เครื่องรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติสั่งการผ่านเว็บบราวเซอร์

Web-based Automatic Plant Watering System

โดย

นายวัฒนา รสโสดา

นายวีรพงษ์ พระนาศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เครื่องรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติสั่งการผ่านเว็บบราวเซอร์

Web-based Automatic Plant Watering System

โดย

นายวัฒนา รสโสดา

นายวีรพงษ์ พระนาศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติสั่งการผ่านเว็บบราวเซอร์

WEB-BASED AUTOMATIC PLANT WATERING SYSTEM

โดย

นายวัฒนา รสโสดา 53011459

นายวีรพงษ์ พระนาศรี 53011505

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ณัฐกานต์ พุทธรักษ์

ผศ.ดร.ตุลยา ลิมปิติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา

21/4/57

ผ่านการตรวจขั้นงานแล้ว

(.....)

กรรมการผู้ตรวจขั้นงาน

24/4/57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติสั่งการผ่านเว็บบราวเซอร์

WEB-BASED AUTOMATIC PLANT WATERING SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายวัฒนา รสโสดา 53011459
2. นายวีรพงษ์ พระนาศรี 53011505

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ณัฐกานต์ พุทธรักษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผศ.ดร.ตุลยา ลิมปิติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ณัฐกานต์ พุทธรักษ์ และผศ.ดร.ตุลยา ลิมปิติ ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำและคำปรึกษาความรู้ต่างๆ การตรวจทานแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ทั้งในเวลาและนอกเวลาราชการ คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นายวัฒนา รสโสดา

นายวีรพงษ์ พระนาศรี

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติสั่งการผ่านเว็บบราวเซอร์
WEB-BASED AUTOMATIC PLANT WATERING SYSTEM

