

ชุดสาธิตการตรวจสอบปริมาณน้ำทางภูมิศาสตร์

นายฐนพงษ์ สีน้าคำ

นายกันติศ กัณทะวงศ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง ชุดสาธิตการตรวจสอบปริมาณน้ำทางภูมิศาสตร์ เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างชุดสาธิตการตรวจสอบปริมาณน้ำให้สามารถวัดความสูงและวัดความเร็วน้ำได้ โดยชุดสาธิตจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก ชุดวัดความสูงของน้ำ ส่วนที่สอง ชุดวัดความเร็วน้ำ โดยชุดวัดความสูงของน้ำถูกออกแบบโดยใช้หลักการของการปรับระดับความสูงของน้ำจากลูกกลอยเพื่อส่งค่าไปยังชุดวัดความสูง ส่วนชุดวัดความเร็วของน้ำถูกออกแบบโดยใช้รีดสวิตช์เป็นตัวตรวจจับนับรอบการหมุนจากกังหันที่ติดแม่เหล็กไว้ ทั้ง 2 ส่วนจะถูกควบคุมและประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F877A ซึ่งนำค่าทั้ง 2 ค่ามาทำการคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณของน้ำแล้วไปแสดงผลที่จอแอลซีดี จากนั้นสามารถส่งข้อมูลไปยังพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS232 เพื่อสามารถไปแสดงที่หน้าจอกอมพิวเตอร์ได้ จากผลการทดลองได้มีการนำชุดวัดความสูงของน้ำไปทำการวัดเทียบกับคลัมป์เมตรผลปรากฏว่าจากการทดสอบพบค่าผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 1.5 ส่วนชุดวัดความเร็วของน้ำโดยการทดลองนับสัญญาณพัลส์ที่ทำการผ่านกังหันพบว่ากังหันทำงานได้ถูกต้อง

1.บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาอุทกภัยเป็นปัญหาสำคัญและเกิดขึ้นบ่อยครั้งอันเนื่องมาจากปริมาณน้ำในแหล่งกักเก็บน้ำมีจำนวนมากขึ้น ซึ่งทำให้แหล่งกักเก็บน้ำ เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ประตูระบายน้ำ เกิดการเสียหายเช่น เขื่อนแตก น้ำล้นตลิ่ง ซึ่งทำให้ที่ผ่านมาประเทศไทยเกิดปัญหาอุทกภัย ซึ่งมีผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สิน อาคาร บ้านเรือน โรงงาน คลังพัสดุ โกดังสินค้า เกิดความเสียหายสัตว์

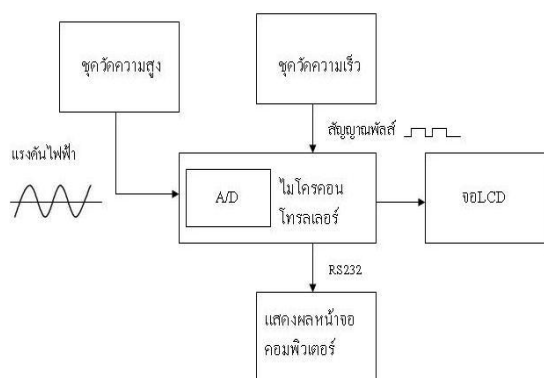
เลี้ยง อาจจมน้ำตาย เส้นทางคมนาคมถูกตัดขาดทั้งทางถนน ทางรถไฟ ชำรุดเสียหายโดยทั่วไป รวมทั้งยานพาหนะ เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ กิจกรรมสาธารณูปโภคได้รับความเสียหาย

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการคิดค้นชุดสาธิตสามารถวัดปริมาณน้ำทางภูมิศาสตร์ขึ้นซึ่งเป็นการตรวจสอบความสูงของน้ำและความเร็วของน้ำแล้วคิดออกมาเป็นปริมาณน้ำ

ที่ไหลผ่านจุดนั้นๆ สามารถแสดงผลด้วยจอแอลซีดี และส่งข้อมูล ไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลทางจอภาพ

