด OTT C31 Current meter [4]

2.4.3 เครื่องมือวัดกระแสน้ำแบบเพนดูลัม (Pendulum current meters)

เครื่องมือวัดกระแสน้ำชนิดนี้ทำงานโดยใช้หลักการปล่อยวัตถุที่ผูกด้วยเส้นลวดหรือเส้นเชือกลงไปในทางน้ำ เมื่อน้ำนิ่งหรือมีกระแสน้ำน้อยมากๆ วัตถุที่ผูกไว้กับเส้นเชือกจะอยู่ในแนวตั้ง แต่เมื่อมีกระแสน้ำแรงขึ้นวัตถุที่ผูกไว้จะต้านการไหลของน้ำ ทำให้วัตถุถูกกระแสน้ำผลักทำให้แนวเส้นเชือกเบี่ยงเบนไปจากตำแหน่งเดิม ซึ่งความเร็วกระแสน้ำจะสัมพันธ์กับมุมที่เชือกเบนไป ตัวเครื่องมือวัดแบบเพนดูลัมจะประกอบด้วยรอกปล่อยเส้นลวดหรือเชือกที่ปลายเชือกผูกฟูนโลหะ (Meta resistance buoy) ที่ใช้ทำหน้าที่ปะทะกับกระแสน้ำ ตัวเครื่องมือจะมีลูกน้ำเพื่อปรับระดับเครื่องมือให้อยู่ในแนวราบตลอดเวลา จะได้อ่านค่ามุมที่แนวเส้นเชือกเบี่ยงเบนไปจากแนวตั้งได้ถูกต้อง [1]



รูปที่ 2-5 เครื่องมือวัดกระแสน้ำแบบเพนดูลัม แบบ KLM [1]

การตรวจวัดจะอ่านค่ามุมจากแนวเส้นเชือกที่เบนไปจากแนวตั้ง (แนวตั้งความเร็วกระแสน้ำ = 0) แล้วนำค่ามุมไปเทียบกับ Calibrate curve ของเครื่องมือจะได้ค่าความเร็วของการ

ไหล ซึ่งความถูกต้องของการวัดขึ้นอยู่กับความลึกที่หย่อนหุ่นโลหะ ขนาดและน้ำหนักของหุ่น ขนาดของเส้นลวดหรือเชือก และค่า Calibrate curve ของหุ่นโลหะเฉพาะแต่ละตัว [1]

2.5 การสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดปริมาณน้ำ

เมื่อพิจารณาในส่วนของการตรวจวัดด้วยเครื่องมืออุปกรณ์และอาคารควบคุม ซึ่งจะมีองค์ประกอบสำคัญของแต่ละสิ่งได้แก่ ตัวเครื่องมืออุปกรณ์และอาคารควบคุม ที่ประกอบด้วยรูปร่าง รูปทรงหรือขนาดมิติ วัสดุที่ใช้สร้าง คุณสมบัติเฉพาะ (Specification) ในการใช้ตรวจวัดได้แก่ ค่าสอบเทียบอัตราการไหลที่อาจเป็นตารางหรือกราฟหรือสมการของอุปกรณ์เครื่องมือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล สมการใช้ในการคำนวณ ตารางหรือกราฟอัตราการไหลของอาคารควบคุม การควบคุมที่ประกอบด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการขั้นตอน ค่ามาตรฐานและสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้เฉพาะตัว ทั้งนี้หากองค์ประกอบทุกอย่างไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ การตรวจวัดก็จะต้องมีความผิดพลาดเกิดขึ้น การแก้ปัญหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นทำได้โดยการปรับปรุงค่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ เหล่านั้นขึ้นมาใหม่ เพื่อให้การตรวจวัดปริมาณน้ำถูกต้องดังเดิม กระบวนการในการตรวจสอบความถูกต้องด้วยการเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ถูกต้องของสิ่งที่ถูกวัดเรียกว่า การสอบเทียบ (Calibration)

การสอบเทียบอุปกรณ์และเครื่องมือตรวจวัดอัตราการไหล จะมีการสอบเทียบเมื่อได้ใช้งานไปถึงระยะเวลาที่กำหนดไว้ หรือเมื่อได้พบว่าเกิดการชำรุด หรือสงสัยว่าอาจเกิดการชำรุดเสียหายกับอุปกรณ์เครื่องมือ เช่น กรณีทำตกหรือกระแทก แล้วแตกหัก บิดงอ หรือพบว่ามีความลักษณะบางอย่างต่างออกไปจากเดิม การซ่อมแซมและการสอบเทียบอุปกรณ์เครื่องมือวัดควรทำโดยผู้มีความชำนาญ เพราะการสอบเทียบอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ นั้น มักต้องทำในห้องปฏิบัติการทางศาสตร์ที่ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีความถูกต้องแม่นยำมาตรวจวัดเพื่อเปรียบเทียบ ต้องใช้เวลามาก จึงควรส่งไปซ่อมแซมหรือสอบเทียบกับหน่วยงานที่ให้บริการทางด้านนี้โดยตรง [1]

2.6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมโมดูลสื่อสารเครือข่ายไร้สาย ESPino

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESPino (ESPino Wifi Development Board) ถูกออกแบบและพัฒนาโดยบริษัทไทยอีซีอีเลค (ThaiEasyElec) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้โมดูล WROOM-02 เป็นโมดูลสื่อสารเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย (Wireless LAN) ซึ่งใช้ชิพ ESP8266 Wi-Fi Soc จากทาง Espressif Systems เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32 บิต แบบประหยัดพลังงาน ความเร็ว 80 MHz พร้อมหน่วยความจำแฟลชขนาด 4 MB รองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายมาตรฐาน IEEE 802.11 b/g/n ความถี่ 2.4 GHz พร้อม TCP/IP Stack มีอินเตอร์เฟส ได้แก่ GPIO SDIO PWM ADC HSPI UART I2C I2S โดยสามารถพัฒนาโปรแกรมบนแพลตฟอร์มอาร์ดูอีนโอ (Arduino) โดยการติดตั้งแพ็คเกจสนับสนุนบอร์ด (Board Support Package : BSP) ของ ESP8266/Arduino เพิ่มเติมลงใน Arduino IDE [5]



รูปที่ 2-6 ขาสำหรับการใช้งานของ ESPino [5]

บอร์ด ESPino เหมาะสำหรับการนำไปพัฒนางานด้าน Internet of Things เป็นอุปกรณ์ปลายทางเพื่ออ่านค่าจากเซ็นเซอร์หรือส่งค่าควบคุมไปยังอุปกรณ์ผ่านไวไฟสามารถนำไปใช้งานได้ตั้งแต่การเรียนรูปรูปและการประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบต่างๆ ในการใช้งานจริง [5]



บทที่ 3 การออกแบบงานวิจัย

ในบทนี้จะนำเสนอรายละเอียดอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง วิธีการทำงาน บล็อกไดอะแกรมแสดง ส่วนประกอบของชิ้นงาน โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงาน วงจรรวมและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการออกแบบ และสร้างอุปกรณ์อ่านความเร็วของกระแสน้ำ เพื่อนำมาเชื่อมต่อกับเครื่อง A-OTT C31 ทดแทน เครื่องบอกสัญญาณเสียงและแสดงตัวเลข แบบ Z 41-0 00 เดิมที่ไม่สามารถหาซื้อมาเพื่อใช้ในการ ซ่อมบำรุงได้

3.1 เครื่องวัดกระแสน้ำ A-OTT C31



รูป 3-1 มิเตอร์สำหรับวัดกระแสน้ำเอนกประสงค์ A-OTT C31

A-OTT C31 เป็นมิเตอร์วัดกระแสน้ำเอนกประสงค์ (Universal current meter) ซึ่งเป็น อุปกรณ์การวัดสำหรับวัดค่าความเร็วการไหลของกระแสน้ำในลำคลองเปิด (Open canals) ลำธาร (Rivulets) แม่น้ำ (Rivers) และทะเล (The Sea) เช่นเดียวกับในท่อที่มีความดัน (Pressure pipes) โดยใช้สำหรับวัดความเร็วของการไหลได้ตั้งแต่ 0.025 เมตร/วินาที จนถึง 10 เมตร/วินาที [4]



รูปที่ 3-2 การใช้มิเตอร์ A-OTT วัดกระแสหน้า [4]

3.1.1 การทำงานของมิเตอร์ A-OTT C31

ใบพัดของมิเตอร์ A-OTT C 31 จะถูกกระแสน้ำทำให้ใบพัดของมิเตอร์หมุน ซึ่งจะทำให้แถบแม่เหล็กหมุนตามไปด้วย โดยหนึ่งรอบของการหมุนของแถบแม่เหล็กจะเท่ากับการหมุนหนึ่งรอบของใบพัด ภายในมิเตอร์จะมีหน้าสัมผัสแม่เหล็กเซนเซอร์ (Reed contact) ติดตั้งอยู่ภายใน เมื่อแถบแม่เหล็กหมุนมาตัดกับเซนเซอร์จะเกิดชุดของสัญญาณพัลส์ (Pulse sequence) ขึ้น ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับความเร็วของกระแสน้ำ ณ จุดที่ทำการวัดนั้นๆ โดยความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการหมุนหนึ่งรอบของใบพัดต่อวินาทีและความเร็วของกระแสน้ำกำหนดโดยสมการที่ (3.1)

$$v = k \cdot n + \Delta \quad (3.1)$$

โดย n คือ จำนวน รอบการหมุนของใบพัดต่อวินาที
 k คือ ระยะของไฮดรอลิก (Hydraulic pitch) (m) กำหนดโดยการทดสอบในถังแบบใหม่ (The modern rating tank)
 Δ คือ ค่าความยาวคงที่ (เมตร/วินาที) กำหนดโดยการทดสอบในถังแบบใหม่ (The modern rating tank)

3.1.2 ย่านการวัด

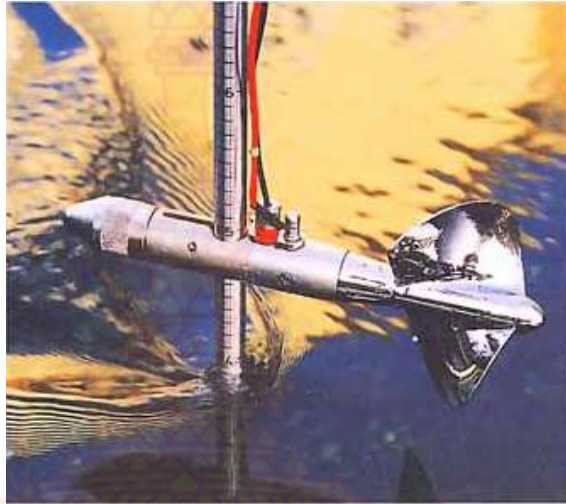
ย่านการวัดจะขึ้นอยู่กับระยะของใบพัดที่เลือก โดยสามารถใช้มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ย่านการวัดความเร็วที่แตกต่างกันได้ ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าไหลไม่เป็นแนวตรงการไหลในแนววงค์ประกอบสามารถวัดได้โดยอยู่ภายในช่วงของมุมที่ขึ้นกับชนิดของใบพัดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ย่านการวัดของมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าขนาดต่างๆ [4]

หมายเลขใบพัด	ขนาดของใบพัด เส้นผ่าศูนย์กลาง/ระยะใบพัด	ความเร็ว กระแสไฟฟ้าสูงสุด (เมตร/วินาที)	ความเร็วเริ่มต้น (เมตร/วินาที)	ผลกระทบ เชิงมุม	วัสดุ
1	125 มม. / 0.25 ม.	5.0	0.025	5°	อลูมิเนียม
1	122.5 มม. / 0.25 ม.	5.0	0.035	5°	พลาสติก
2	125 มม. / 0.50 ม.	6.0	0.040	5°	อลูมิเนียม
2	122.5 มม. / 0.50 ม.	6.0	0.060	5°	พลาสติก
3	125 มม. / 1.00 ม.	10	0.055	5°	อลูมิเนียม
4	80 มม. / 0.125 ม.	3.0	0.040	5°	อลูมิเนียม
7	125 มม. / 0.30 ม.	10	0.030	5°	พลาสติก
A	100 มม. / 0.125 ม.	2.5	0.030	45°	อลูมิเนียม
R	100 มม. / 0.25 ม.	5.0	0.035	15°	อลูมิเนียม

3.1.3 การประยุกต์ใช้งาน

สำหรับการใช้งานมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าในลำธารขนาดเล็กและมีระดับน้ำตื้นที่ความเร็วในการไหลต่ำๆ การใช้งานมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า C31 จะใช้ร่วมกับแท่งโลหะ (Rod) โดยมีวิธีมาตรฐานในการติดตั้งมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าบนแท่งโลหะอยู่ 2 วิธี ได้แก่ การติดตั้งบนแท่งโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม. โดยตรงซึ่งจะทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้ในขณะอุปกรณ์อยู่ในน้ำ หรือ การติดตั้งบนแท่งโลหะโดยการใช้อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้ซึ่งจะทำให้สามารถเปลี่ยนตำแหน่งของมิเตอร์ได้โดยไม่ต้องนำอุปกรณ์ขึ้นจากน้ำเพื่อการเปลี่ยนตำแหน่ง ดังรูปที่ 3-3 และ 3-4 ตามลำดับ



รูปที่ 3-3 มิเตอร์วัดกระแสน้ำที่ติดตั้งบนแท่งโลหะขนาด 20 มม. [4]



รูปที่ 3-4 มิเตอร์วัดกระแสน้ำที่ติดตั้งบนแท่งโลหะขนาด 20 มม. และอุปกรณ์ที่เปลี่ยนตำแหน่ง [4]

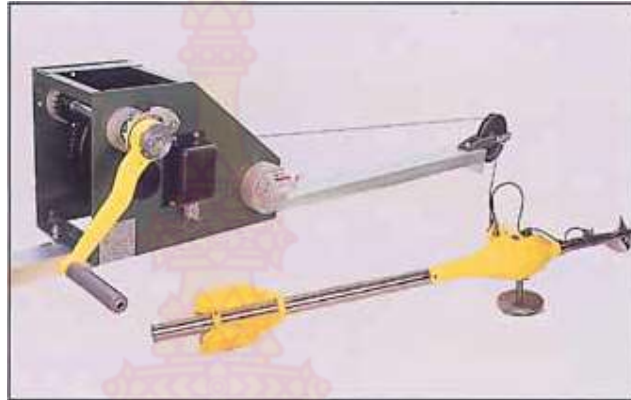


รูปที่ 3-5 การใช้งานมิเตอร์วัดกระแสในลำธารขนาดเล็ก [4]

สำหรับการใช้งานมิเตอร์วัดกระแสน้ำในระดับน้ำที่มีความลึกและความเร็วในการไหลสูงกว่า มิเตอร์วัดกระแสน้ำจะถูกใช้งานร่วมกับสายเคเบิล ดังรูปที่ 3-6 ถึง 3-8



รูปที่ 3-6 มิเตอร์วัดกระแสน้ำที่แขวนบนสายเคเบิลโดยแขน (Jib) รับน้ำหนักได้ 25 กิโลกรัม [4]



รูปที่ 3-7 มิเตอร์วัดกระแสน้ำที่แขวนบนสายเคเบิลโดยแขน (Jib) รับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม [4]

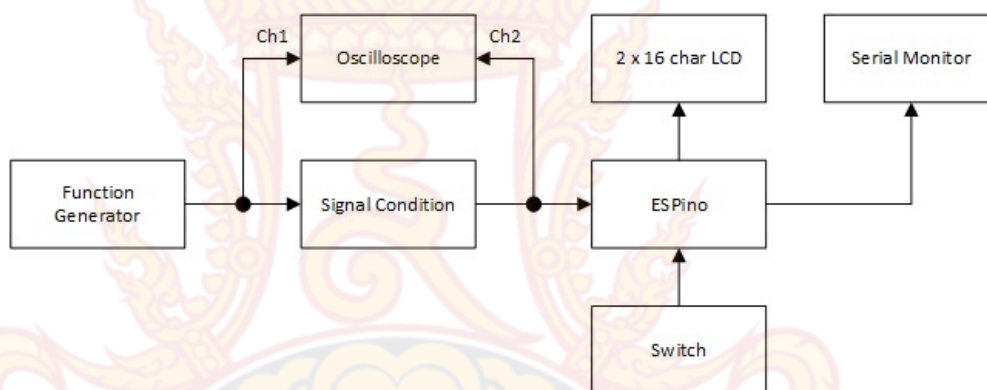


รูปที่ 3-8 การใช้งานมิเตอร์วัดกระแสน้ำในตำแหน่งที่ระดับน้ำมีความลึก

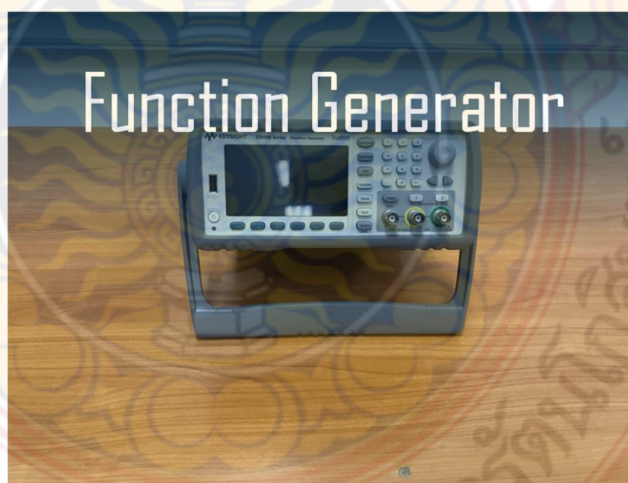
3.2 การออกแบบและการสร้างต้นแบบ

3.2.1 บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram)