โดย นายวัฒนา รสโสดา 53011459
นายวีรพงษ์ พระนาศรี 53011505

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ณัฐกานต์ พุทธรักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.ตุลยา ลิมปิติ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสามารถสั่งการรดน้ำต้นไม้จากระยะไกลและแสดงค่าความชื้นของดินผ่านเว็บบราวเซอร์ การทำงานของระบบจะประกอบไปด้วยส่วนของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ซึ่งเซนเซอร์จะรับค่าความชื้นจากดินแล้วส่งค่าแรงดันที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยระบบได้สร้างเงื่อนไขในการควบคุมโซลินอยด์วาล์วเพื่อสั่งการรดน้ำต้นไม้ นอกจากนี้ข้อมูลจะถูกส่งผ่านโมดูลไร้สายซิกบีไปบันทึกจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลด้วย ปริญญานิพนธ์นี้คาดหวังว่าจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ไม่ค่อยมีเวลาอยู่บ้านหรือออกไปทำงานเป็นเวลานานจนไม่มีเวลาดูแลรักษาต้นไม้ที่ปลูกไว้ โดยที่ไม่ต้องกังวลว่าต้นไม้ที่ปลูกจะเหี่ยวเฉาตาย เนื่องจากไม่ได้รับการรดน้ำอย่างเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This project develops an automatic plant watering system controlled by microcontroller which can be remotely scheduled through a web browser. The soil moisture information is also displayed on the webpage. This system consists of soil moisture sensors placed in the plant pots. The sensors send voltage values corresponding to moisture levels to the microcontroller. If dry soil condition is met, the solenoid valve controlling the faucet is turned on to water the plant automatically. Information is also sent wirelessly via Zigbee module to store in a database. This project will benefit those who are away from home for a long period of time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		IV
สารบัญรูป		VII
สารบัญตาราง		XI
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	**2**
	2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	2
	2.2 ภาษาซี	6
	2.3 ภาษา PHP	15
	2.4 โปรโตคอล TCP/IP	17
	2.5 โปรแกรม MPLAB	18
	2.6 โปรแกรม Proteus	19
	2.7 โปรแกรม Adobe Dreamweaver	19
	2.8 โปรแกรม PuTTy	20
	2.9 รีเลย์ (Relay)	21
	2.10 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)	25
	2.11 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	28
	2.12 MAX232	29
	2.13 ET-PIC 16/32 START KIT	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.14 ETT Plug in Module Microchips	32
	2.15 เซนเซอร์ตรวจจับอัตราการไหลของน้ำ (Water flow rate sensor)	33
	2.16 ZigBee	34
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์**	**38**
	3.1 การออกแบบ	38
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	53
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	56
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	**57**
	4.1 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้น	57
	4.2 ผลการทดลองการทำงานของโซลินอยด์วาล์วซึ่งควบคุมการทำงานโดยรีเลย์	63
	4.3 ผลการทดลองการทำงานของวงจรตรวจจับอัตราการไหลของน้ำ	64
	4.4 ผลการทดสอบการส่งข้อมูลจากหน้าเวปเพจไปเก็บในฐานข้อมูล	68
	4.5 ผลการทดลองการหยุดรดน้ำด้วยข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความชื้น	69
	4.6 ผลการทดลองการส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สายซิกบี	71
	4.7 ผลการทดสอบการทำงานรวมของระบบ	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	**78**
	5.1 สรุปผล	78
	5.2 ข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม		**79**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	สถาปัตยกรรมพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	3
2.2	ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688	5
2.3	โครงสร้างภาษาซี	7
2.4	โครงสร้างคำสั่ง IF เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต	11
2.5	โครงสร้างคำสั่ง SWITCH เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต	12
2.6	โครงสร้างคำสั่ง WHILE LOOPS เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต	13
2.7	โครงสร้างคำสั่ง FOR LOOPS เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต	13
2.8	โครงสร้างคำสั่ง DO LOOPS เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต	14
2.9	หน้าจอหลักโปรแกรม PuTTy	20
2.10	การทำงานของรีเลย์	22
2.11	โซลินอยด์วาล์วขนาดต่างๆ	25
2.12	ระบบเปิด-ปิดโดยตรง	26
2.13	ระบบลูกผสม	27
2.14	เซนเซอร์วัดความชื้นรุ่น SEN92355P	28
2.15	แผนภาพการเปลี่ยนสัญญาณ RS-232 เป็น TTL และ TTL เป็น RS-232	29
2.16	การต่อใช้งาน MAX-232 ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์	29
2.17	ET-PIC 16/32 START KIT	30
2.18	ET-PIC24FJ128GB110	32
2.19	เซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำขนาด 0.5 นิ้ว	33
2.20	ลักษณะการส่งสัญญาณของ ZigBee	34
2.21	ลักษณะการเชื่อมต่อแบบต่างๆ ของโมดูล ZigBee	35
2.22	โครงสร้าง Protocol ของโมดูล ZigBee	37