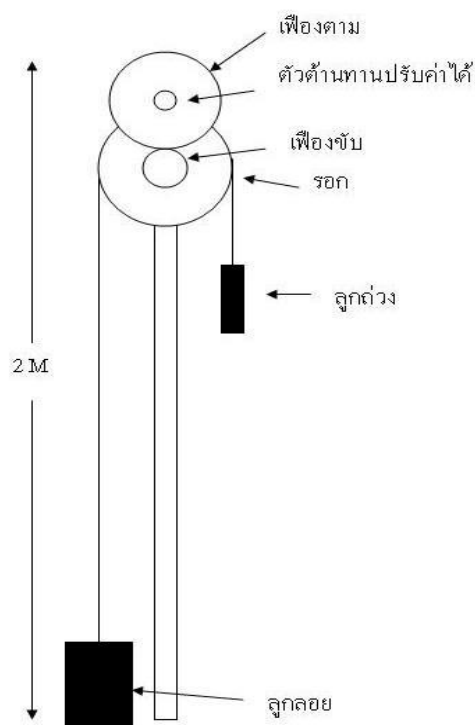
2. ความต้องการของงานวิจัย

ในการทำงานวิจัยเรื่องชุดสาธิตการตรวจปริมาณน้ำทางภูมิศาสตร์ มีแนวคิดที่จะตรวจปริมาณน้ำ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมและคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน โดยคำนวณระดับความสูงจากการใช้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าและความเร็วของน้ำ โดยการนับสัญญาณพัลส์ที่มาจากกังหันวัดน้ำและแสดงผลออกทางหน้าจอแอลซีดี แล้วติดต่อส่งข้อมูลออกทางคอมพิวเตอร์โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน ดังนี้



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของชุดสาธิตการตรวจสอบปริมาณน้ำ

2.1 ส่วนของชุดวัดความสูง



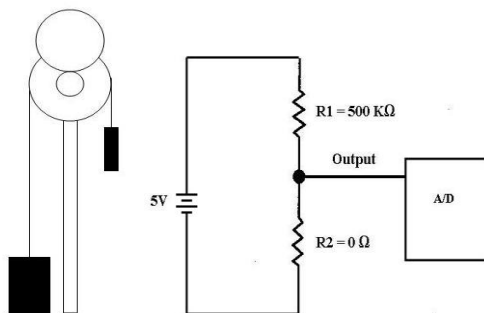
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของที่วัดความสูง

ส่วนประกอบของที่วัดความสูงโดยมีเฟือง 2 ชั้น เสาสูง 2 เมตร ลูกถ้วย 1 ลูก ลูกลอย 1 ลูก โดยที่เฟืองตามจะติดอยู่กับตัวต้านทานปรับค่าได้และเฟืองขับจะติดอยู่กับรอกเมื่อลูกลอย ลอยขึ้นจะทำให้รอกหมุนเฟืองขับที่ติดอยู่กับรอกจะหมุนเฟืองตามโดยที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ติดอยู่ที่เฟืองตามจะหมุนด้วย

การหมุนของตัวต้านทานปรับค่าได้จะขึ้นอยู่กับเฟืองตาม โดยมีเฟืองขับที่ติดอยู่กับรอกเป็นตัวขับ การเคลื่อนที่ของลูกลอยที่จะหมุนตัวต้านทานให้พอดีกับเสาและลูกลอยอยู่ในระดับ 2 เมตรได้นั้น จะขึ้นอยู่กับเฟืองขับและเฟืองตาม เช่น ถ้าเฟืองขับ มีขนาดใหญ่ จะทำ

ให้เฟืองตามเคลื่อนที่เร็วจะทำให้ลูกกลอยเคลื่อนที่ได้ไม่สูงมาก ถ้าเฟืองจับมีขนาดเล็กจะทำให้เฟืองตามเคลื่อนที่ช้าทำให้ลูกกลอยเคลื่อนที่ได้สูงขึ้น

2.2 การคำนวณวงจรแบ่งแรงดันเมื่อลูกกลอยอยู่ต่ำสุด



รูปที่ 2.3 การคำนวณวงจรแบ่งแรงดันเมื่อลูกกลอยอยู่ต่ำสุด

เมื่อตำแหน่งของลูกกลอยเลื่อนมาอยู่ในตำแหน่งจุดที่ต่ำที่สุดจะทำให้ค่าความต้านทาน R_1 มีค่าความต้านทานสูงสุด เมื่อเทียบกับค่าความต้านทาน R_2 ทำให้มีความต้านทานเท่ากับ 0 โอห์มทำให้ไม่มีแรงดัน output ออกไปที่วงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลจากการคำนวณสามารถทำได้ดังนี้