ไบพัตของมิเตอร์ A-OTT C 31 เมื่อถูกกระแสไฟฟ้าทำให้ไบพัตของมิเตอร์หมุน จะทำให้แถบแม่เหล็กหมุนตามไปด้วย โดยหนึ่งรอบของการหมุนของแถบแม่เหล็กจะเท่ากับการหมุนหนึ่งรอบของไบพัต ภายในมิเตอร์จะมีหน้าสัมผัสแมกเนติกส์เซนเซอร์ (Reed contact) ติดตั้งอยู่ภายใน เมื่อแถบแม่เหล็กหมุนมาติดกับเซนเซอร์จะเกิดชุดของสัญญาณพัลส์ (Pulse sequence) ขึ้น ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับความเร็วของกระแสไฟฟ้า ณ จุดที่ทำการวัดนั้นๆ โดยความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการหมุนหนึ่งรอบของไบพัตต่อวินาที จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น ทีมนักวิจัยได้ทำการออกแบบการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ โดยสามารถแสดงในรูปแบบบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram)



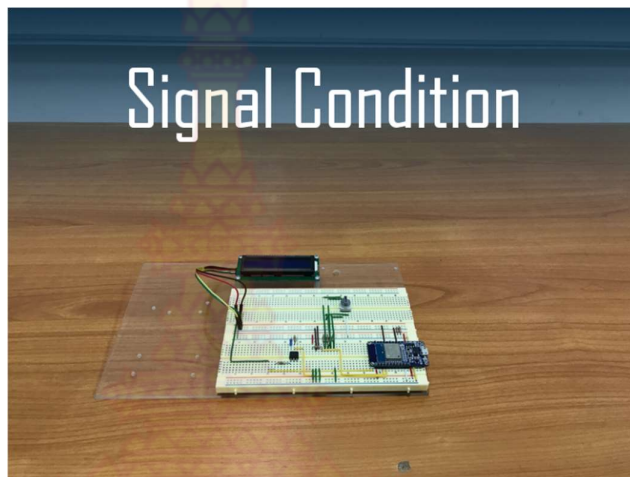
รูปที่ 3-10 ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ (Function Generator)

ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ (Function Generator) คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ให้กำเนิดสัญญาณออกมาทางเอาต์พุท โดยรูปแบบสัญญาณที่ได้จะมีหลายแบบ ได้แก่ สัญญาณไซน์ (Sine Wave), สัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave), สัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle Wave), สัญญาณแรม (Ramp Wave), สัญญาณฟันเลื่อย (Sawtooth Wave), สัญญาณพัลส์ทีทีแอล (TTL Pulse) เป็นต้น โดยที่ความถี่ (Frequency) และระดับแรงดันเอาต์พุท (Output Voltage) สามารถที่จะปรับค่าได้ ในงานวิจัยนี้เราจะใช้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ในการจ่ายสัญญาณเพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31



รูปที่ 3-11 ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) คือ เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้า แสดงผลออกมาเป็นกราฟ ซึ่งจะแสดงผลผ่านจอภาพ โดยทั่วไปออสซิลโลสโคปจะถูกใช้สำหรับวัดค่าแรงดันของไฟฟ้า การวัดความถี่ วัดเฟสของสัญญาณ และใช้สำหรับการวัดแรงดันและคาบเวลา ในงานวิจัยนี้เราจะใช้ออสซิลโลสโคป ในการวัดสัญญาณที่ได้จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ เพื่อยืนยันความถูกต้อง



รูปที่ 3-12 ซิกแนลคอนดิชัน (Signal Condition)

ซิกแนลคอนดิชัน (Signal Condition) คือ ส่วนการปรับแต่งสถานะของสัญญาณ ทำหน้าที่ปรับแต่งหรือเปลี่ยนสัญญาณให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ โดยจะทำหน้าที่ต่างๆ ได้แก่ การปรับศูนย์และการเปลี่ยนระดับสัญญาณ, การแปลงกระแสเป็นแรงดัน, การแปลงแรงดันเป็นกระแส, การกระตุ้น, การขยายสัญญาณ, การกรองสัญญาณ, อิมพีแดนซ์แมชชิง, มอดูเลเตอร์และดีมอดูเลเตอร์, การประมวลสัญญาณ, การแปลงแรงดันเป็นความถี่ เป็นต้น ในงานวิจัยนี้เราได้ออกแบบวงจรในส่วนที่ทำหน้าที่ปรับแต่งสถานะของสัญญาณขึ้นมาเอง โดยจะใช้ไอซีเบอร์ 4N35 ประกอบอยู่ในวงจรที่ได้ออกแบบขึ้นด้วย เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการแยกสัญญาณทางไฟฟ้า ทำให้วงจรต้นแบบที่ได้วิจัยสามารถใช้งานได้ทนทานยิ่งขึ้น



รูปที่ 3-13 จอแสดงผลแบบแอลซีดีขนาด 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร (2 x 16 Char LCD)

จอแสดงผลแบบแอลซีดีขนาด 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร (2 x 16 Char LCD) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลแบบผลึกเหลว จอแสดงผลแบบแอลซีดี (LCD : Liquid Crystal Display) นั้นเป็นจอแสดงผลแบบ Dot Matrix โดยขนาดที่เลือกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ 2 x 16 หรือ 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร การแสดงผลแต่ละตัวอักษรจะมีความละเอียดเท่ากับ 5 x 8 จุด จอแสดงผลแบบแอลซีดีจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแสดงผลหรือหน้าจอ และ ส่วนควบคุม ในการเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงผลทางจอแสดงผลแบบแอลซีดี จะเป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อเข้าถึงไอซีที่ทำหน้าที่ควบคุมจอแอลซีดี จากนั้นไอซีที่ทำหน้าที่ควบคุมจอแอลซีดีจะรับหน้าที่เป็นตัวควบคุมจังหวะการทำงานทั้งหมดของจอเอง ในงานวิจัยนี้เราจะใช้จอแสดงผลแบบแอลซีดีขนาด 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร ในการแสดงผลของค่าที่อ่านได้ และส่วนติดต่อผู้ใช้ต่างๆที่จำเป็นต่อการใช้งาน



รูปที่ 3-14 บอร์ดอีเอสพีนโน (ESPino)

บอร์ดอีเอสพีนโน (ESPino) คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมโมดูลสื่อสารเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย (Wireless LAN) บอร์ดอีเอสพีนโนใช้โมดูล WROOM-02 (EFDV455) ชิพ ESP8266 Wi-Fi SoC จากทาง Espressif Systems ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32-bit แบบประหยัดพลังงาน ความเร็ว 80 MHz หน่วยความจำแบบแฟลชเมมโมรี่ 4 MB รองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายมาตรฐาน IEEE 802.11 b/g/n ความถี่ 2.4 GHz พร้อม TCP/IP Stack มีอินเตอร์เฟสได้แก่ GPIO SDIO PWM ADC HSPI UART I2C I2S สามารถพัฒนาบนแพลตฟอร์ม Arduino ด้วย BSP ของ ESP8266/Arduino พร้อมชิพ CP2104 เป็น USB-to-Serial สำหรับอัปโหลดโปรแกรมและวงจรถ่ายไฟโหลดอัตโนมัติ ไม่ต้องกดสวิตซ์ในขณะที่โปรแกรมบอร์ด เหมาะสำหรับงานด้าน IoT (Internet of Things) ในงานวิจัยนี้เราเลือกใช้บอร์ดอีเอสพีนโนทำหน้าที่เป็นบอร์ดควบคุมหลัก โปรแกรมที่ทีมวิจัยเขียนขึ้นจะถูกโหลดลงไปยังบอร์ดอีเอสพีนโนนี้



รูปที่ 3-15 สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ (Switch) ในงานวิจัยนี้เราเลือกใช้สวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ สวิตช์ถูกใช้เพื่อควบคุมการเริ่มต้นของการวัด

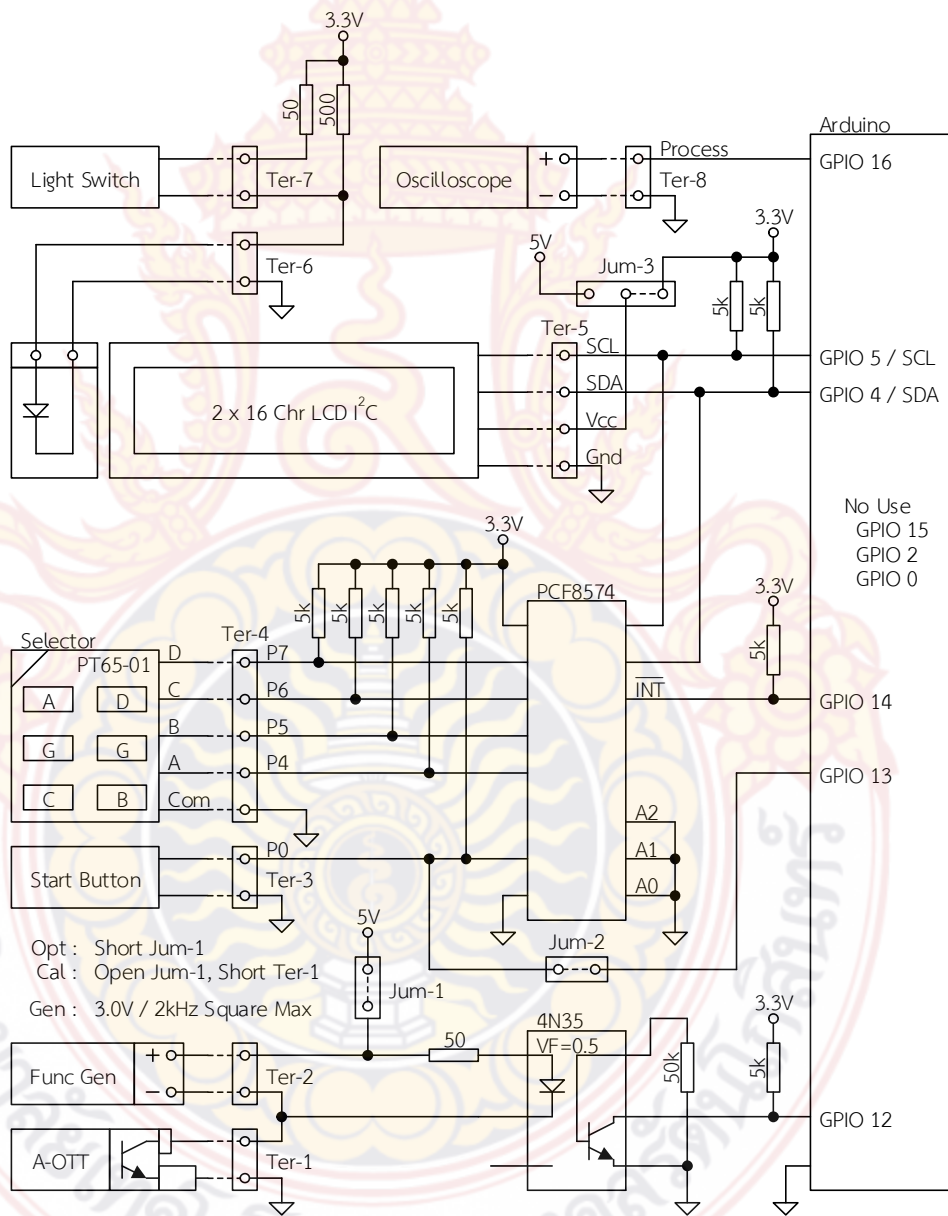


รูปที่ 3-16 ซีรีย่อมอนิเตอร์ (Serial Monitor)

ซีรีย่อมอนิเตอร์ (Serial Monitor) คือ เครื่องมือที่ถูกใช้ในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับ บอร์ดตระกูลอาร์ดิวายน์ ผ่านพอร์ตอนุกรม ทำให้เราสามารถรับค่าหรือส่งค่าใดๆไปยังบอร์ดตระกูลอาร์ดิวายน์ เพื่อให้บอร์ดตระกูลอาร์ดิวายน์ทำงานตามที่กำหนดไว้

3.2.2 วงจร (Circuit)

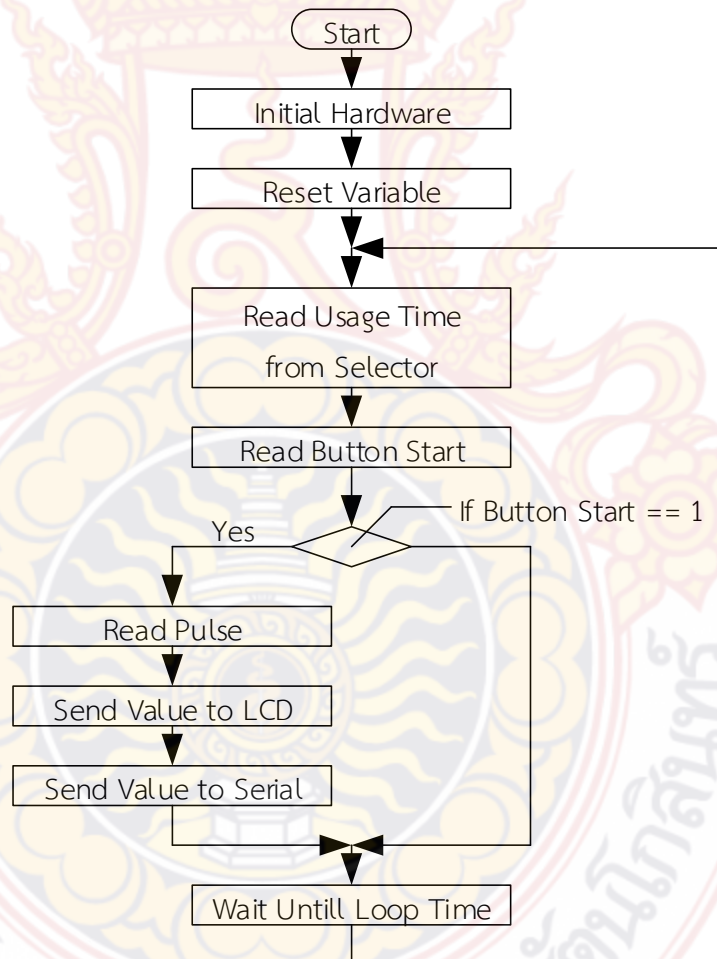
จากบล็อกไดอะแกรมที่মনักรวิชัยได้ทำการออกแบบวงจรเพื่อใช้ภายในอุปกรณ์ต้นแบบที่ได้มีการวิจัยและพัฒนาขึ้น วงจรที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3-17 เป็นวงจรที่ผ่านการทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดหลายครั้ง การปรับปรุงแก้ไขหลายครั้งเกิดจากผลที่ได้จากการทดลองไม่เป็นไปตามที่ต้องการ และการปรับปรุงแก้ไขอีกหลายครั้งเกิดจากความต้องการเพิ่มเติมของผู้ใช้ที่ร้องขอมา วงจรที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3-17 เป็นวงจรที่เป็นผลมาจากการออกแบบและถูกปรับปรุงแก้ไขจนสมบูรณ์ดีแล้ว



รูปที่ 3-17 วงจร (Circuit)

3.2.3 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Flowchart)

โปรแกรมที่ใช้ในเครื่องต้นแบบได้ถูกพัฒนาเขียนขึ้นระหว่างการออกแบบส่วนของวงจร ในระหว่างที่มีการออกแบบพัฒนาเครื่องต้นแบบ โปรแกรมจะถูกพัฒนาเขียนขึ้นควบคู่พร้อมกันไปด้วย และในระหว่างการทดลองหรือทดสอบ โปรแกรมที่ถูกใช้ในเครื่องต้นแบบนี้ก็จะถูกปรับปรุงแก้ไขอยู่อย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงแก้ไขหลายครั้งเกิดจากผลที่ได้จากการทดลองไม่เป็นไปตามที่ต้องการ และการปรับปรุงแก้ไขอีกหลายครั้งเกิดจากความต้องการเพิ่มเติมของผู้ใช้ที่ร้องขอมา ผลของโปรแกรมที่เสร็จสมบูรณ์ถูกใส่ไว้ในภาคผนวก จากโปรแกรมที่เสร็จสมบูรณ์ได้ถูกนำมาแสดงให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในรูปแบบแผนผังลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ดังรูปที่ 3-18 ซึ่งเป็นแผนผังลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่เป็นผลมาจากการออกแบบและถูกปรับปรุงแก้ไขจนสมบูรณ์ดีแล้ว

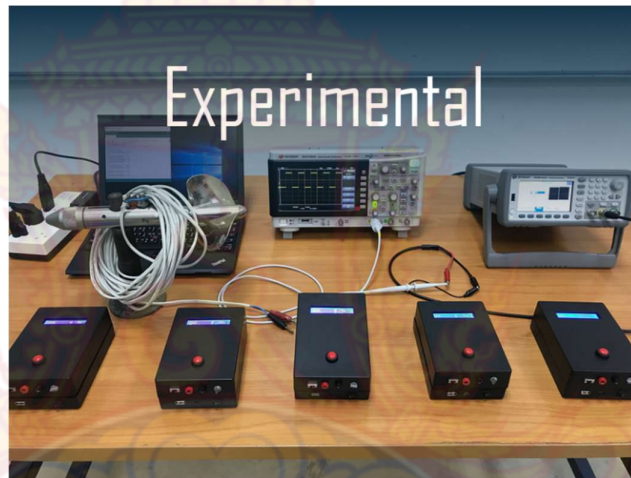


รูปที่ 3-18 แผนผังลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Flowchart)

บทที่ 4

การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองการทำงานของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น การทดลองจะทำการอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ โดยเราจะใช้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ในการจ่ายสัญญาณเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นจะทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น โดยมีการเทียบผลของการอ่านค่าที่ได้กับออสซิลโลสโคป