3.1	บล็อกไดอะแกรมรวมของระบบ	39
3.2	Schematic และ PCB ของวงจรเซนเซอร์วัดความชื้นที่สร้างเองใน โปรแกรม Altium	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.3	เซนเซอร์วัดความชื้นด้านหน้า	40
3.4	เซนเซอร์วัดความชื้นด้านหลัง	40
3.5	โฟลว์ชาร์ตการทำงานส่วนวงจรเปิด-ปิดก๊อกน้ำ	41
3.6	โฟลว์ชาร์ตการทำงานส่วนตรวจจับการไหลของน้ำ	42
3.7	ตาราง users	43
3.8	ตาราง numplant	43
3.9	ตาราง voltage	44
3.10	การแบ่งสัดส่วนให้กับเว็บบราวเซอร์	44
3.11	การเพิ่มข้อมูลลงบนหน้าเว็บบราวเซอร์	45
3.12	ไฟล์ loginform.php	45
3.13	ไฟล์ new1.php สำหรับสั่งการรดน้ำต้นไม้	46
3.14	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเว็บไซต์	47
3.15	โฟลว์ชาร์ตการทำงานส่วนดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล	49
3.16	วงจรภาคส่งข้อมูลค่าความชื้น	50
3.17	PCB ของวงจรภาคส่งข้อมูลที่สร้างเองในโปรแกรม Altium	50
3.18	วงจรภาคส่งข้อมูลค่าความชื้นที่สร้างขึ้น	51
3.19	การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของ ZigBee Coordinator	51
3.20	การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของ ZigBee Router	52
3.21	หน้าต่างโปรแกรมที่ออกแบบ	53
4.1	การเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความชื้นและวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	57
4.2	การวัดค่าแรงดันในดินแห้ง	58
4.3	การวัดค่าแรงดันในดินชื้น	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.4	การวัดค่าแรงดันในดินที่มีน้ำขัง	59
4.5	การวัดค่าแรงดันในดินแห้ง (Dry soil) แสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTY	59
4.6	การวัดค่าแรงดันในดินชื้น (Humid soil) แสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTY	60
4.7	การวัดค่าแรงดันในดินที่มีน้ำขัง (Soil in water) แสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTY	60
4.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับแรงดันจากเซนเซอร์วัดความชื้น	62
4.9	รีเลย์ทำงานทำให้น้ำไหลรดน้ำต้นไม้	63
4.10	รีเลย์ไม่ทำงานทำให้น้ำไม่ไหล	64
4.11	การทำงานของระบบเมื่อไม่มีน้ำไหลผ่านเซนเซอร์ตรวจจับอัตราการไหลของน้ำ	64
4.12	การทำงานของระบบเมื่อมีน้ำไหลผ่านเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำ	65
4.13	สัญญาณที่ส่งออกมาจากเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำเมื่อหมุนก๊อกน้ำ 45 องศา	66
4.14	ปริมาณน้ำในถังเมื่อหมุนก๊อกน้ำ 45 องศา	66
4.15	สัญญาณที่ส่งออกมาจากเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำเมื่อหมุนก๊อกน้ำ 90 องศา	67
4.16	ปริมาณน้ำในถังเมื่อหมุนก๊อกน้ำ 90 องศา	67
4.17	การกรอกข้อมูลล็อกอิน	68
4.18	การเลือกรดน้ำต้นไม้	68
4.19	ข้อมูลการสั่งรดน้ำต้นไม้แต่ละต้น	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.20	การสั่งรดน้ำต้นไม้ทั้ง 5 ต้น	69
4.21	ข้อมูลการสั่งการรดน้ำต้นไม้	70
4.22	น้ำไหลหลอด LED สว่าง	70
4.23	การจำลองค่าความชื้นดินในตาราง voltage	71
4.24	น้ำไม่ไหลหลอด LED ดับ	71
4.25	โปรแกรม X-CTU	72
4.26	ข้อมูลค่าความชื้นจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ชุด บนหน้าต่างแสดงผล	74
4.27	ข้อมูลค่าความชื้นจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ชุด บนฐานข้อมูล	74
4.28	วงจรรวมของระบบ	75
4.29	การสั่งรดน้ำต้นไม้ผ่านหน้าเว็บทุกต้น	76
4.30	ข้อมูลรดน้ำต้นไม้ทุกต้นหลังเก็บในฐานข้อมูล	76
4.31	ผลการสั่งการเปิดก๊อกน้ำจากเว็บบราวเซอร์	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ขอบเขตการทำงานของข้อมูลชนิดจำนวนเต็มแต่ละชนิด	8
2.2	รายละเอียดของชนิดข้อมูลแบบทศนิยม	9
2.3	ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์	10
2.4	ผลของตัวดำเนินการทางการเปรียบเทียบ	10
2.5	คุณสมบัติของเซนเซอร์วัดความชื้นรุ่น SEN92355P	28
4.1	เปรียบเทียบค่าแรงดันจากเซนเซอร์วัดความชื้นที่สร้างขึ้นเองกับเซนเซอร์ต้นแบบ	61
4.2	ค่าความชื้นมาตรฐานและค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	62
4.3	ค่า Received Signal Strength Indication (dBm) ที่ระยะทางต่างๆ แบบ line of sight	72
4.4	ค่า Received Signal Strength Indication (dBm) ที่ระยะทางต่างๆ แบบ non-line of sight	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้งานทางการเกษตรกรรมเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น เช่น การให้น้ำแก่พืชสวนหรือพืชไร่ ไม้ดอกไม้ประดับ รวมถึงต้นไม้ที่ปลูกภายในบ้านที่ต้องมีการควบคุมดูแลรักษาระดับความชื้นอยู่ตลอดเวลา เช่น มะละกอ กล้วยไม้บางชนิด และพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น ดังนั้น ปริญญานิพนธ์นี้จึงประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสื่อสารในการพัฒนาระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติเพื่ออำนวยความสะดวกต่อเกษตรกรหรือผู้ที่ไม่มีเวลาดูแลรักษาต้นไม้อย่างสม่ำเสมอ และยังเป็นการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการให้น้ำแก่ต้นไม้มากหรือน้อยเกินไป ทำให้ต้นไม้ได้รับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม โดยระบบสามารถควบคุมปริมาณน้ำให้มีความเหมาะสมกับชนิดและประเภทของต้นไม้ได้