การคำนวณ

แทนค่าเมื่อ

$$R_1 = 500 \text{ กิโลโอห์ม}$$

$$R_2 = 0 \text{ โอห์ม}$$

$$V_{in} = 5 \text{ โวลต์}$$

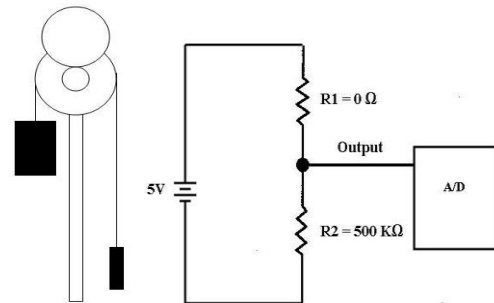
จากสมการที่ 2.1
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

แทนค่า
$$= \frac{0}{500 \times 10^3 + 0} \times 5$$

$$= 0 \times 5$$

ดังนั้น
$$V_{out} = 0 \text{ V}$$

2.3 การคำนวณวงจรแบ่งแรงดันเมื่อลูกกลอยอยู่สูงสุด



รูปที่ 2.4 การคำนวณวงจรแบ่งแรงดันเมื่อลูกกลอยอยู่สูงสุด

เมื่อตำแหน่งของลูกกลอยเลื่อนอยู่ในตำแหน่งจุดที่สูงที่สุด ทำให้ค่าความต้านทานด้าน R_1 มีค่าความต้านทานเท่ากับ 0 โอห์ม เมื่อเทียบกับค่าความต้านทาน R_2 มีความต้านทานสูงทำให้มีแรงดัน output ออกไปที่วงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลจากการคำนวณสามารถทำได้ดังนี้มอเตอร์ก็จะต่ำลงไปด้วย จะทำให้ไม่มีแรงที่จะหมุนใบพัดขนาดใหญ่ได้

การคำนวณ

แทนค่าเมื่อ

$$R_1 = 0 \text{ โอห์ม}$$

$$R_2 = 500 \text{ กิโลโอห์ม}$$

$$V_{in} = 5 \text{ โวลต์}$$

จากสมการที่ 2.1
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

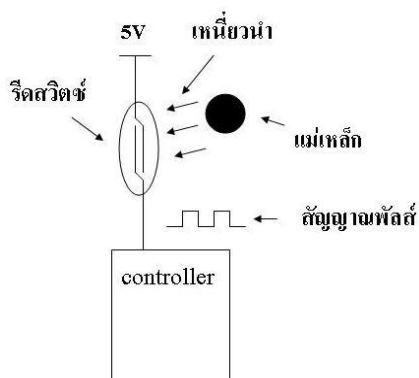
แทนค่า
$$= \frac{500 \times 10^3}{0 + 500 \times 10^3} \times 5$$

ดังนั้น

$$V_{out} = 5 \text{ V}$$

2.4 ส่วนของชุดวัดความเร็วการไหล ปริมาณของน้ำ

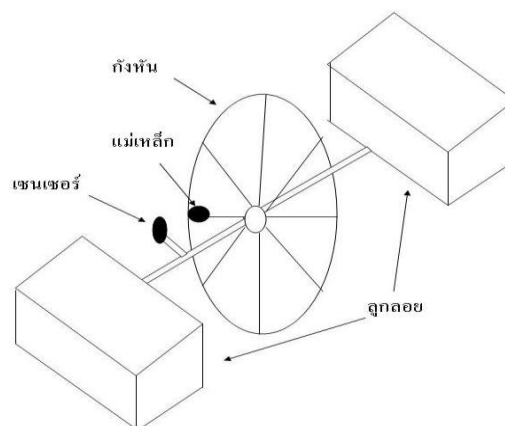
ส่วนประกอบของเซนเซอร์ ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วยรีดสวิตช์ เมื่อมีแม่เหล็กมาอยู่ใกล้ๆ จะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้รีดสวิตช์ทำงานเหมือนกับสวิตช์ตัดต่อไฟจะทำให้แหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดัน 5 โวลต์ ผ่านสวิตช์ที่เป็นรีดสวิตช์และส่งค่าแรงดันให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในขณะที่เดียวกันเมื่อแม่เหล็กออกจากตัวเซนเซอร์ จะทำให้สวิตช์ขาดออกจากกัน จนทำให้ไม่มีแรงดันจ่ายให้กับคอนโทรลเลอร์ทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ขอบขาลง