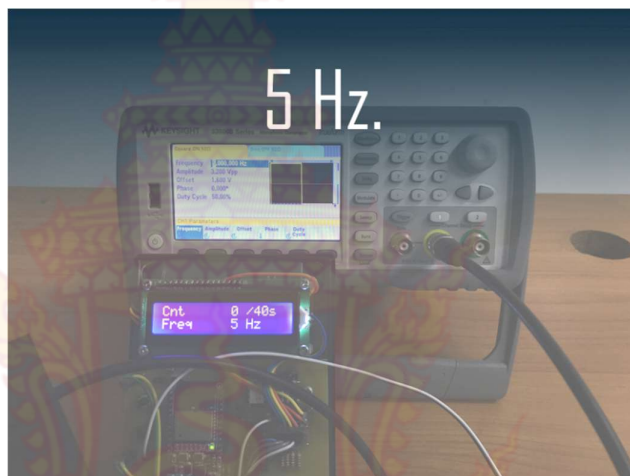
รูปที่ 4-1 การเตรียมการทดลอง



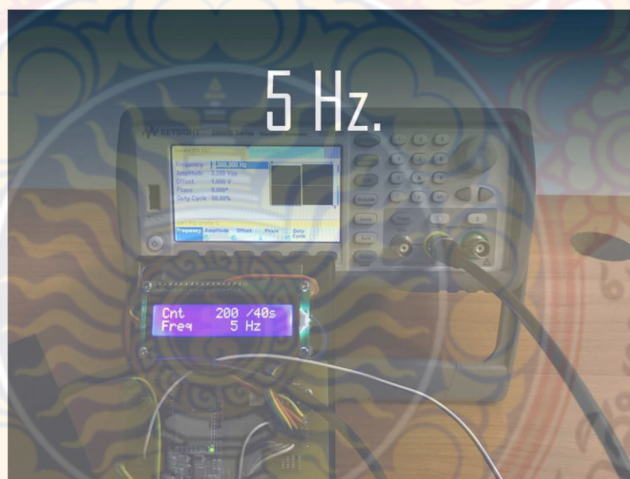
รูปที่ 4-2 การเตรียมการทดลอง

4.1 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 5 เฮิร์ตซ์

ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จ่ายเอาต์พุต สัญญาณสี่เหลี่ยม ในรูปแบบสัญญาณพัลส์ที่ที่แอล ที่ความถี่ 5 เฮิร์ตซ์ เพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัย ออกแบบสร้างขึ้น



รูปที่ 4-3 ทดลองที่ความถี่ 5 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน



รูปที่ 4-4 ทดลองที่ความถี่ 5 เฮิร์ตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที

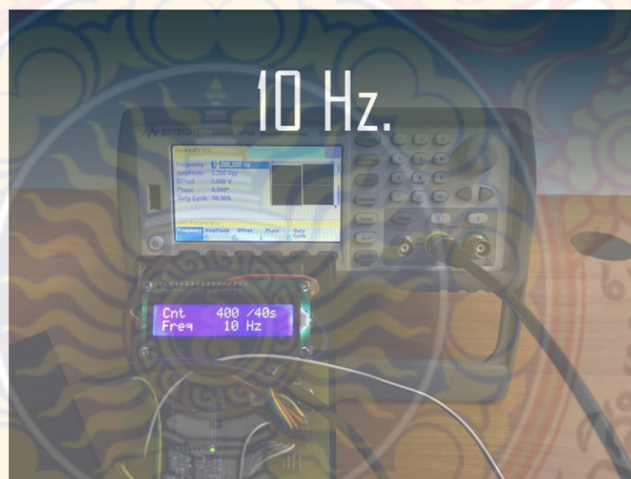
ผลจากการทดลองที่ความถี่ 5 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน และ การทดลองโดยเลือก ระยะเวลาอ่าน 40 วินาที มีผลการวัดถูกต้อง 100%

4.2 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์

ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จ่ายเอาต์พุต สัญญาณสี่เหลี่ยม ในรูปแบบสัญญาณพัลส์ที่ที่แอล ที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ เพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น



รูปที่ 4-5 ทดลองที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน

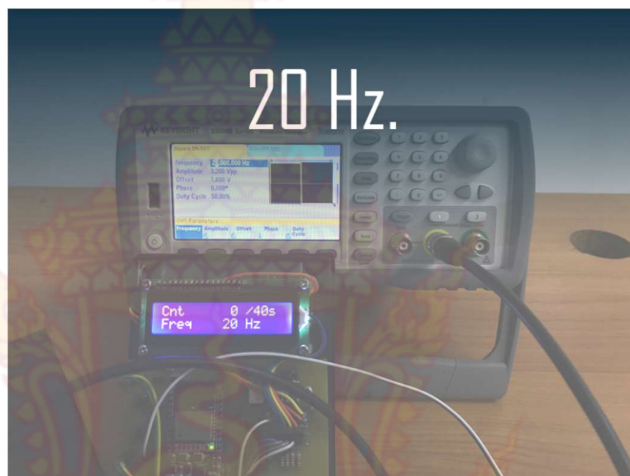


รูปที่ 4-6 ทดลองที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที

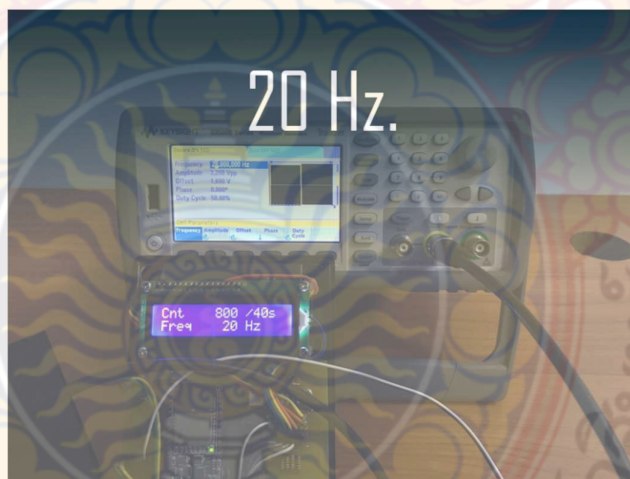
ผลจากการทดลองที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน และ การทดลองโดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที มีผลการวัดถูกต้อง 100%

4.3 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 20 เฮิร์ตซ์

ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จ่ายเอาต์พุต สัญญาณสี่เหลี่ยม ในรูปแบบสัญญาณพัลส์ที่ที่แอล ที่ความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ เพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น



รูปที่ 4-7 ทดลองที่ความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน

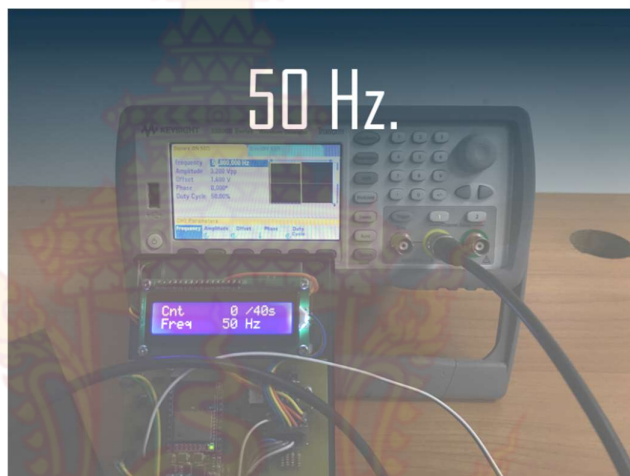


รูปที่ 4-8 ทดลองที่ความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที

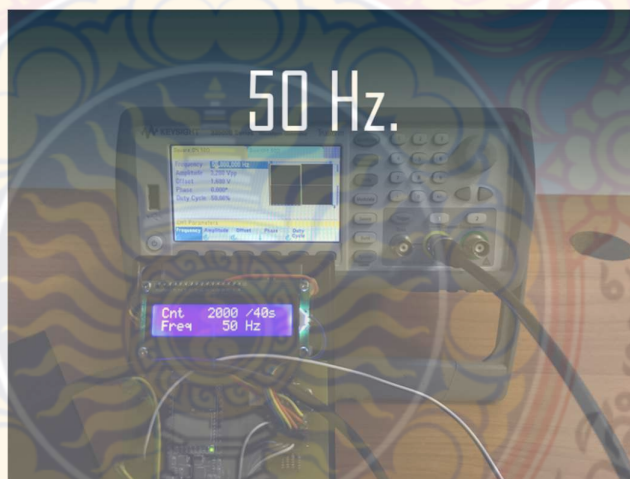
ผลจากการทดลองที่ความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน และ การทดลองโดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที มีผลการวัดถูกต้อง 100%

4.4 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์

ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จ่ายเอาต์พุต สัญญาณสี่เหลี่ยม ในรูปแบบสัญญาณพัลส์ที่ที่แอล ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ เพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น



รูปที่ 4-9 ทดลองที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน



รูปที่ 4-10 ทดลองที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที

ผลจากการทดลองที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน และ การทดลองโดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที มีผลการวัดถูกต้อง 100%

4.5 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 100 เฮิร์ตซ์

ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จ่ายเอาต์พุต สัญญาณสี่เหลี่ยม ในรูปแบบสัญญาณพัลส์ที่ที่แอล ที่ความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ เพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น



รูปที่ 4-11 ทดลองที่ความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน

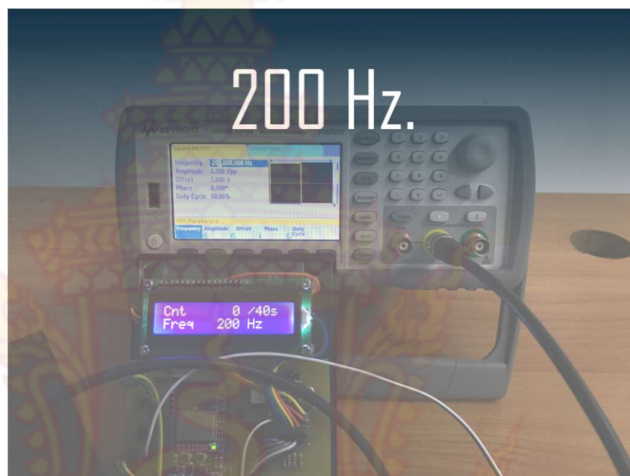


รูปที่ 4-12 ทดลองที่ความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที

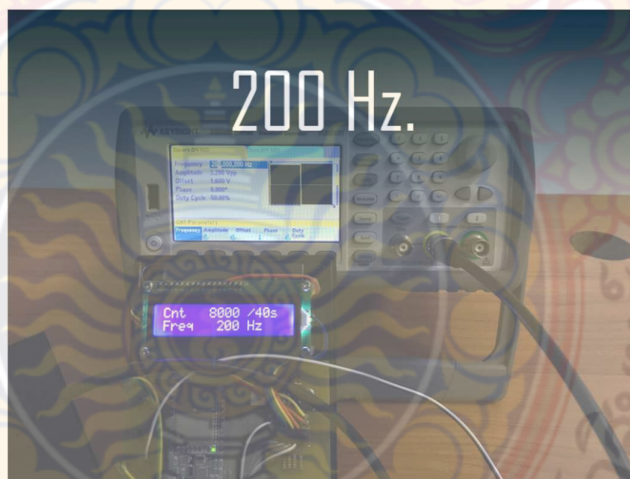
ผลจากการทดลองที่ความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน และ การทดลองโดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที มีผลการวัดถูกต้อง 100%

4.6 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 200 เฮิรตซ์

ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จ่ายเอาต์พุต สัญญาณสี่เหลี่ยม ในรูปแบบสัญญาณพัลส์ที่ที่แอล ที่ความถี่ 200 เฮิรตซ์ เพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น



รูปที่ 4-13 ทดลองที่ความถี่ 200 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน

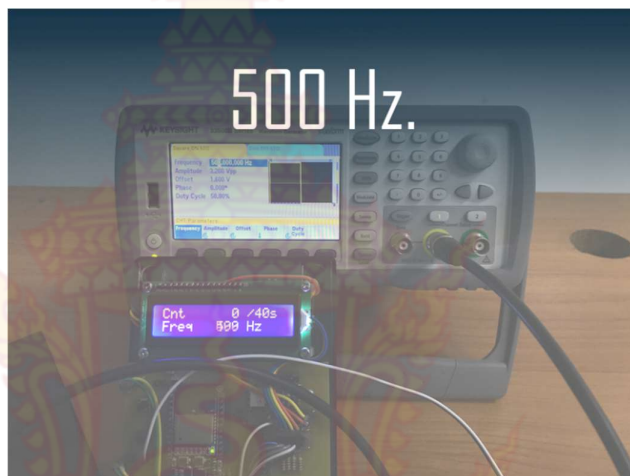


รูปที่ 4-14 ทดลองที่ความถี่ 200 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที

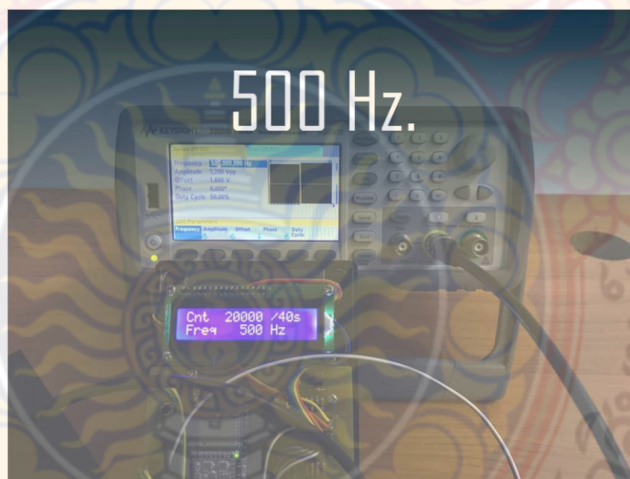
ผลจากการทดลองที่ความถี่ 200 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน และ การทดลองโดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที มีผลการวัดถูกต้อง 100%

4.7 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์

ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จ่ายเอาต์พุต สัญญาณสี่เหลี่ยม ในรูปแบบสัญญาณพัลส์ที่ที่แอล ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ เพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น



รูปที่ 4-15 ทดลองที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน

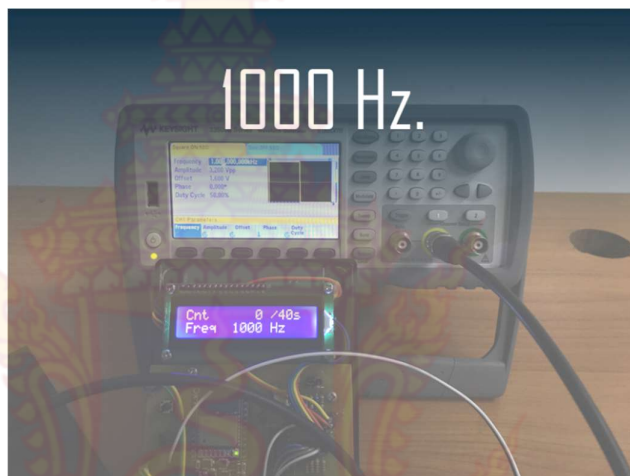


รูปที่ 4-16 ทดลองที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที

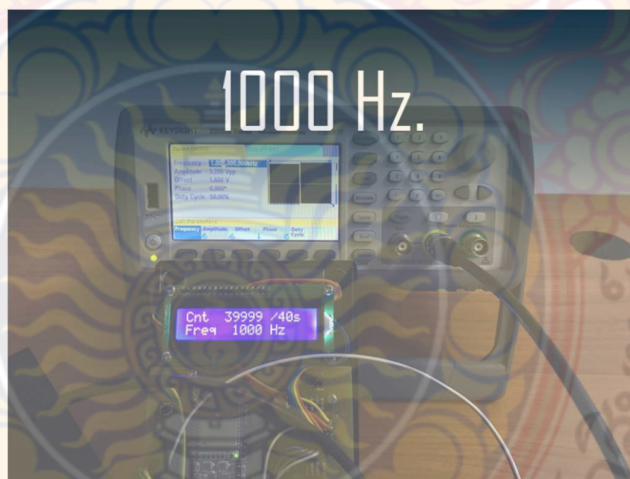
ผลจากการทดลองที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน และ การทดลองโดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที มีผลการวัดถูกต้อง 100%

4.8 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์

ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จ่ายเอาต์พุต สัญญาณสี่เหลี่ยม ในรูปแบบสัญญาณพัลส์ที่ที่แอล ที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ เพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น



รูปที่ 4-17 ทดลองที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน



รูปที่ 4-18 ทดลองที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที

ผลจากการทดลองที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน และ การทดลองโดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที พบว่ามีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 0.1%

4.9 การอ่านค่าความถี่จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์

ทำการทดลองด้วยการกำหนดให้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จ่ายเอาต์พุท สัญญาณสี่เหลี่ยม ในรูปแบบสัญญาณพัลส์ที่ที่แอล ที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ เพื่อเป็นการจำลองสัญญาณที่ได้จากมิเตอร์ A-OTT C 31 จากนั้นทำการสังเกตผลที่ได้ทางหน้าจอแอลซีดีของเครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำที่ได้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น



รูปที่ 4-19 ทดลองที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน



รูปที่ 4-20 ทดลองที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ โดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที

ผลจากการทดลองที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ ขณะยังไม่กดปุ่มเริ่มทำงาน และ การทดลองโดยเลือกระยะเวลาอ่าน 40 วินาที พบว่ามีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 0.1%

4.10 ทดลองนำต้นแบบไปใช้งานจริง

เมื่อต้นแบบเสร็จพร้อมใช้งาน ทีมวิจัยได้มีการลงพื้นที่เพื่อส่งมอบเครื่องต้นแบบให้ทางผู้ใช้นำไปทดสอบใช้งาน และหลังจากผู้ใช้งานได้มีการใช้งานอยู่สักระยะ ทีมวิจัยจะมีการสอบถามเพื่อรับข้อเสนอแนะเพื่อนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง และนำกลับไปให้ผู้ใช้งานได้ทดสอบการใช้งานและเสนอแนะข้อแก้ไขอีก จนกระทั่งเครื่องต้นแบบ เครื่องอ่านความเร็วของกระแสน้ำออกแบบสร้างขึ้นสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 4-21 ลงพื้นที่เพื่อส่งมอบเครื่องต้นแบบให้ทดสอบใช้งาน