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดก๊อกน้ำ
2) เพื่อศึกษาและจัดทำเซนเซอร์วัดความชื้นของดินเพื่อส่งข้อมูลไปประมวลผลแบบไร้สาย
3) เพื่อศึกษาและจัดทำเว็บบราวเซอร์เพื่อสั่งการรดน้ำต้นไม้จากระยะไกล
4) เพื่อจัดสร้างฐานข้อมูลและเซิร์ฟเวอร์ เพื่อเก็บข้อมูลผู้ใช้และรายละเอียดคำสั่งการรดน้ำ
5) เพื่อสร้างระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติสั่งการผ่านเว็บบราวเซอร์

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ออกแบบและพัฒนาระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และสั่งการผ่านเว็บบราวเซอร์ โดยในส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์สวิตช์สำหรับเปิด-ปิดก๊อกน้ำและเซ็นเซอร์วัดความชื้นของดินควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (จัดทำในเทอม 1/2556) ซึ่งจะส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่านโมดูลซิกบีไปยังส่วนซอฟต์แวร์ เพื่อสั่งการรดน้ำระยะไกลผ่านเว็บบราวเซอร์และเก็บข้อมูลการใช้งานรวมทั้งข้อมูลความชื้นในดินบนฐานข้อมูล (จัดทำในเทอม 2/2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์พื้นฐาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ที่สามารถสร้างระบบควบคุมได้ โดยอุปกรณ์นี้มีขนาดเล็ก และเป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่มีการรวมเอาฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ไว้ในตัวเอง มีลักษณะคล้ายกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งในที่นี้หมายถึงอุปกรณ์ภายในที่ประกอบด้วย ซีพียู (CPU: Central Processing Unit), พอร์ต (Port) ในการเชื่อมต่อแบบต่างๆ

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกได้ 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1) ซีพียู

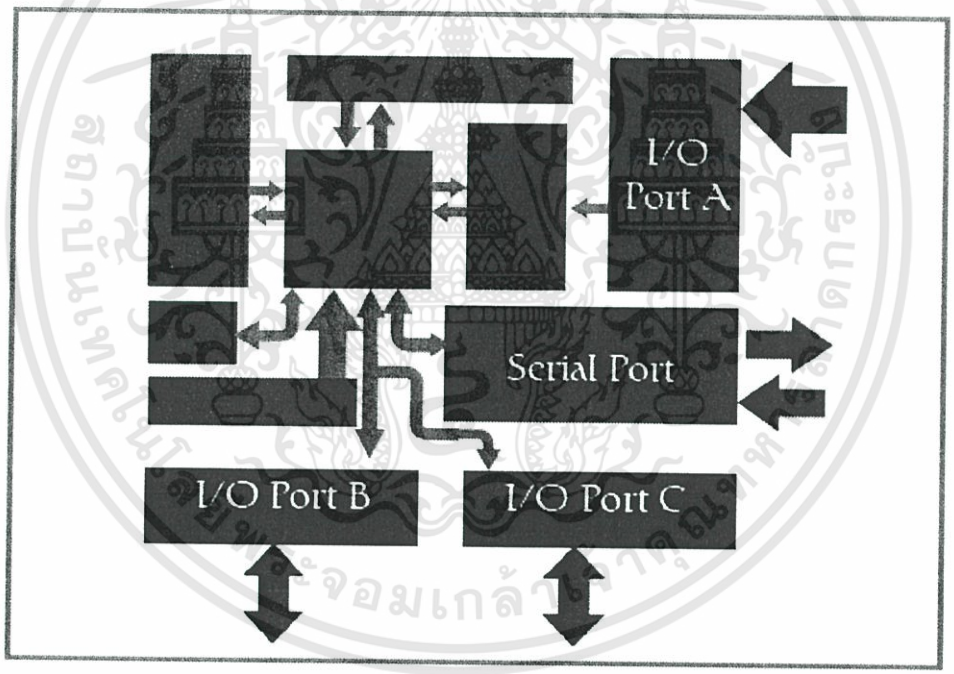
2) หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสไดร์ฟ (Hard disk drives) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM: Random Access Memory) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งเป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงและเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุตเพื่อรับสัญญาณอาจจะด้วยการกดสวิตซ์เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุตเพื่อแสดงผล เช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (BUS) คือ เส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งข้อมูลเป็นบัสข้อมูล (Data Bus), บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

5) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Clock) นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจังหวะการทำงานก็จะทำได้ถี่ขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย โดยสถาปัตยกรรมพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สถาปัตยกรรมพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (PIC: Peripheral Interface Controller)

เราสามารถแบ่งหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ในตะกูล PIC ได้ เป็น 3 แบบย่อยๆ คือ หน่วยความจำแบบแฟลช (FLASH Program Memory) มีขนาด 1-32 กิโลเวิร์ด, หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory RAM) ความจุ 64-1536 ไบต์ และสุดท้าย คือหน่วยความจำของข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM Data Memory) ลักษณะโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มีดังต่อไปนี้

- มีพอร์ต I/O 3 บิต, 6 บิต, 8 บิต จำนวน 5 พอร์ต
- หน่วยความจำแบบแฟลช (FLASH Program Memory) 1-32 กิโลไบต์, หน่วยความจำข้อมูลแรม 64 – 1536 ไบต์ และมีขนาดหน่วยความจำ อีอีพรอม 256 บิต
- มีขนาด Timer/Counter เป็น 0 ขนาด 8 บิต, ไทม์เมอร์ (Timer) 1 ขนาด 16 บิต, Timer 2 ขนาด 16 บิต
- มีกระแสซิงค์และกระแสซอร์ส (High Sink / Source current) 25 มิลลิแอมแปร์
- มีวงจรแปลงสัญญาณ A/D (Analog to Digital Converter)
- มีวงจร PWM (PWM: Pulse Width Modulator) ความละเอียดสูงถึง 10 บิต
- มีหน่วยความจำแบบแฟลช ทำให้สามารถเขียนได้หลายๆ ครั้ง

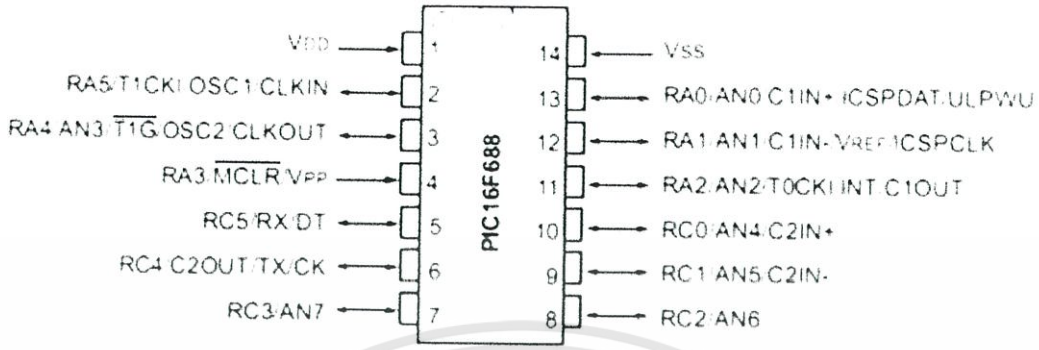
2.1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์นี้คือ PIC16F688 ขนาด 14 ขา คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

1) 12 I/O port
2) Analog comparator
3) A/D converter: มีขนาด 10 บิต 8 ขาการทำงาน
4) Timer0: 8 bit, Timer1: 16 bit
5) Enhanced USART Module: รองรับ RS232, RS485

โดยขาแต่ละขาของ PIC16F688 แสดงได้ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688 [2]