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของเซนเซอร์

2.5 ส่วนประกอบของชุดวัดความเร็ว น้ำ

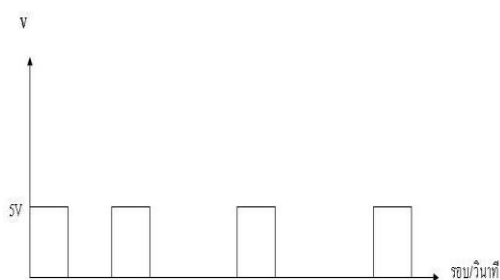
จะประกอบไปด้วยลูกลอยจำนวน 2 ข้าง กังหันที่ติดแม่เหล็กไว้ เซ็นเซอร์จะทำงานเมื่อกังหันหมุนแม่เหล็กเข้าใกล้เซนเซอร์



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของชุดวัดความเร็วน้ำ

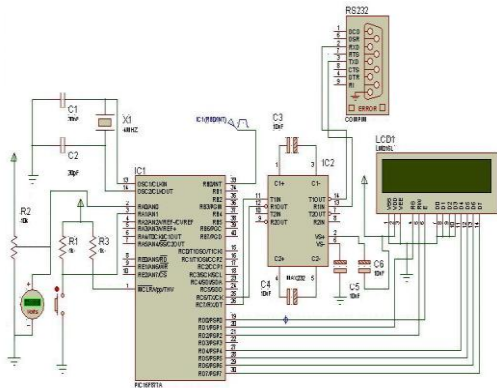
2.6 สัญญาณพัลส์ที่ได้จากกังหัน

เมื่อกังหันหมุนอย่างต่อเนื่องจะเกิดสัญญาณพัลส์ขึ้น เมื่อกังหันหมุนแม่เหล็กจะเข้าใกล้เซนเซอร์ ทำให้เกิดสัญญาณพัลส์เป็นลอจิกสูง ทำให้มีแรงดันเท่ากับ 5V เมื่อกังหันหมุนแม่เหล็กห่างจากเซนเซอร์ จะทำให้สัญญาณพัลส์เป็นลอจิกต่ำเท่ากับ 0 โวลต์ จากภาพที่ 2.7 เมื่อทำการวัดในเวลา 1 วินาที พบว่าจะเกิดลูกคลื่นจำนวน 4 ลูกจึงนำมาใช้ในการหาค่าความเร็วส่วนความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความเร็วของกังหัน



รูปที่ 2.7 สัญญาณพัลส์ที่ได้จากกังหัน

2.7 วงจรรวมชุดสถิติการตรวจปริมาณน้ำ



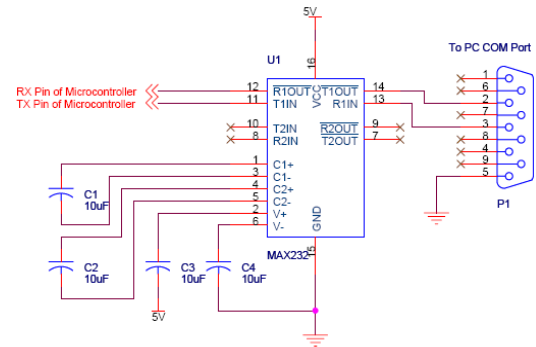
รูปที่ 2.8 วงจรรวมชุดสถิติการตรวจปริมาณน้ำ