ศูนย์อุทกวิทยา กรมชลประทาน
ชลประทานภาคตะวันออก

เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำในลุ่มแม่น้ำ
กรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มทร.รัตนโกสินทร์ ศาลายา

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มทร.รัตนโกสินทร์ ศาลายา

รูปที่ 4-22 ลงพื้นที่เพื่อส่งมอบเครื่องต้นแบบให้ทดสอบใช้งาน

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองสร้าง เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำในลุ่มแม่น้ำ และนำไปใช้งานจริง โดยมีการส่งมอบ เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำในลุ่มแม่น้ำ ที่ได้วิจัยและพัฒนาสร้างขึ้นนี้ให้กับทาง กรมชลประทาน เพื่อลดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือวัดความเร็วของกระแสน้ำรุ่นใหม่ได้ ทั้งยังสามารถนำเครื่องมือวัดกระแสน้ำรุ่นเก่าที่มีอยู่มาซ่อมบำรุงให้สามารถกลับมาใช้งานต่อได้ด้วย โดยเครื่องมือที่ได้ทำการวิจัยและพัฒนาขึ้นชิ้นนี้ ถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่น ทำให้ลดความยุ่งยากในการปฏิบัติงานภาคสนามของเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทานได้เป็นอย่างดี

จากการที่ทีมนักวิจัยส่งมอบเครื่องต้นแบบให้กับทาง กรมชลประทาน เพื่อนำไปทดลองใช้งาน ทีมนักวิจัยได้มีการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งาน และนำข้อมูลที่ได้รับมาปรับปรุงต้นแบบอยู่หลายครั้งจนเป็นที่พึงพอใจ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการนำไปใช้งาน

สุดท้ายนี้ ทีมนักวิจัยเห็นว่าผู้ใช้งานมีความต้องการจำนวนเครื่องเพิ่มเติมอีกมาก ทีมนักวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อให้เกิดการส่งมอบเครื่องเพิ่มเติมให้ในภายหลัง

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

5.2.1 ในต้นแบบชิ้นที่ 1 มีการกำหนดช่วงเวลาในการวัดคงที่ไว้ที่ 40 วินาที ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถเปลี่ยนค่าได้ ทีมนักวิจัยจึงกลับมาปรับปรุงวงจรและโปรแกรมในต้นแบบชิ้นต่อไป

5.2.2 ระยะทางไปลงพื้นที่มีความไกลพอสมควร

5.2.3 ผู้ใช้อยากได้เครื่องเพิ่มเติม ทีมนักวิจัยเตรียมนำเสนองานในระยะต่อไป

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์ / ประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาอื่นๆ

5.3.1 นำไปใช้งานทดแทน เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำในลุ่มแม่น้ำ รุ่นเก่าที่มีการชำรุดหรืออยู่ระหว่างการซ่อมบำรุงได้

5.3.2 ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่ฝ่ายมาตรฐานเครื่องมืออุทกวิทยา กรมชลประทาน เพื่อนำไปสู่การวิจัยเรื่องอื่นที่จะเกิดประโยชน์กับผู้ต่อไป

บรรณานุกรม

[1] ปราโมท พลพจนาวี. **หลักการคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน**. การจัดการความรู้ตามแผนการจัดการความรู้เพื่อสนับสนุนประเด็นยุทธศาสตร์กรมชลประทานประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554, คณะทำงานสร้างความรู้ตามแผนการจัดการความรู้ของสำนักชลประทานที่ 8 ประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2554.

[2] GPI. 2018. **Gurley Precision Instruments**. [Online].
Available : <http://www.gurley.com/GPIhydro/meters.htm>.

[3] RECLAMATION Managing Water in the West. 2018. **CHAPTER 10 – CURRENT METERS**. [Online].
Available : https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/mands/wmm/chap10_07.html.

[4] OTT Hydromet. **OTT C31 Universal Current Meter**. Quantitative Hydrology. OTT Hydromet GmbH & Co. KG. www.ott.com. 10.001.001.P.E Version 06/2017.

[5] ThaiEasyElec. **ESPino Wifi Development Board By ThaiEasyElec**. [Online].
Available : <https://www.thaieasyelec.com/products/development-boards/esp/espino-wifi-development-board-detail.html>.



ประวัติผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-นามสกุล นายสัญญา สมัยมาก
(Mr.Sanya Samaimak)

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
96 หมู่ 3 ถนนพุทธมณฑลสาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170
หมายเลขโทรศัพท์ที่ทำงาน 02-8894585-7 ต่อ 2690 โทรศัพท์มือถือ 086-860-4444
โทรสาร 02-8894585-7 ต่อ 2695 (E-mail): sanya.sam@rmutr.ac.th
สาขาวิชาที่มีความชำนาญ Microcontroller, Instrumentation and Controller

2. ผู้ร่วมโครงการ

ชื่อ-นามสกุล นายเจษฎาพร สถานทรัพย์
(Mr.Jetsdaporn Satansup)

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
96 หมู่ 3 ถนนพุทธมณฑลสาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170
หมายเลขโทรศัพท์ที่ทำงาน 02-8894585-7 ต่อ 2690 โทรศัพท์มือถือ 086 701 5882
โทรสาร 02-8894585-7 ต่อ 2695 (E-mail): jetsdaporn.s@rmutr.ac.th
สาขาวิชาที่มีความชำนาญ Instrumentation and Controller



ภาคผนวก ก
แบบร่าง



ภาคผนวก ข

Datasheet



ภาคผนวก ค

วงจร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



ภาคผนวก ง
โปรแกรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

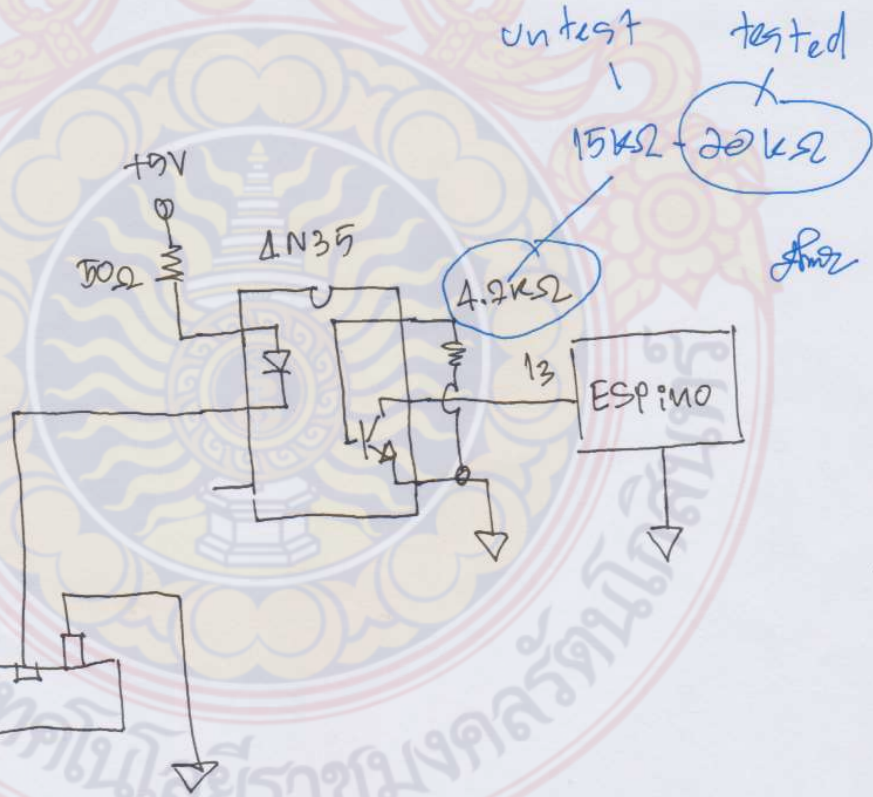
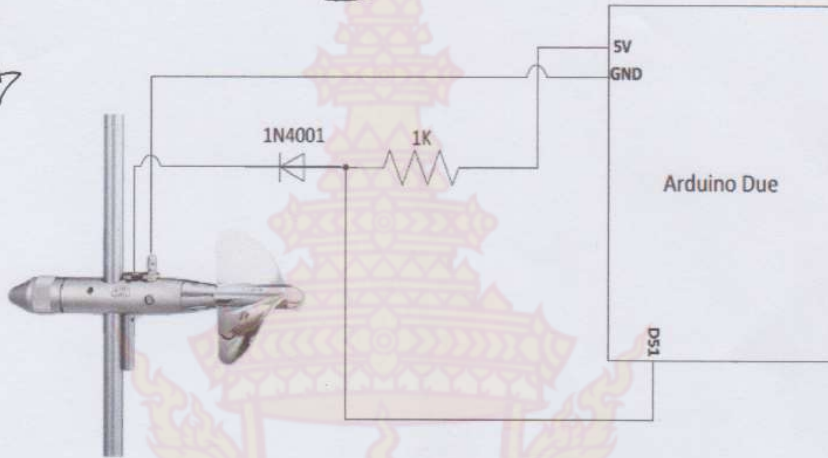
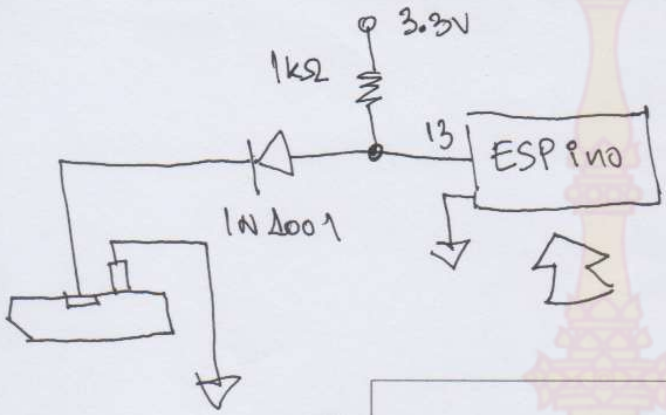


ภาคผนวก จ
สัญญาผลลัพธ์

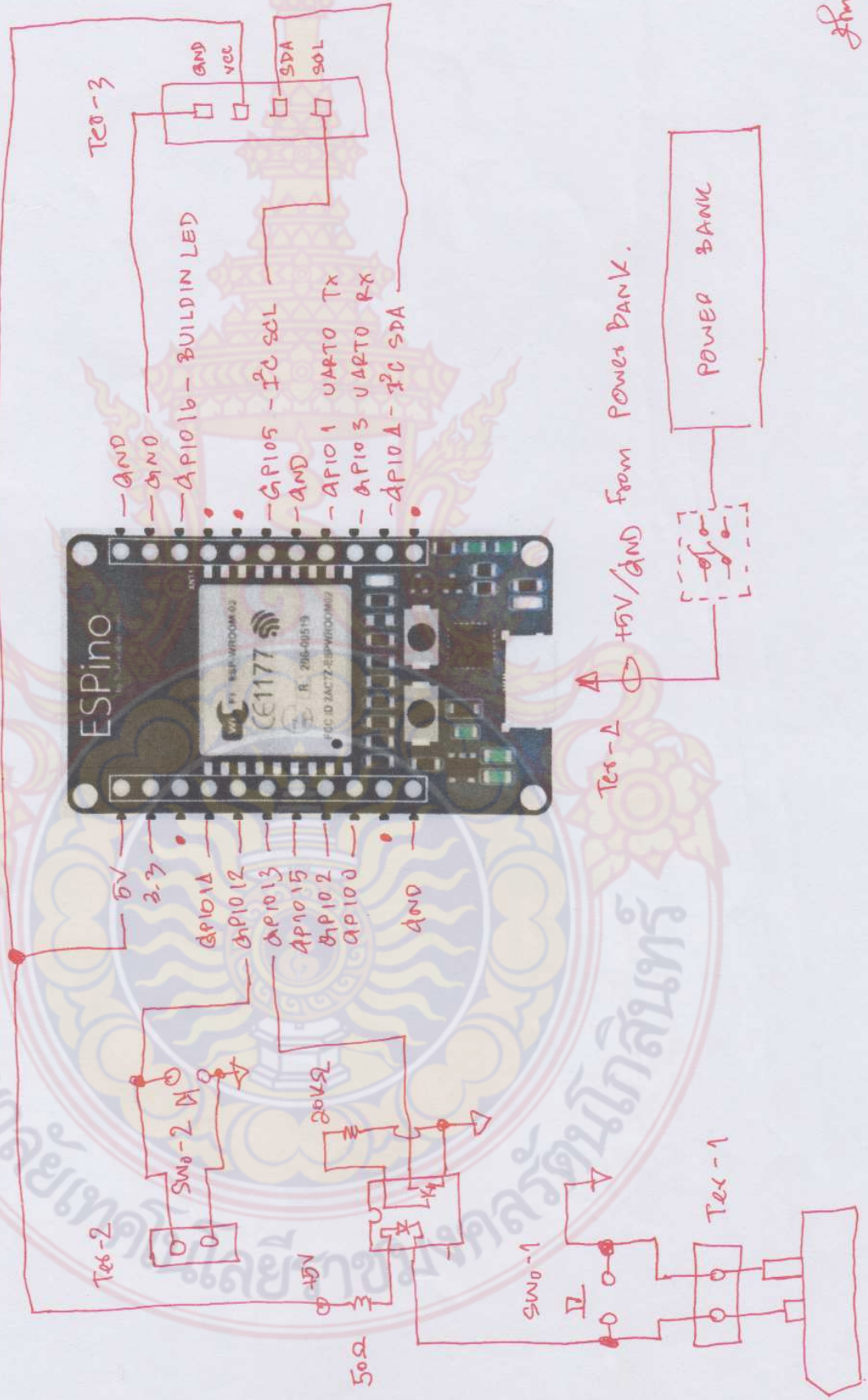
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



ภาคผนวก ฉ
ผลงานวิจัย



RID Project : Flow Velocity Meter for Tides in the River



Shw2
2018-08-25

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

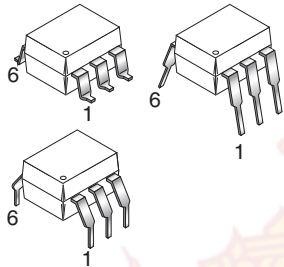
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

WHITE PACKAGE (-M SUFFIX)

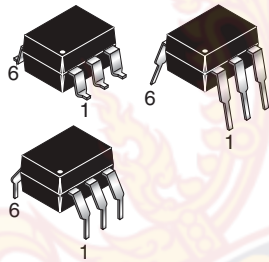


SCHEMATIC



PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NO CONNECTION
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

BLACK PACKAGE (NO -M SUFFIX)



DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94766)
 - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
 - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

APPLICATIONS

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Value	Units
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	T_{STG}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{OPR}	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Wave solder temperature (see page 14 for reflow solder profiles)	T_{SOL}	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250 3.3 (non-M), 2.94 (-M)	mW
EMITTER			
DC/Average Forward Input Current	I_F	100 (non-M), 60 (-M)	mA
Reverse Input Voltage	V_R	6	V
Forward Current - Peak (300 μs , 2% Duty Cycle)	$I_{F(pk)}$	3	A
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150 (non-M), 120 (-M) 2.0 (non-M), 1.41 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$
DETECTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	V
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	70	V
Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	7	V
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150 2.0 (non-M), 1.76 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Unit
EMITTER						
Input Forward Voltage	($I_F = 10 \text{ mA}$)	V_F		1.18	1.50	V
Reverse Leakage Current	($V_R = 6.0 \text{ V}$)	I_R		0.001	10	μA
DETECTOR						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	($I_C = 1.0 \text{ mA}$, $I_F = 0$)	BV_{CEO}	30	100		V
Collector-Base Breakdown Voltage	($I_C = 100 \mu\text{A}$, $I_F = 0$)	BV_{CBO}	70	120		V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	($I_E = 100 \mu\text{A}$, $I_F = 0$)	BV_{ECO}	7	10		V
Collector-Emitter Dark Current	($V_{CE} = 10 \text{ V}$, $I_F = 0$)	I_{CEO}		1	50	nA
Collector-Base Dark Current	($V_{CB} = 10 \text{ V}$)	I_{CBO}			20	nA
Capacitance	($V_{CE} = 0 \text{ V}$, $f = 1 \text{ MHz}$)	C_{CE}		8		pF

ISOLATION CHARACTERISTICS

Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	(Non '-M', Black Package) ($f = 60 \text{ Hz}$, $t = 1 \text{ min}$)	V_{ISO}	5300			Vac(rms)
	('M', White Package) ($f = 60 \text{ Hz}$, $t = 1 \text{ sec}$)		7500			Vac(pk)
Isolation Resistance	($V_{I-O} = 500 \text{ VDC}$)	R_{ISO}	10^{11}			Ω
Isolation Capacitance	($V_{I-O} = \&$, $f = 1 \text{ MHz}$)	C_{ISO}		0.5		pF
	('M' White Package)			0.2	2	pF

Note

* Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Unit
Current Transfer Ratio, Collector to Emitter	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V})$	CTR	4N35 4N36 4N37	100			%
			H11A1	50			
			H11A5	30			
	4N25 4N26 H11A2 H11A3		20				
	4N27 4N28 H11A4		10				
	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = -55^\circ\text{C})$		4N35 4N36 4N37	40			
$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = +100^\circ\text{C})$	4N35 4N36 4N37	40					
Collector-Emitter Saturation Voltage	$(I_C = 2 \text{ mA}, I_F = 50 \text{ mA})$	$V_{CE(SAT)}$	4N25 4N26 4N27 4N28			0.5	V
	$(I_C = 0.5 \text{ mA}, I_F = 10 \text{ mA})$		4N35 4N36 4N37			0.3	
			H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5			0.4	
AC Characteristic							
Non-Saturated Turn-on Time	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$ (Fig.20)	T_{ON}	4N25 4N26 4N27 4N28 H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5		2		μs
Non Saturated Turn-on Time	$(I_C = 2 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$ (Fig.20)	T_{ON}	4N35 4N36 4N37		2	10	μs