จากรูปที่ 2.2 เป็นการแสดงขาต่างๆ ของ PIC16F688 ซึ่งมีรายละเอียดในการทำงานของขาแต่ละขาดังนี้

1) RA0/AN0/C1IN+/ICSPDAT/ULPWU เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 0, อินพุตสัญญาณอนาล็อคช่อง 0, ขาเปรียบเทียบอินพุตช่อง 1, ขากำหนดสัญญาณข้อมูลเอาต์พุตแบบอนุกรม และขาอินพุตกระตุ้นด้วยพลังงานต่ำ

2) RA1/AN1/C1IN-/VREF/ICSPCLK เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 1, อินพุตสัญญาณอนาล็อคช่อง 1, ขาเปรียบเทียบอินพุตช่อง 1, แรงดันอ้างอิงภายนอกสำหรับ A/D และขากำหนดสัญญาณนาฬิกาแบบอนุกรม (Serial)

3) RA2/AN2/T0CKI/INT/C1OUT เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 2, อินพุตสัญญาณอนาล็อคช่อง 2, อินพุตสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้าสู่ไทม์เมอร์ ช่อง 0, อินพุตสัญญาณอินเตอร์รัพต์ (Interrupt) จากภายนอก และขาเปรียบเทียบเอาต์พุตช่อง 1

4) RA3/MCLR/VPP เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 3, ขาอินพุตสัญญาณรีเซ็ต (Reset) ด้วยลอจิก (Logic) 0 ซึ่งปกติจะต่อกับตัวต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม เพื่อเชื่อมต่อกับไฟเลี้ยง (VDD: Positive Supply Power) และต่อสวิตช์ (Switch) รีเซ็ตลงกราวนด์ (GND: Ground) นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นขาอินพุตแรงดันไฟสูง 13 โวลต์ ในขณะทำการโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทลเลอร์

5) RA4/AN3/T1G/OSC2/CLKOUT เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 4, อินพุตสัญญาณอนาล็อคช่อง 3, ขาอินพุตของคริสตัลช่อง 2 และเป็นขาเอาต์พุตของสัญญาณนาฬิกาซึ่งมีค่าความถี่เท่ากับ FOSC/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) RA5/T1CKI/OSC1/CLKIN เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 5, อินพุตสัญญาณ Clock จากภายนอกเข้าสู่ไทม์เมอร์ 1, ขาอินพุตของ Crystal ช่อง 1 และเป็นขาอินพุตของสัญญาณนาฬิกาซึ่งมีค่าความถี่เท่ากับ FOSC/4

7) RC0/AN4/C2IN+ เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 0, อินพุตสัญญาณอนาล็อคช่อง 4 และขาเปรียบเทียบอินพุตช่อง 2

8) RC1/AN5/C2IN- เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 1, อินพุตสัญญาณอนาล็อคช่อง 5 และขาเปรียบเทียบอินพุตช่อง 2

9) RC2/AN6 เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 2 และอินพุตสัญญาณอนาล็อคช่อง 6

10) RC3/AN7 เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 3 และอินพุตสัญญาณอนาล็อคช่อง 7

11) RC4/C2OUT/TX/CK เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 4, ขาเปรียบเทียบเอาต์พุตช่อง 2, เอาต์พุตข้อมูลของพอร์ตสื่อสารอนุกรม และอินพุต-เอาต์พุตสัญญาณ Clock แบบซิงโครนัส (Synchronous) ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม

12) RC5/RX/DT เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 4, อินพุตข้อมูลของพอร์ตสื่อสารอนุกรม และอินพุต-เอาต์พุตสัญญาณ Clock แบบซิงโครนัสของพอร์ตสื่อสารอนุกรม

13) VSS เป็นขาอินพุตสำหรับต่อไฟเลี้ยงให้กับ PIC โดยการต่อลงกราวนด์

14) VDD เป็นขาอินพุตสำหรับต่อไฟเลี้ยงให้กับ PIC โดยจ่ายแรงดันในช่วง 2.0 โวลต์ - 5.5 โวลต์