เป็นวงจรควบคุมจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือมีตัวต้านทานปรับค่าได้ (RV1) และค่าพัลส์ที่ได้จากรอบของกังหันซึ่งตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นตัววัดระดับความสูงของน้ำเทียบกับค่าความต้านทานที่ได้และค่าพัลส์โดยวัดจากรอบของกังหันโดยไอซี16F877A เป็นตัวคำนวณทั้ง 2 ส่วนและแสดงค่าปริมาณน้ำที่ได้โดยแสดงทางจอแอลซีดีโดยมีปุ่มกด สำหรับกดเลือกแสดงข้อมูลและส่งข้อมูลออกทาง RS232 เพื่อที่จะไปแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

2.8 วงจรพอร์ตอนุกรม RS232

เป็นวงจรพอร์ตอนุกรม RS232 โดยมีไอซีเบอร์ MAX232 แปลงระดับสัญญาณจากระดับ TTL ไปเป็นมาตรฐาน RS-232 ทั้งการส่งและการรับเพื่อใช้ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยโดยมีขา TX (สัญญาณออก) และขา RX (สัญญาณเข้า) ที่ต่อมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อเข้ากับไอซีเบอร์ MAX 232 ซึ่ง ขา TX และ ขาRX

ที่ออกจากไอซีเบอร์ MAX232 ไปต่อกับพอร์ต DB9 เพื่อต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.9 วงจรพอร์ตอนุกรม RS232

2.9 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

V	2	.	9	3
byte 0	byte 1	byte 2	byte 3	byte 4

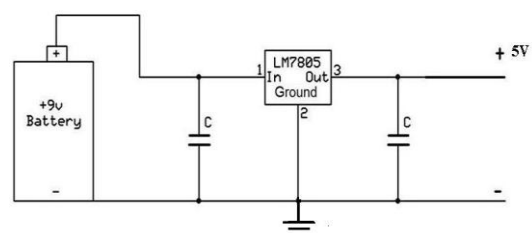
L	1	.	4	0
byte 0	byte 1	byte 2	byte 3	byte 4

S	1	.	0	0
byte 0	byte 1	byte 2	byte 3	byte 4

รูปที่ 2.10 วงจรพอร์ตอนุกรม RS232

2.10 วงจรแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่

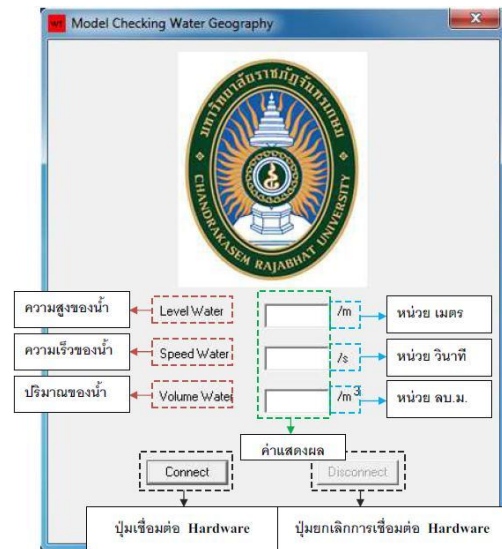
กระแสตรง 9 โวลต์ จำนวน 1 ลูก



รูปที่ 2.11 แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ 9V ผ่านไอซีเร็กกูเลเตอร์ 7805

เป็นแหล่งจ่ายไฟแบตเตอรี่ 9V ในวงจรจะมีไอซีเร็กกูเลเตอร์ LM7805 เป็นตัวแปลงระดับแรงดัน จาก 9V ออกมาเป็นระดับแรงดัน 5V

2.11 การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์



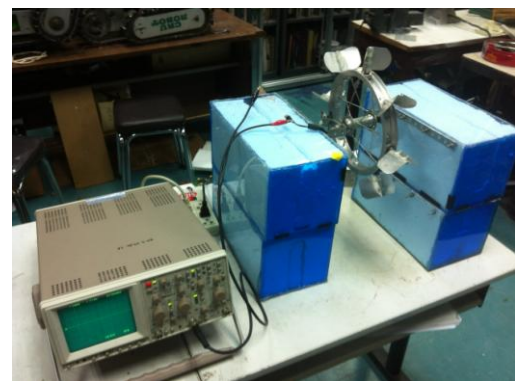
รูปที่ 2.12 โปรแกรม Model Checking Water Geography.