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.) (Continued)

AC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Unit
Turn-off Time	($I_F = 10 \text{ mA}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_L = 100\Omega$) (Fig.20)	T_{OFF}	4N25 4N26 4N27 4N28 H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5		2		μs
	($I_C = 2 \text{ mA}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_L = 100\Omega$) (Fig.20)		4N35 4N36 4N37		2	10	

* Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$



**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

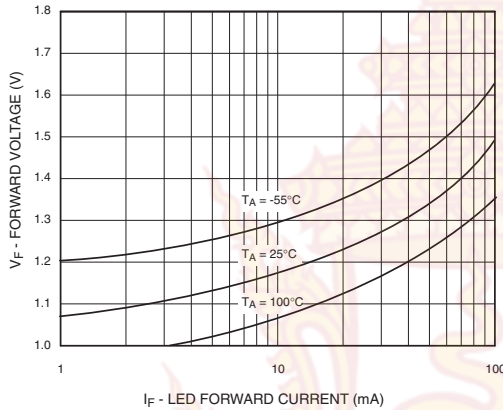
**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

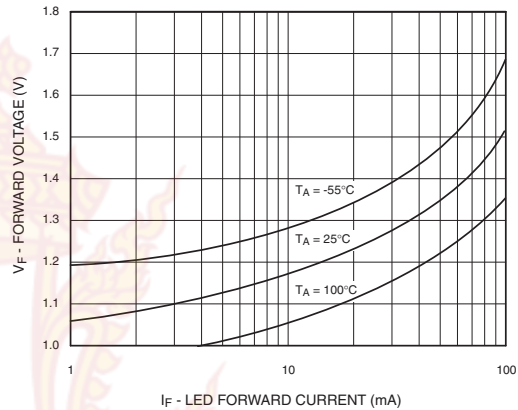
**4N36
H11A5**

TYPICAL PERFORMANCE CURVES

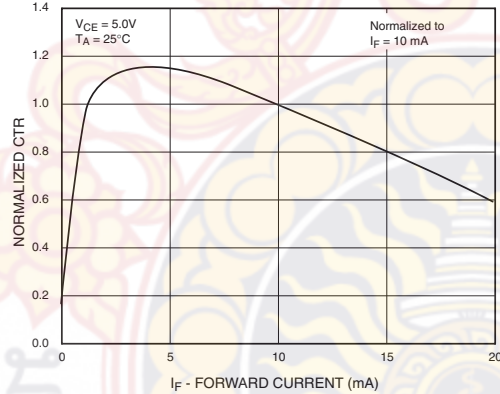
**Fig. 1 LED Forward Voltage vs. Forward Current
(Black Package)**



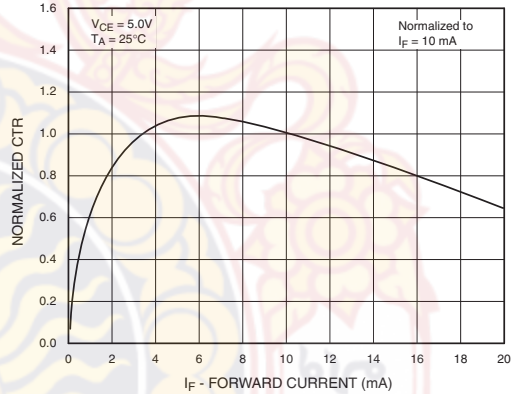
**Fig. 2 LED Forward Voltage vs. Forward Current
(White Package)**



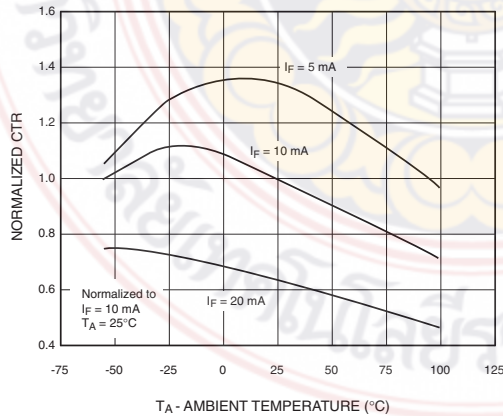
**Fig.3 Normalized CTR vs. Forward Current
(Black Package)**



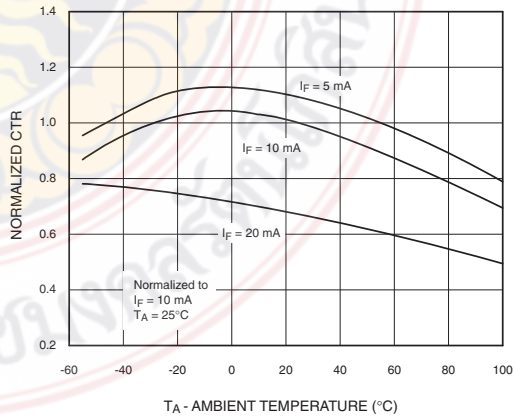
**Fig.4 Normalized CTR vs. Forward Current
(White Package)**



**Fig. 5 Normalized CTR vs. Ambient Temperature
(Black Package)**



**Fig. 6 Normalized CTR vs. Ambient Temperature
(White Package)**



**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

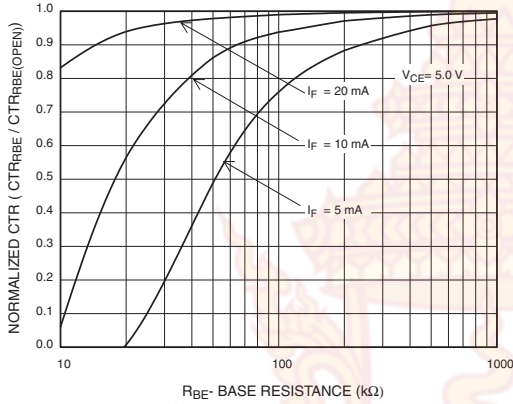
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

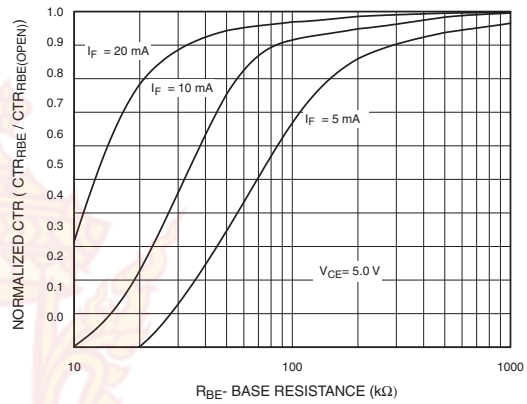
**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

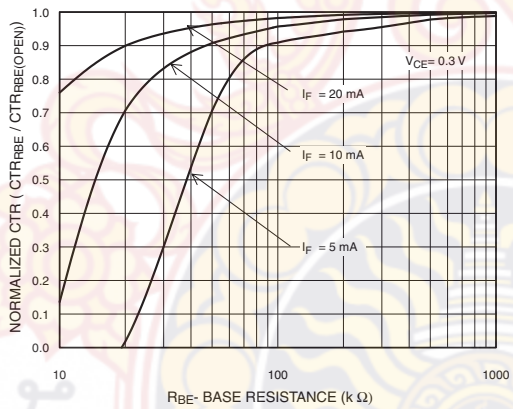
**Fig. 7 CTR vs. RBE (Unsaturated)
(Black Package)**



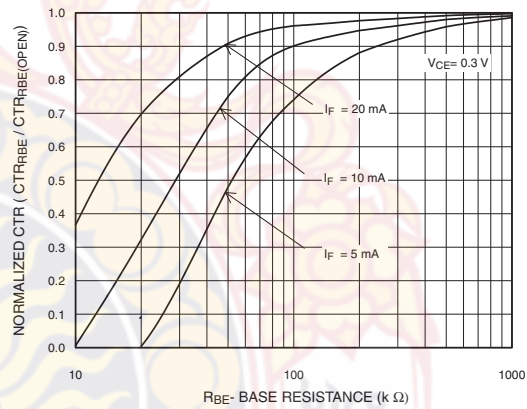
**Fig. 8 CTR vs. RBE (Unsaturated)
(White Package)**



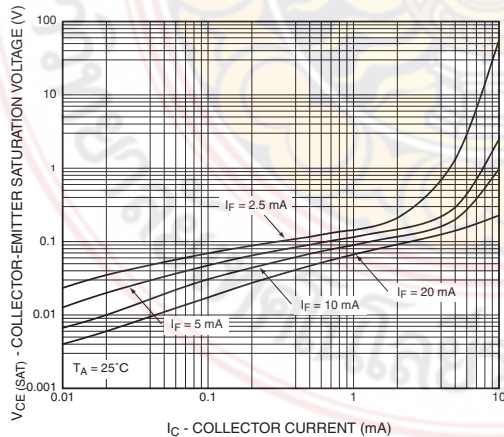
**Fig. 9 CTR vs. RBE (Saturated)
(Black Package)**



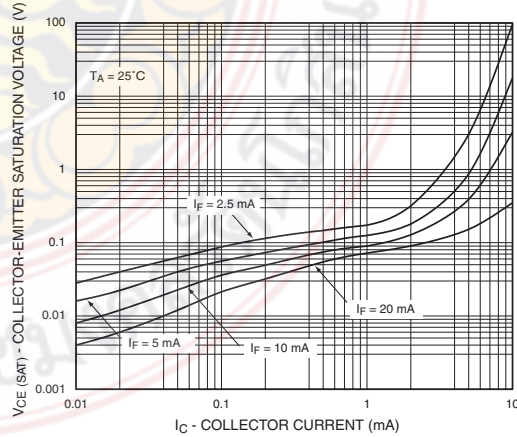
**Fig. 10 CTR vs. RBE (Saturated)
(White Package)**



**Fig. 11 Collector-Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current
(Black Package)**



**Fig. 12 Collector-Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current
(White Package)**



**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

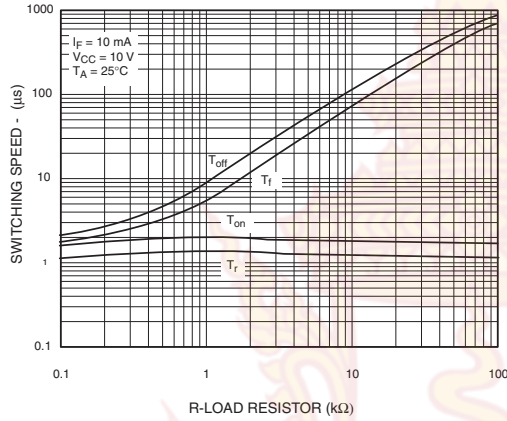
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

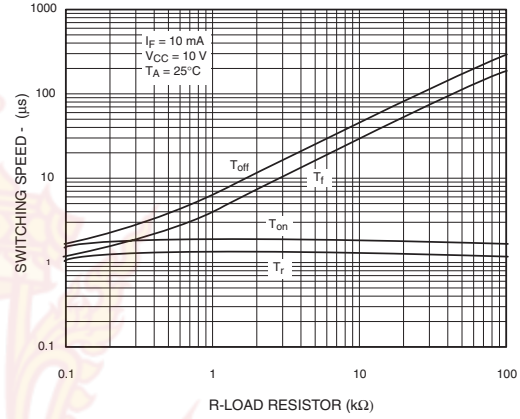
**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

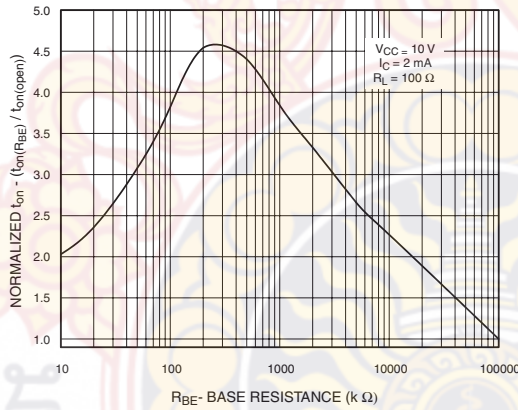
**Fig. 13 Switching Speed vs. Load Resistor
(Black Package)**



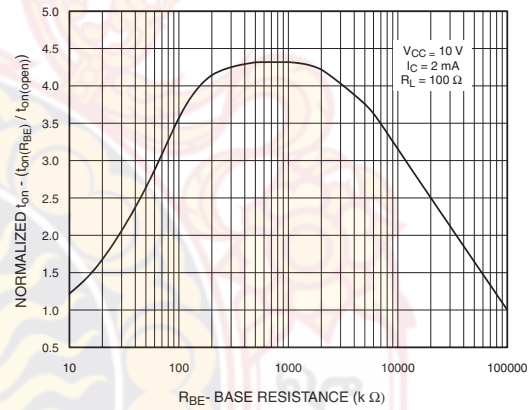
**Fig. 14 Switching Speed vs. Load Resistor
(White Package)**



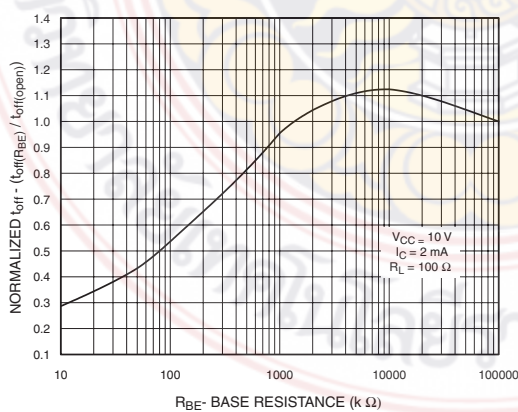
**Fig. 15 Normalized t_{on} vs. R_{BE}
(Black Package)**



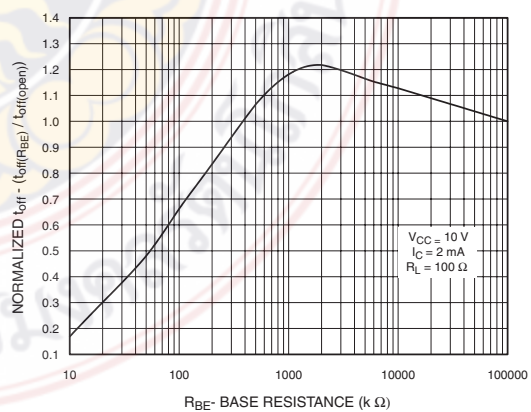
**Fig. 16 Normalized t_{on} vs. R_{BE}
(White Package)**



**Fig. 17 Normalized t_{off} vs. R_{BE}
(Black Package)**



**Fig. 18 Normalized t_{off} vs. R_{BE}
(White Package)**



4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

Fig. 19 Dark Current vs. Ambient Temperature

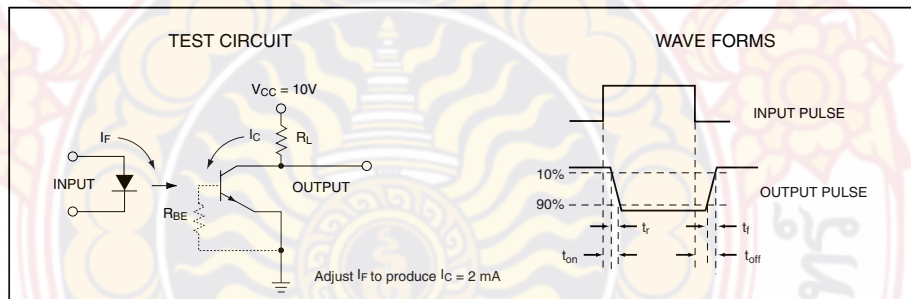
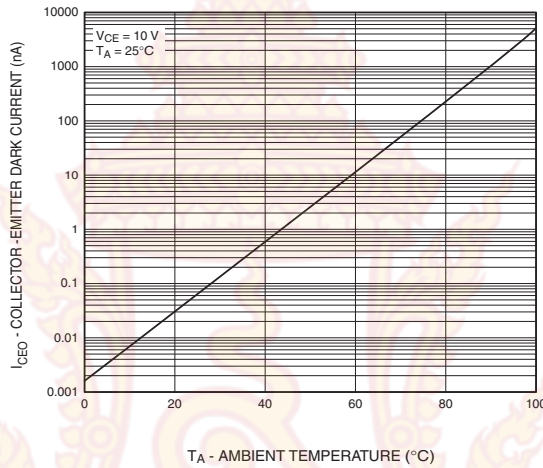


Figure 20. Switching Time Test Circuit and Waveforms

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

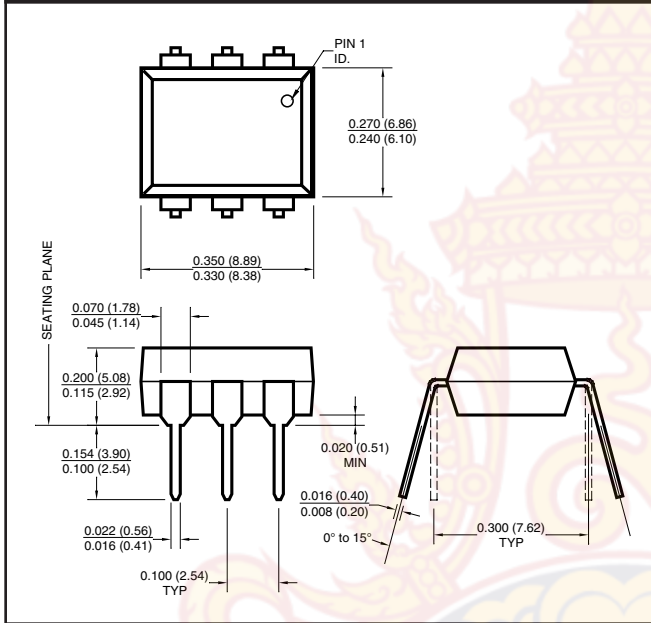
**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

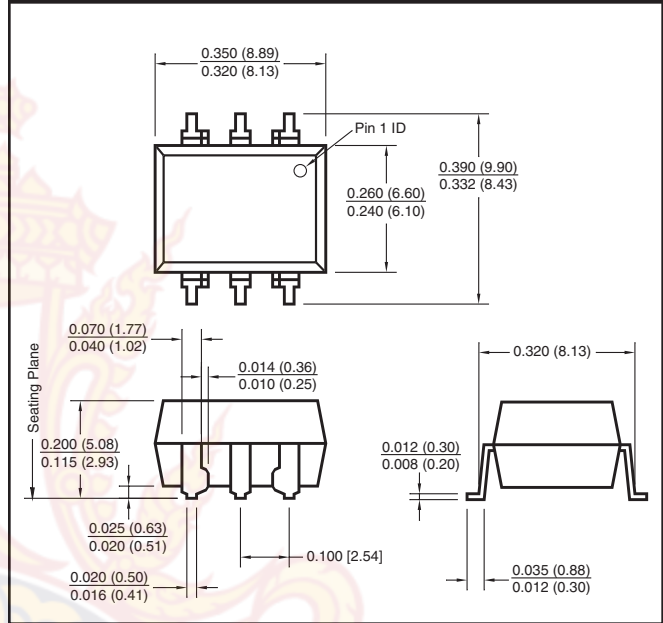
**4N36
H11A5**

Black Package (No -M Suffix)

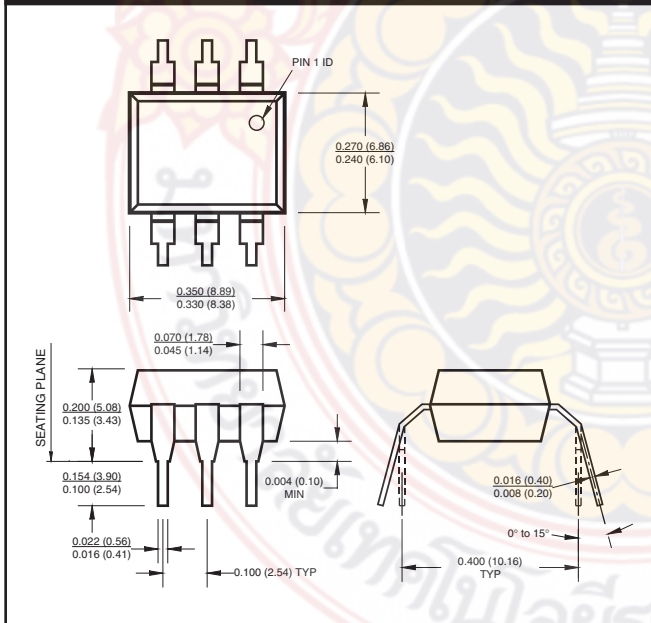
Package Dimensions (Through Hole)



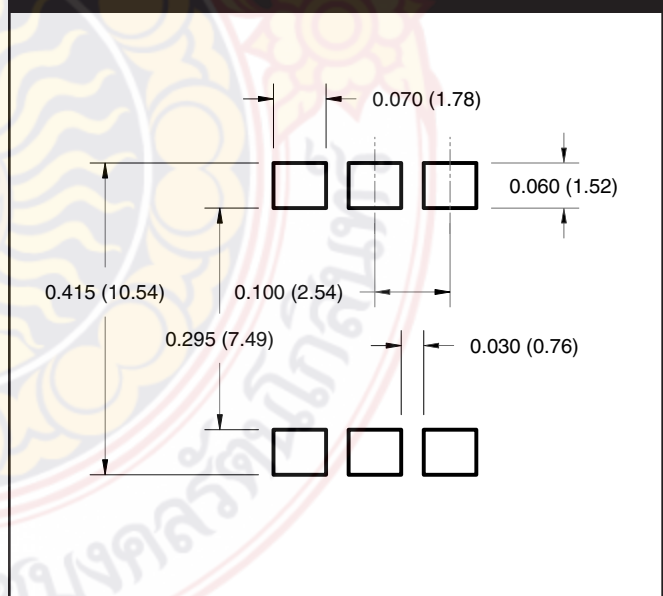
Package Dimensions (Surface Mount)



Package Dimensions (0.4" Lead Spacing)



**Recommended Pad Layout for
Surface Mount Leadform**



NOTE

All dimensions are in inches (millimeters)

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

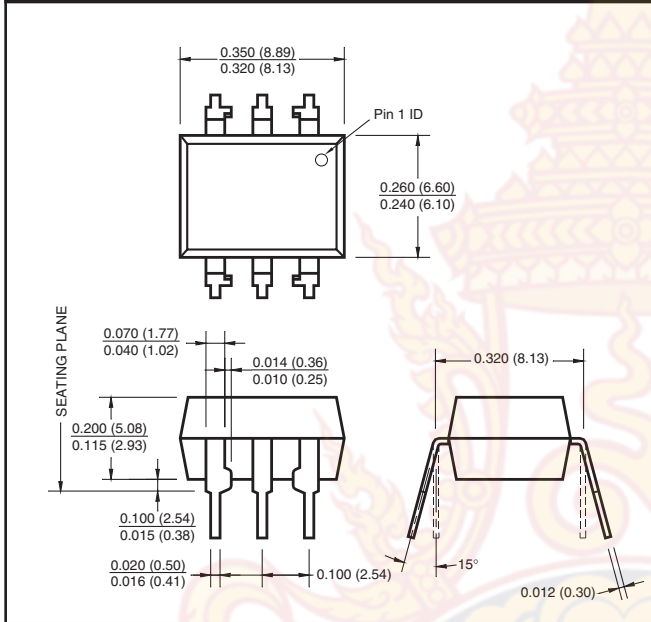
**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

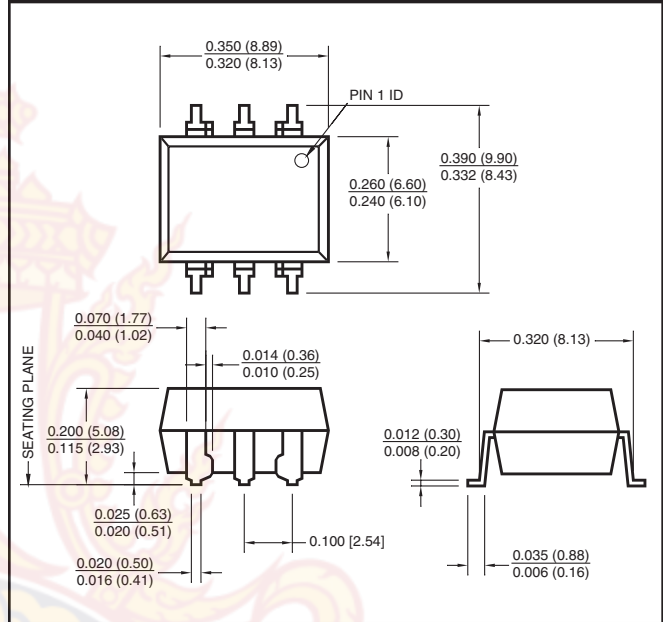
**4N36
H11A5**

White Package (-M Suffix)

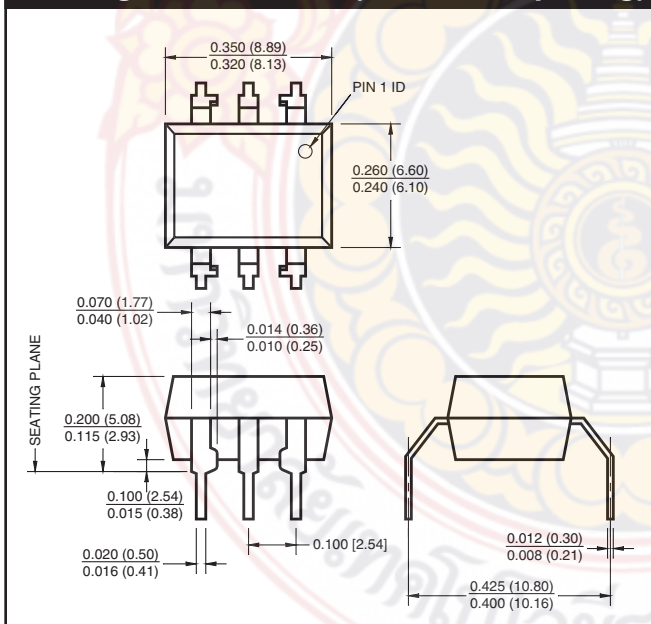
Package Dimensions (Through Hole)



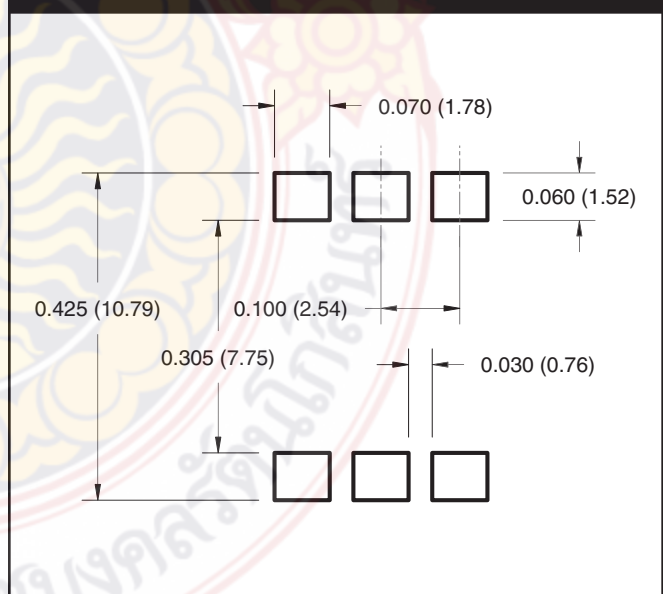
Package Dimensions (Surface Mount)



Package Dimensions (0.4" Lead Spacing)



**Recommended Pad Layout for
Surface Mount Leadform**



NOTE

All dimensions are in inches (millimeters)

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

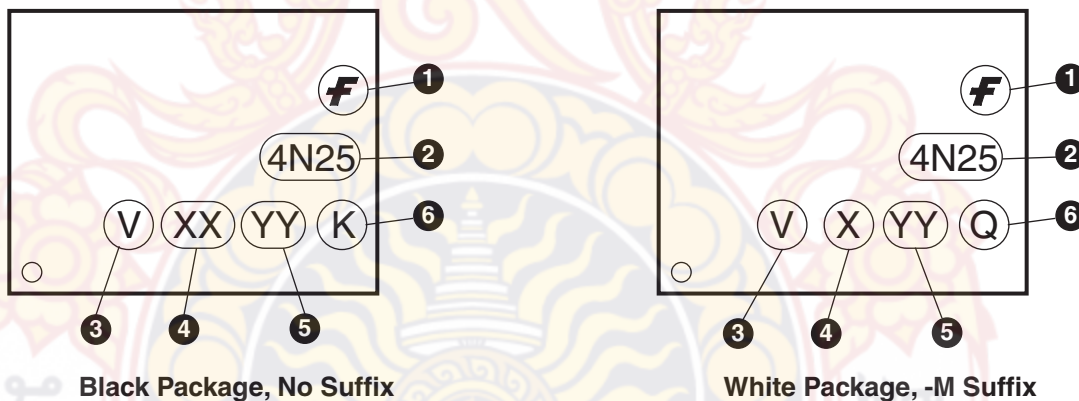
**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

ORDERING INFORMATION

Order Entry Identifier		
Black Package (No Suffix)	White Package (-M Suffix)	Option
.S	S	Surface Mount Lead Bend
.SD	SR2	Surface Mount; Tape and reel
.W	T	0.4" Lead Spacing
.300	V	VDE 0884
.300W	TV	VDE 0884, 0.4" Lead Spacing
.3S	SV	VDE 0884, Surface Mount
.3SD	SR2V	VDE 0884, Surface Mount, Tape & Reel

MARKING INFORMATION



Definitions	
1	Fairchild logo
2	Device number
3	VDE mark (Note: Only appears on parts ordered with VDE option – See order entry table)
4	One or two digit year code • Two digits for black package parts, e.g., '03' • One digit for white package parts, e.g., '3'
5	Two digit work week ranging from '01' to '53'
6	Assembly package code

*Note – Parts built in the white package (M suffix) that do not have the 'V' option (see definition 3 above) that are marked with date code '325' or earlier are marked in the portrait format.

4N25
4N37

4N26
H11A1

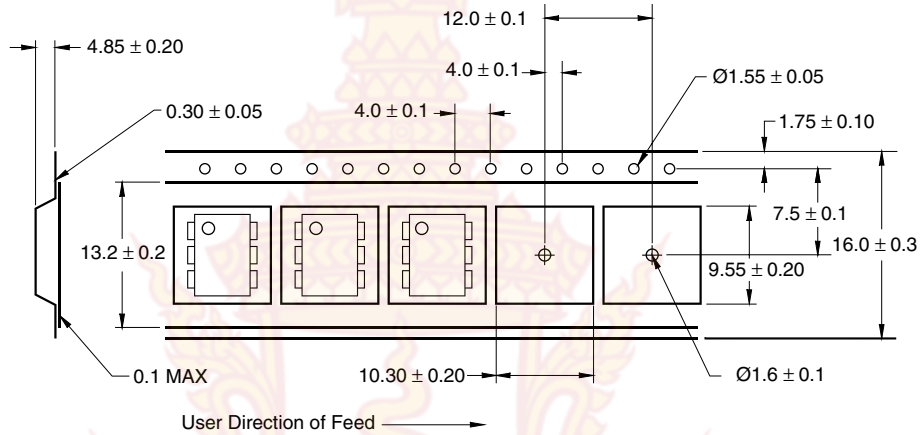
4N27
H11A2

4N28
H11A3

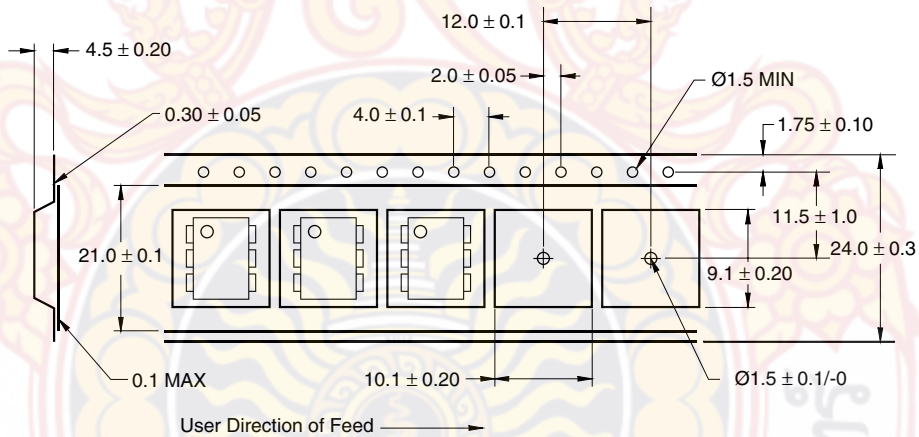
4N35
H11A4

4N36
H11A5

QT Carrier Tape Specifications (Black Package, No Suffix)



QT Carrier Tape Specifications (White Package, -M Suffix)



**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

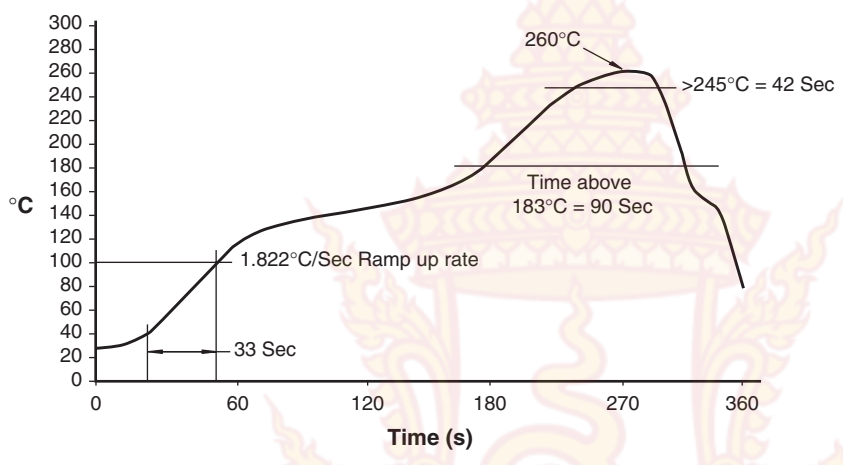
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

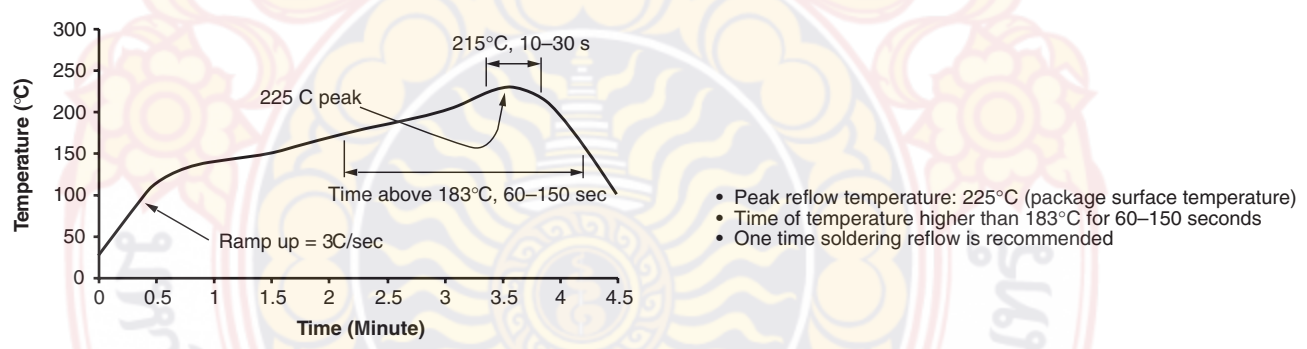
**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