3. ผลการทดลอง

การทดลองชุดสาธิตการตรวจสอบปริมาณน้ำทางภูมิศาสตร์ เป็นการทดลองวัดความสูงของน้ำ, ความเร็วของน้ำ เพื่อที่จะคำนวณปริมาณของน้ำและแสดงผลที่ได้ทาง แอลซีดี และโปรแกรม คอมพิวเตอร์ GPS ระบบควบคุมกล้องตามทิศทางต่างๆ และอื่นๆ อีกมากมาย

3.1 การทดสอบชุดวัดความเร็วการไหลของน้ำ

การทดสอบชุดวัดความเร็วการไหลของน้ำ เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าสัญญาณพัลส์ ของชุดวัดความเร็วที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป เพื่อที่จะนำค่าสัญญาณที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ในขณะนั้น



รูปที่ 3.1 โปรแกรม Model Checking Water Geography.



รูปที่ 3.2 ค่าสัญญาณที่ได้จากออสซิลโลสโคป



รูปที่3.3 ค่าสัญญาณที่ได้จากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น

3.2 การทดสอบชุดวัดความสูงของระดับน้ำ

การทดสอบชุดวัดความสูง เป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของ ตัวต้านทานปรับค่าได้ ที่ติดตั้งอยู่บนเฟือง มีหน้าที่ ปรับเพิ่มลดความต้านทานเมื่อท่อนมีการเปลี่ยนแปลง และนำไปเข้าสู่วงจร แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D) เพื่อที่จะนำค่าสัญญาณที่ได้ ไปคำนวณหาปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ในขณะนั้น



รูปที่3.4 การวัดความสูงด้วยตลับเมตร

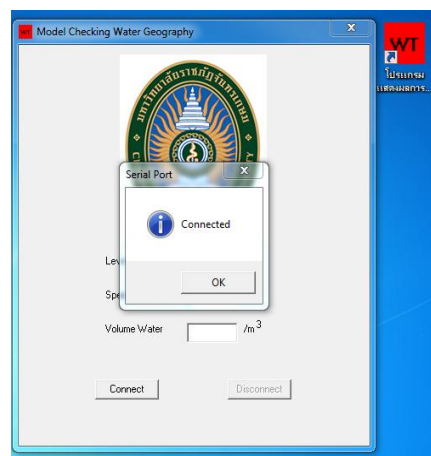
3.3 การทดลองการวัดความสูงของน้ำ



รูปที่3.5 การติดตั้งชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นกับคอมพิวเตอร์



รูปที่3.6 เปิดสวิตซ์หลังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น



รูปที่3.7 เปิดโปรแกรมแสดงผลการสาธิตปริมาณน้ำ



รูปที่ 3.8 ติดตั้งชุดวัดความสูงที่บ่อน้ำ

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นการทดลองของชุดวัดความสูงของระดับน้ำ พบว่า เมื่อระดับน้ำเพิ่มมากขึ้นค่าความสูงที่วัดได้จากชุดที่สร้างขึ้นจะใกล้เคียงกับ ค่าที่วัดได้จากตลับเมตร ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจาก ชุดวัดความสูงของน้ำ สร้างขึ้นจากตัวต้านทางปรับค่าได้ ซึ่งตัวต้านทานปรับค่าได้นั้น มีช่วงระดับของค่าความต้านทานไม่คงที่ ทำให้มีการกระโดดของค่าความต้านทาน เช่น เมื่อหมุนค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้ จาก 1Ω , 2Ω , 3Ω , และอาจกระโดดข้ามไปเป็น 7Ω , 8Ω , ก่อนถึงจะกลับมาเป็น 4Ω , 5Ω , ทำให้ผลที่วัดออกมาได้นั้นมีค่าความถูกต้องต่ำในช่วงแรก และ การทดลองไม่สามารถทดลองหาค่าความเร็วของน้ำได้ เนื่องจาก ไม่สามารถหาสถานที่ทดลองที่มีน้ำไหลที่สามารถทำให้ชุดวัดความเร็วน้ำหมุนได้ และชุดวัดความเร็วของน้ำ เป็นการวัดสัญญาณดิ

จิทัลที่ได้จากการไหลของน้ำซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที จึงไม่สามารถหาเครื่องมือวัดมาตรฐานที่สามารถวัดความเร็วของน้ำและมีหน่วยเป็นวินาทีได้

5. สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาชุดสาริตการตรวจสอบปริมาณน้ำทางภูมิศาสตร์ขึ้นมา นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ตรวจสอบความสูงและความเร็วของน้ำและคำนวณออกมาเป็นค่าปริมาณน้ำและสามารถแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

ในการทดสอบการทำงานของชุดสาริตการตรวจสอบปริมาณน้ำทางภูมิศาสตร์ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การทดสอบ ในการทดสอบชุดวัดความเร็วน้ำเป็นการทดสอบหาค่าพัลส์ที่ได้ จากการหมุนของกังหันน้ำโดยทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้ จากออสซิลโลสโคปกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น ในการทดสอบชุดวัดความเร็วน้ำ ได้ทำการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง พบว่า ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากออสซิลโลสโคปมีค่าเท่ากับค่าที่วัดได้จากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น ส่วนที่ 2 การทดลอง เป็นการทดลองหาค่าความสูงของน้ำ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง ค่าที่ได้จากการวัดด้วยตลับเมตรและค่าที่ได้จากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการทดลองโดย นำชุดวัดความสูงของน้ำ มาติดตั้งในสถานที่ทดลอง เพื่อวัดหาค่าความสูงของน้ำ และเปลี่ยนจุดที่ติดตั้งชุดวัดความสูงของน้ำ เพื่อหาความสูงของน้ำที่แตกต่างกันทั้งหมด 10 ครั้ง จากการทดลองพบว่า เมื่อ

ระดับน้ำมีการกระเพื่อม ค่าที่ได้จากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีค่าไม่คงที่ ซึ่งได้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 1.5 เซนติเมตร

จากทดลอง สรุปได้ว่า ชุดสาธิตการตรวจสอบปริมาณน้ำทางภูมิศาสตร์ สามารถวัดค่าปริมาณน้ำได้ในพื้นที่ซึ่งได้ถูกกำหนดไว้เท่านั้น เพราะเครื่องมือมีขนาดเล็กจึงไม่สามารถติดตั้งในพื้นที่ซึ่งมีขนาดใหญ่ได้ ส่วนของชุดวัดความเร็ว ถ้าน้ำมีอัตราการไหลไม่มากเท่าที่ควร ทำให้กังหันไม่หมุนจึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดข้อผิดพลาดในโครงการขั้นนี้

5. ข้อเสนอแนะและแนวทางในการ

พัฒนา

1. ควรลดเฟืองจากของเดิมที่มีขนาดใหญ่ให้เล็กลงเพื่อจะได้วัดระดับน้ำได้สูงขึ้น
2. ควรใช้ชุดโซ่กับเฟืองแทนสายสลิงเพื่อที่จะไม่ต้องตั้งสายสลิงใหม่
3. กังหันวัดความเร็วควรเป็นไม้หรือพลาสติกเพื่อลดน้ำหนักหรือเกิดการเป็นสนิม
4. กังหันควรเพิ่มขนาดของใบพัดให้ยาวขึ้นเพื่อทำให้กังหันหมุนได้สะดวก
5. เพิ่มชุดวัดระดับน้ำให้สามารถวัดความกว้างของน้ำได้
6. พัฒนาชุดวัดความสูงให้มีความใหญ่และวัดปริมาณน้ำได้สูงขึ้นเพื่อให้สามารถวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ซึ่งมีขนาดใหญ่ได้

7. พัฒนาชุดวัดระดับน้ำให้อยู่ในชุดเดียวกันเพื่อที่จะสะดวกต่อการใช้งาน

8. พัฒนาให้สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลออกมาแสดงได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นปริญญานิพนธ์ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้น อย่างเต็มความรู้ความสามารถของผู้จัดทำ ซึ่งก็ได้ใช้เวลาในการติดตั้ง อุปกรณ์ การค้นคว้า ซักถาม หาข้อมูล และรวบรวมข้อมูล ทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลและหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง กับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ก็ขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านซึ่งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแนวคิดทฤษฎีต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งการเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีมาตลอดมา พร้อมทั้งให้ความอนุเคราะห์ ในด้านเครื่องมือที่เป็นจำเป็นต่างๆ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมาก ณ โอกาสนี้