Reflow Profile (White Package, -M Suffix)



Reflow Profile (Black Package, No Suffix)



**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

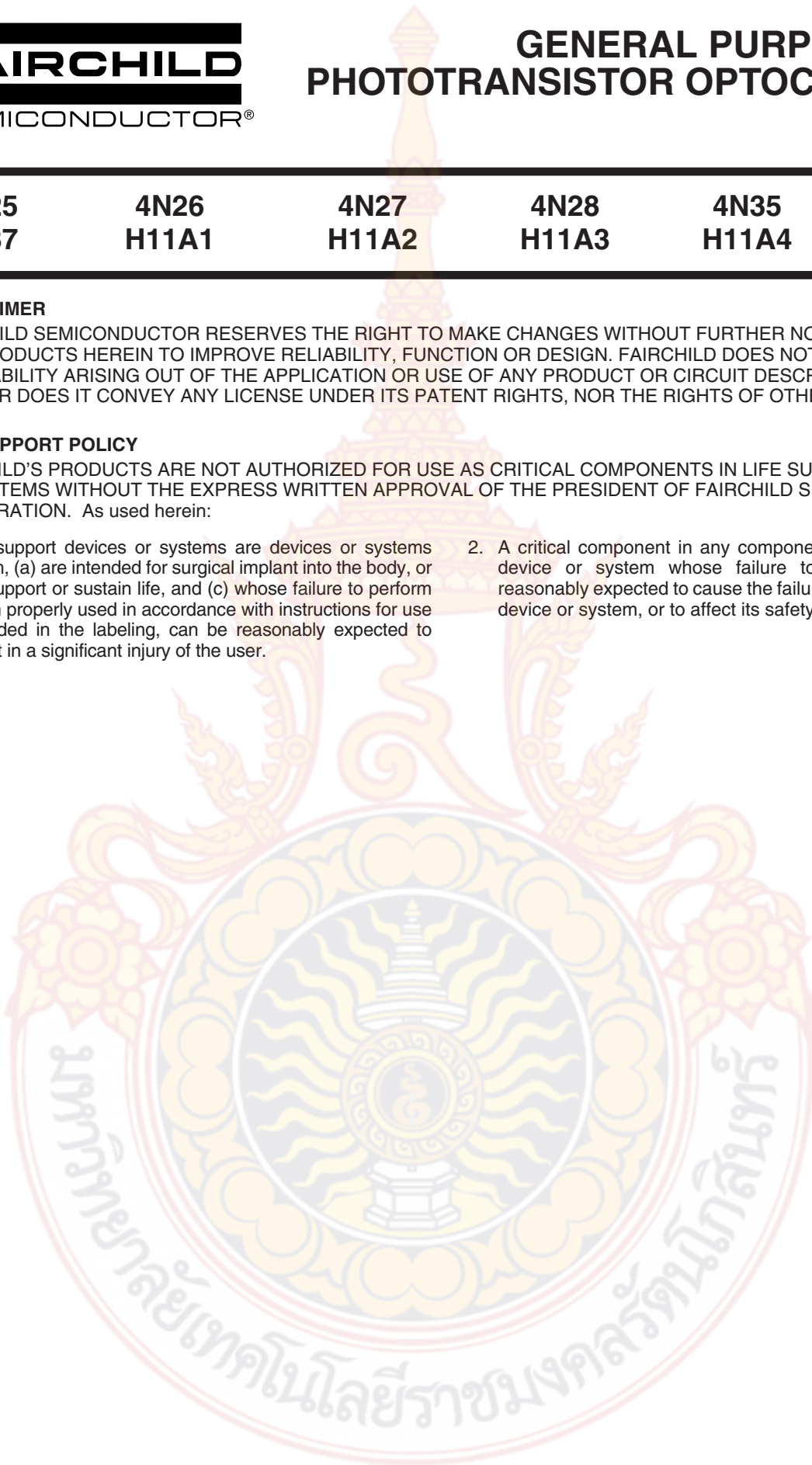
DISCLAIMER

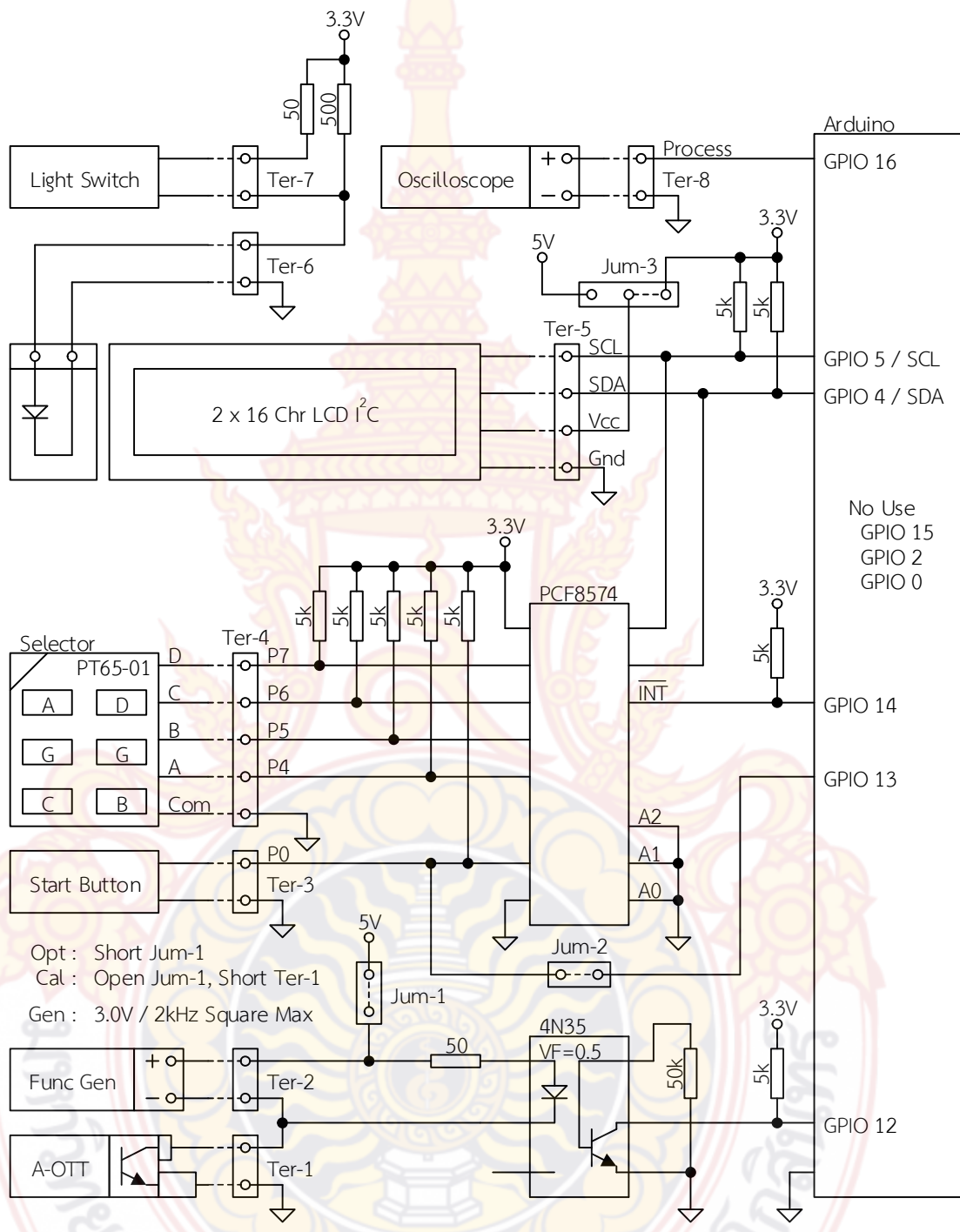
FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.





Opt : Short Jum-1
 Cal : Open Jum-1, Short Ter-1
 Gen : 3.0V / 2kHz Square Max

```

1  //-----
2  // Project      : RID Flow Velocity Meter for Tides in the River
3  // Board       : Arduino ESP-8266
4  // LED_BUILTIN : Pin 16
5  //-----
6
7  #include <Wire.h>
8  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
9
10 #define PIN_PROCESS      16
11 #define PIN_EXP_INT      14
12 #define PIN_BTN_START    13
13 #define PIN_PULSEIN      12
14
15 #define LCD_ADD_27       0x27
16 #define LCD_ADD_3F       0x3F
17
18 #define EXP_ADD_20        0x20
19
20 #define P_BUFF_MAX       100
21
22 LiquidCrystal_I2C lcd_0(LCD_ADD_27, 16, 2);
23
24 char str_buff[200] = {0};
25 unsigned long t_old;
26 int state_ix = 0;
27 int state_ix_mon = 0;
28 volatile unsigned long t_on, t_off;
29 volatile unsigned long p_count, p_store, p_buff_ix, p_total;
30 volatile unsigned long p_buff[P_BUFF_MAX] = {0};
31 volatile int p_buff_use = 0;
32 volatile int p_buff_old = 0;
33 volatile int req_reset = 0;
34 volatile int exp_data = 0;
35 volatile int exp_int = 0;
36
37 void Interrupt_Service_Exp_Int() {
38     if ((micros() - t_old) < 700000) {
39         Wire.requestFrom(EXP_ADD_20, 1);
40
41         if (Wire.available() != 0) {
42             exp_int = Wire.read();
43             exp_int = ((0xFF - exp_int) & 0x01);
44
45             if (exp_int != 0) { req_reset = 1; }
46         }
47     }
48 }
49
50 void Interrupt_Service_Btn_Start() { req_reset = 1; }
51
52 void Interrupt_Service_PulseIn() {
53     if (digitalRead(PIN_PULSEIN) == HIGH) {
54         t_on = micros();
55     } else {
56         t_off = micros();
57         if ((t_off - t_on) > 200) { p_count++; }
58     }
59 }
60
61 void setup() {
62     pinMode(PIN_PROCESS, OUTPUT);
63     pinMode(PIN_EXP_INT, INPUT_PULLUP);
64     pinMode(PIN_BTN_START, INPUT_PULLUP);
65     pinMode(PIN_PULSEIN, INPUT_PULLUP);
66
67     digitalWrite(PIN_PROCESS, LOW);
68     digitalWrite(PIN_EXP_INT, HIGH);
69     digitalWrite(PIN_BTN_START, HIGH);
70     digitalWrite(PIN_PULSEIN, HIGH);
71
72     attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_EXP_INT)
73         , Interrupt_Service_Exp_Int, FALLING);

```

```

74
75 attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_BTN_START)
76     , Interrupt_Service Btn_Start, FALLING);
77
78 attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_PULSEIN)
79     , Interrupt_Service_PulseIn, CHANGE);
80
81 Serial.begin(115200);
82 Serial.println("\n\nInE System");
83
84 Wire.begin();
85 Wire.beginTransmission(EXP_ADD_20);
86 Wire.write(byte(0xFF));
87 Wire.endTransmission();
88
89 t_old      = 0;
90 t_on      = 0;
91 t_off     = 0;
92 state_ix  = 0;
93 state_ix_mon = 0;
94 p_store   = 0;
95 p_count   = 0;
96
97 p_buff_ix = 0;
98 p_total   = 0;
99 p_buff_use = 0;
100 p_buff_old = 0;
101
102 for (int bix = 0; bix < 40; bix++) {
103     p_buff[bix] = 0;
104 }
105
106 req_reset = 0;
107 exp_data  = 0;
108 exp_int   = 0;
109 }
110
111 void loop() {
112     //-----
113     p_store = p_count;
114     p_count = 0;
115     //-----
116     Wire.requestFrom(EXP_ADD_20, 1);
117
118     if (Wire.available() != 0) {
119         exp_data = Wire.read();
120         exp_data = ((0xFF - exp_data) / 0x10);
121     }
122
123     if (req_reset == 1) {
124         req_reset = 0;
125         if (state_ix > 1) {
126             state_ix = 1;
127         }
128     }
129 }
130
131 if (state_ix != 2) {
132     switch (exp_data) {
133         default:
134             case 0: p_buff_use = 5; break;
135             case 1: p_buff_use = 10; break;
136             case 2: p_buff_use = 15; break;
137             case 3: p_buff_use = 20; break;
138             case 4: p_buff_use = 25; break;
139             case 5: p_buff_use = 30; break;
140             case 6: p_buff_use = 40; break;
141             case 7: p_buff_use = 50; break;
142             case 8: p_buff_use = 60; break;
143             case 9: p_buff_use = 100; break;
144     }
145
146     if (p_buff_old != p_buff_use) {

```

```

147     p_buff_old = p_buff_use;
148     p_total = 0;
149 }
150 }
151
152 //-----
153 state_ix_mon = state_ix;
154 switch (state_ix) {
155     default:
156         case 0: //<- Initialize
157             lcd_0.init();
158             lcd_0.backlight();
159             lcd_0.setCursor(0, 0);
160             lcd_0.print("          ");
161             lcd_0.setCursor(0, 1);
162             lcd_0.print("          ");
163
164             p_buff_ix = p_buff_use;
165             state_ix = 3;
166             break;
167
168         case 1: //<- Clear
169             p_buff_ix = 0;
170             p_total = 0;
171
172             for (int bix = 0; bix < P_BUFF_MAX; bix++) {
173                 p_buff[bix] = 0;
174             }
175
176             state_ix++;
177             break;
178
179         case 2: //<- Run..
180             if (p_buff_ix < p_buff_use) {
181                 p_buff[p_buff_ix] = p_store;
182                 p_buff_ix++;
183
184                 p_total = 0;
185                 for (int bix = 0; bix < p_buff_use; bix++) {
186                     p_total += p_buff[bix];
187                 }
188             } else {
189                 state_ix++;
190             }
191             break;
192
193         case 3: //<- Hold
194             break;
195     }
196 }
197 //-----
198 if (state_ix > 0) {
199     sprintf(str_buff, "%d", state_ix_mon);
200     Serial.print(str_buff);
201
202     Serial.print(" | ");
203
204     if (state_ix_mon != 2) {
205         sprintf(str_buff, "Cnt %6lu /%3ds", p_total, p_buff_use);
206     } else {
207         sprintf(str_buff, "Cnt %6lu /%3ds", p_total, p_buff_ix);
208     }
209
210     Serial.print(str_buff);
211
212     if (state_ix_mon != 2) {
213         sprintf(str_buff, "Cnt %6lu /%ds ", p_total, p_buff_use);
214     } else {
215         sprintf(str_buff, "Cnt %6lu /%ds ", p_total, p_buff_ix);
216     }
217
218     lcd_0.setCursor(0, 0);
219     lcd_0.print(str_buff);

```



```
220
221     Serial.print(" | ");
222
223     sprintf(str_buff, "Freq %5lu Hz ", p_store);
224     Serial.print(str_buff);
225     lcd_0.setCursor(0, 1);
226     lcd_0.print(str_buff);
227
228     Serial.println();
229 }
230
231 //-----
232 digitalWrite(PIN_PROCESS, LOW);
233 while ((micros() - t_old) < 1000000);
234 t_old = micros();
235 digitalWrite(PIN_PROCESS, HIGH);
236 //-----
237 }
238
239
```



เอกสารแนบท้ายสัญญา
เรื่อง ผลผลิตและผลลัพธ์ของงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2561

8

ข้าพเจ้า.....นายสัญญา สมัยมาก.....

สังกัด (คณะ/หน่วยงาน).....คณะวิศวกรรมศาสตร์ (สาขายา).....

ชื่อโครงการวิจัย

.....เครื่องวัดความเร็วของกระแสในลุ่มแม่น้ำ.....

เป็นจำนวนเงิน.....470,000.....บาท (.....สี่แสนเจ็ดหมื่นบาทถ้วน.....)

วันที่ทำสัญญา 1 ตุลาคม พ.ศ. 2560.....วันสิ้นสุดสัญญา 30 กันยายน พ.ศ. 2561.....เลขที่สัญญา A-8/2561.....

คำชี้แจง:

เกณฑ์ผลผลิต/ผลลัพธ์งานวิจัย

โครงการวิจัยเดี่ยว

ผู้รับทุนจะต้องมีผลผลิต/ผลลัพธ์ของงานวิจัย ที่เป็นไปตามเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งที่สอดคล้องตาม
งบประมาณทุนวิจัยที่ได้รับการจัดสรร ดังนี้

(1) งบประมาณไม่เกิน 250,000 บาท ต้องเผยแพร่ผลงานสร้างสรรค์ภายในประเทศ หรือ
ระดับชาติ หรือเผยแพร่ผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับชาติ ที่มีระบบตรวจสอบคุณภาพของต้นฉบับ
(Peer review) และมีรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ (Proceedings) หรือผลการวิจัยที่
นำไปจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

(2) งบประมาณไม่เกิน 500,000 บาท ต้องเผยแพร่ผลงานสร้างสรรค์ระดับนานาชาติ หรือ
เผยแพร่ผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติที่มีระบบตรวจสอบคุณภาพของต้นฉบับ
(Peer review) และมีรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (Proceedings) หรือตีพิมพ์
บทความวิจัยในวารสารวิชาการระดับชาติที่ปรากฏในฐานข้อมูล Thai Journal Citation Index (TCI) กลุ่ม 1
หรือนำผลการวิจัยไปจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

(3) งบประมาณไม่เกิน 1,000,000 บาท ต้องตีพิมพ์บทความวิจัยในวารสารวิชาการ
ระดับนานาชาติที่มีค่า Impact factor ตามฐานข้อมูล Institute for Scientific Information (ISI) และอยู่ใน
ฐานข้อมูล SCImago Journal Rank (SJR) สำหรับสาขาสังคมศาสตร์ ผลงานวิจัยของโครงการจะต้อง
มีผลงานตีพิมพ์ในวารสารที่อยู่ในฐานข้อมูลที่ สกว. ยอมรับ หรือนำผลการวิจัยที่นำไปจดทะเบียนทรัพย์สิน
ทางปัญญา

(4) งบประมาณมากกว่า 1,000,000 บาท ขึ้นไป ต้องตีพิมพ์บทความวิจัยในวารสารวิชาการ
ระดับนานาชาติที่มีค่า Impact factor ตามฐานข้อมูล Institute for Scientific Information (ISI) และอยู่ใน
ฐานข้อมูล SCImago Journal Rank (SJR) ในค่าระดับ Q1 หรืออยู่ในฐานข้อมูล Journal Citation Reports
(JCR) หรือผลงานที่ได้รับการจดสิทธิบัตร

โครงการวิจัยชุด

เป็นโครงการวิจัยขนาดใหญ่ ผลผลิต/ผลลัพท์งานวิจัยขึ้นอยู่กับขนาดงบประมาณ โดยโครงการวิจัยย่อยทุกโครงการ ในแผนงานและโครงการวิจัยชุดจะต้องมีผลผลิต/ผลลัพท์งานวิจัยเช่นเดียวกับโครงการเดี่ยว

ข้าพเจ้าขอสัญญาว่าจะดำเนินการให้เกิดผลผลิต/ผลลัพท์งานวิจัยภายในระยะเวลาที่กำหนด ดังนี้

1. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (นำส่งพร้อมหลักฐานการเบิกจ่ายเงินงวดสุดท้าย)
2. การตีพิมพ์และการเผยแพร่ (ภายในเวลาไม่เกิน 2 ปี หลังสิ้นสุดสัญญา (กันยายน 2563) พร้อมหลักฐานการตีพิมพ์และการเผยแพร่)

ลำดับ	ผลผลิต/ผลลัพท์งานวิจัย	ระดับคุณภาพ
1	<input checked="" type="checkbox"/> บทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ	<input type="checkbox"/> ระดับชาติ <input checked="" type="checkbox"/> ระดับนานาชาติ
2	<input type="checkbox"/> ผลงานที่ได้รับการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา	<input type="checkbox"/> สิทธิบัตร <input type="checkbox"/> อนุสิทธิบัตร <input type="checkbox"/> สิทธิบัตรออกแบบผลิตภัณฑ์
3	<input type="checkbox"/> บทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับชาติ อยู่ในฐานข้อมูล Thai Journal Citation Index (TCI) กลุ่มที่ 1	
4	<input type="checkbox"/> สายสังคมนศาสตร์บทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติที่อยู่ในฐานข้อมูลที่ สกว. ยอมรับ	
5	<input type="checkbox"/> บทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติ ที่มีค่า Impact factor ตามฐานข้อมูล Institute for Scientific Information (ISI) และอยู่ในฐานข้อมูล SCImago Journal Rank (SJR)	ค่าควอไทล์ (Q) <input type="checkbox"/> Q4 <input type="checkbox"/> Q3 <input type="checkbox"/> Q2 <input type="checkbox"/> Q1

อื่นๆ

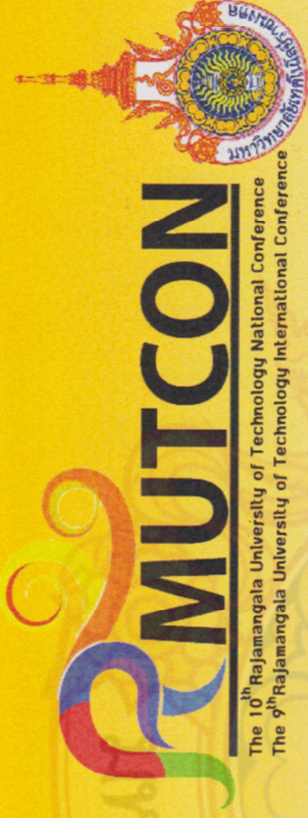
3. การเผยแพร่ สายงานสร้างสรรค์ศิลปะ (ภายในเวลาไม่เกิน 2 ปี หลังสิ้นสุดสัญญา (กันยายน 2563) พร้อมหลักฐานการตีพิมพ์และการเผยแพร่)

ลำดับ	ผลผลิต/ผลลัพท์งานวิจัย	ระดับคุณภาพ
1	<input type="checkbox"/> มีการเผยแพร่สู่สาธารณะในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง	<input type="checkbox"/> ระดับชาติ <input type="checkbox"/> ระดับนานาชาติ <input type="checkbox"/> ระดับภูมิภาคอาเซียน

ลงชื่อ.....

(นายสัญญา สมัยมาก)

หัวหน้าโครงการวิจัย



Rajamangala University of Technology Srivijaya

This certificate is to certify that

Mr.Sanya Samaimak

has attended and delivered an oral presentation for the paper entitled

Design of Data Acquisition Unit Using Arduino from a Flow Velocity Meter for Tides
in the River

The 9th Rajamangala University of Technology International Conference (9th RMUTIC)
August 1-3, 2018 at Rua Rasada Hotel, Trang, Thailand

Assistant Professor Yongyuth Nuniem

Acting President of Rajamangala University of Technology Srivijaya



Design of Data Acquisition Unit Using Arduino from a Flow Velocity Meter for Tides in the River

Sanya Samaimak¹ and Shanin Harnnarong¹

ABSTRACT

The Royal Irrigation Department is responsible for managing water availability in Thailand. Many instruments are used to read the data to obtain the needed hydrological data. The instruments that it has applied to measure the velocity of the tide are the flow velocity meters A-OTT C31 that compatible with the audio and numerical displayer Z 41-00. They have been used for 30 years, (1988 - 2018).

Design of Data Acquisition Unit Using Arduino from a Flow Velocity Meter for Tides in the River was presented in this paper. It was designed to use as a substitute for the audio and numerical displayer Z 41-00 that were broken. The result of the design and the experimentation show the ability of working together with the flow velocity meters A-OTT C31 and the accuracy of the data acquired from this designed instrument are satisfactory.

Keyword: The Royal Irrigation Department, Flow Velocity Meter, Arduino

Introduction

1. Current meters

The water current velocities are measured by the tools that measure the speed of the tide and they are classified into two types [1-2].

1.1 Mechanical current meters

Mechanical current meters are mechanical devices that are the main components. The tools will move when the current flows and there are three types.

1.1.1 Vertical axis current meters

1.1.2 Horizontal axis current meters

1.1.3 Pendulum current meters

1.2 Electronic current meters

Electronic current meters are electronic devices that work primarily on electronic devices. These tools work better than mechanical current meters and there are three types.

1.2.1 Electromagnetic velocity meters

1.2.2 Doppler velocity meters

1.2.3 Optical strobe velocity meters

The tools that have been used by the Irrigation Department are A-OTT C31, the current flow meters, with Z 41-00, audio and numerical indicators. The A-OTT C31 current flow meter is mechanical current meter that is the type of horizontal axis current meter.

2. Arduino

Arduino is an open-source electronics platform based on easy-to-use hardware and software [3-4]. In this paper, we use Arduino Due which is one of the Arduino family.

¹ Department of Instrumentation Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, 96 Moo 3 Salaya Phutthamonthon NakhonPathom 73170, Thailand

*(Corresponding author, e-mail) : sanya.sam@rmutr.ac.th

Arduino Due can be obtained signals in square wave form via digital pin. After that interrupt service function is called to count the incoming waveforms. The obtained values are stored in *p_count* variable and those values will be managed in various processes later.

Materials and methods

1. Signal form A-OTT C31

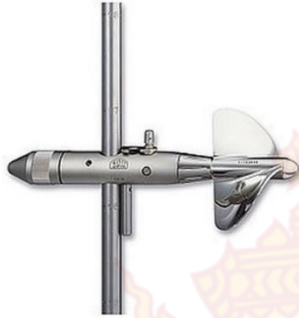


Figure 1 A-OTT C31

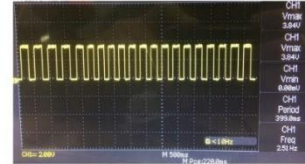


Figure 2 A-OTT C31 Signal

The A-OTT C31, the original universal current meter for flow velocity measurement in rivers and open waterways. It has proven quality, precision and reliability [5].

Water flow causes rotation of the current meter propeller. Once per revolution, a magnet attached to the current meter propeller operates a water-tight sealed reed contact. The contact sequence is proportional to the velocity of the water at the measuring point. The sequence is captured by an attached counter and used for calculating flow velocity at the measuring point, based on the current meter equation [5].

The relationship between propeller revolution and flow velocity is determined by the following formula

$$v = k \cdot n + \Delta \quad 1$$

Wherein:

k : Hydraulic pitch of the current meter propeller [*m/rev*] which was determined by towing tests carried out in a rating tank.

n : Propeller rotation per second [*rps*].

Δ : Current meter constant [*m/s*] which was determined by towing tests carried out in a rating tank.

Since there are mechanical differences between the propellers caused by manufacturing tolerances and differences in bearing, the constants *k* and Δ are precisely determined individually for each current meter in the OTT rating tank (BARGO Test Certificate and BAREL Velocity Table) [5].

2. Block diagram

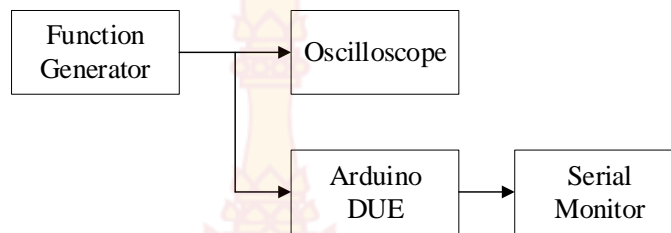


Figure 3 Block Diagram

The block diagram consists of 4 parts:

2.1 Function Generator that can supplies the square wave form in many frequencies. It has the signal form which is similar to the signal that can be measured from the A-OTT C31 universal current meter.

2.2 Oscilloscope is used to measure the supplied signal from the function generator. The results of the oscilloscope measurements are used to calculate the errors and uncertainties of the designed instrument.

2.3 Arduino Due is used to measure the supplied signal from the function generator at the same time with the oscilloscope. The results of the Arduino Due measurements are used to calculate the errors and uncertainties for comparisons with the results of the oscilloscope measurements.

2.4 Serial Monitor is used to display the results of the Arduino Due measurements. As Arduino starts to measure the signal, the frequency results of the measurements are sent out to the serial port. Then the frequency results will be display on the serial monitor.

3. Flowchart

To show the workflow of the designed process in this paper was presented in flowchart. When the program starts, it manages the hardware in its initial state and then it resets all of the variables before it enters the main loop. The main loop is controlled for a fixed time of 1 second per work cycle. In this way, the main loop period is constant so that the frequency can be determined by reading the value obtained from the interrupt routine. Every time an interrupt occurs, the value of the p_count variable is updated at runtime. When the program reaches the cycle of reading in the main loop, the value of the p_count variable will be taken to the p_store variable. This value will be calculated to frequency values and then the p_count variable is reset to 0. The program run in loop continuously.

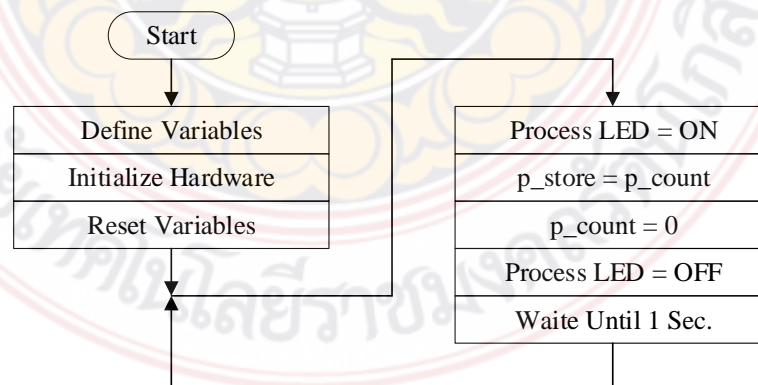


Figure 4 Flowchart

Results and discussions

1. Testing at 20 Hz, 200 Hz, 1 kHz and 2 kHz

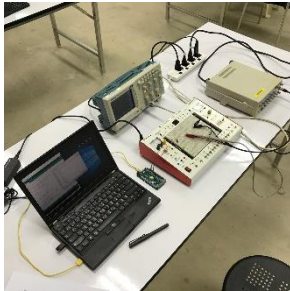


Figure 5 Test bench.

Experimented by frequency input with a function generator at frequencies of 20 Hz, 200 Hz, 1 kHz and 2 kHz. Then measure the output signal with oscilloscope and Arduino to compare results.

Determine the number of random variant $n = 15$. To keep all raw data from a serial monitor. The results of all experiments are shown in Tables 1 to 4.

Table 1 Test results at 20 Hz

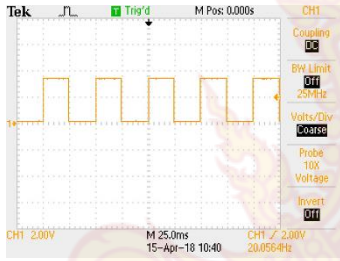
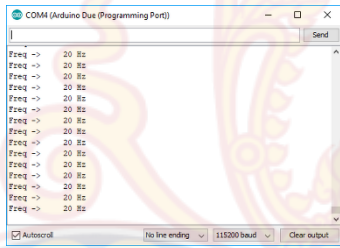
Oscilloscope	Serial Monitor	Summary
		Oscilloscope = 20.0564 Hz $n = 15$ Average = 20.0000 Hz SD = 0.0000 $U_a = 0.0000$

Table 2 Test results at 200 Hz

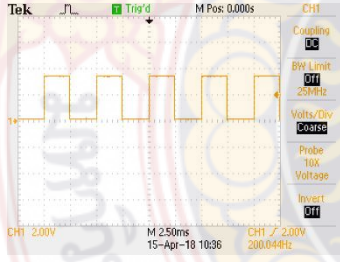
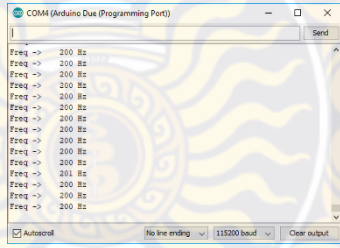
Oscilloscope	Serial Monitor	Summary
		Oscilloscope = 200.044 Hz $n = 15$ Average = 200.0667 Hz SD = 0.2582 $U_a = 0.0667$

Table 3 Test results at 1 kHz

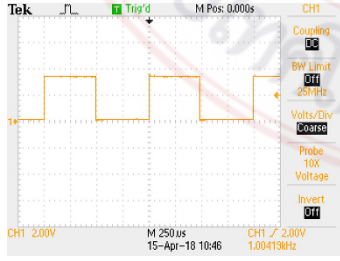
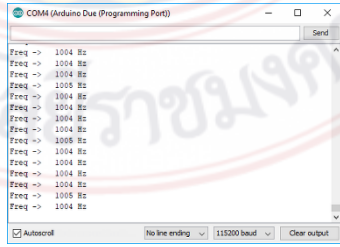
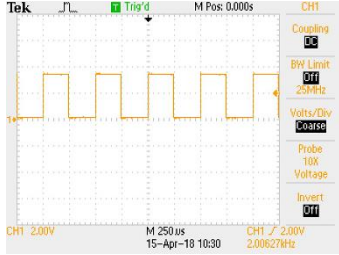
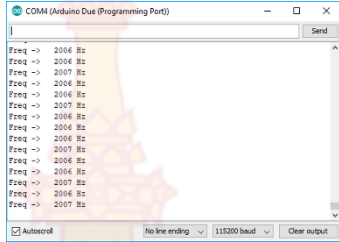
Oscilloscope	Serial Monitor	Summary
		Oscilloscope = 1004.19 Hz $n = 15$ Average = 1004.2000 Hz SD = 0.4140 $U_a = 0.1069$

Table 4 Test results at 2 kHz

Oscilloscope	Serial Monitor	Summary
		<p>Oscilloscope = 2006.27 Hz $n = 15$ Average = 2006.3333 Hz SD = 0.4880 $U_a = 0.1260$</p>

Conclusions

The experimental results show that this designed prototype can read four tested areas of the frequency range properly well. The application of this prototype will be applied to the A-OTT c31, the current flow meter, for replacing the damaged Z 41-00, the counter which is used to display as an audio and numerical output. It can be done simply by connecting only two wires. The prototype of this research will be developed as a tool to be used in fieldwork in the future.

Acknowledgements

This research was supported by the Institute of Research and Development, Rajamangala University of Technology Rattanakosin. In addition, the authors would like to thank Mr.Voravot Boontong, Hydrologic Instrument Standards Branch Chief, working in Hydrology Division, Bureau of Water Management and Hydrology for all his help and suggestions. Thankfulness to the supporters : Mr.Jetsdaporn Satansup, Mr.Ruangsimon Jamkrajang and Mr.Pawaritsorn Chaisong for all their support throughout the period of this research.

References

- [1] Polpananavee, Pramohit. 2011. Principle of Water Flow calculation through Irrigation Structures. Bangkok: Regional Irrigation Office 8. (in Thai)
- [2] Leevajanakul, Kirati. 2000. Hydrology. Bangkok: Rangsit University Press. (in Thai)
- [3] Arduino Language Reference [Online]. <https://www.arduino.cc/reference/en>.
- [4] Makarn, Eakachai. 2009. Learn Understand and Use the AVR Micro controller family with Arduino. Bangkok: ETT Co., Ltd. (in Thai)
- [5] OTT Hydromet. 2017. A-OTT C31 [Online]. Available: <http://www.ott.com/products>.