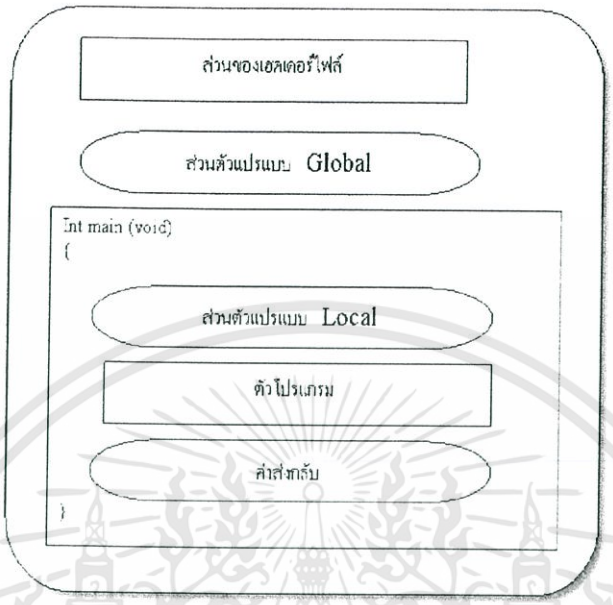
2.2 ภาษาซี

ภาษา C เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ถูกค้นคิดขึ้นโดย เดนนิส ริตชี (Denis Ritchie) ในปี ค.ศ. 1970 โดยใช้ระบบปฏิบัติการของยูนิกซ์ (UNIX) นับจากนั้นมาก็ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นจนถึงปัจจุบัน ภาษาซีสามารถติดต่อในระดับฮาร์ดแวร์ได้ดีกว่าภาษาระดับสูงอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นภาษาเบสิก ฟอร์ทราน (FORTRAN) ขณะเดียวกันก็มีคุณสมบัติของภาษาระดับสูงอยู่ด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงจัดได้ว่าภาษา C เป็นภาษาระดับกลาง (Middle – lever language) ภาษา C เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชนิดคอมไพล์ (compiled Language) ซึ่งมีคอมไพล์เลอร์ (Compiler) ทำหน้าที่ในการคอมไพล์ หรือแปลงคำสั่งทั้งหมดในโปรแกรมให้เป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์นำคำสั่งเหล่านั้นไปทำงานต่อไป

2.2.1 โครงสร้างของภาษาซี

ทุกโปรแกรมของภาษาซี มีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างภาษาซี [3]

เฮดเดอร์ไฟล์ (Header Files) เป็นส่วนที่เก็บไลบรารีมาตรฐานของภาษาซี ซึ่งจะถูกดึงเข้ามารวมกับโปรแกรมในขณะที่กำลังทำการคอมไพล์ โดยใช้คำสั่ง

#include<ชื่อเฮดเดอร์ไฟล์> หรือ #include “ชื่อเฮดเดอร์ไฟล์”

ตัวอย่าง

#include<stdio.h>

เฮดเดอร์ไฟล์นี้จะมีส่วนขยายเป็น .h เสมอ และเฮดเดอร์ไฟล์เป็นส่วนที่จำเป็นต้องมีอย่างน้อย 1 เฮดเดอร์ไฟล์ ก็คือ เฮดเดอร์ไฟล์ stdio.h ซึ่งจะเป็นที่เก็บไลบรารี (Library) มาตรฐานที่จัดการเกี่ยวกับอินพุตและเอาท์พุต

2.2.2 การตั้งชื่อ

การตั้งชื่อ (Identifier) ให้กับตัวแปรฟังก์ชันหรืออื่นๆ มีกฎเกณฑ์ในการตั้งชื่อดังนี้

1) ตัวแรกของชื่อจะต้องขึ้นต้องด้วยตัวอักษรหรือเครื่องหมายเท่านั้น

2) ตัวอักษรตั้งแต่ตัวที่ 2 สามารถเป็นตัวเลขหรือเครื่องหมายก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จะต้องไม่มีการเว้นวรรคภายในชื่อแต่สามารถใช้เครื่องหมายคั่นได้

4) สามารถตั้งชื่อได้ยาวไม่จำกัด แต่จะใช้ตัวอักษรแค่ 31 ตัวแรกในการอ้างอิง

5) ชื่อที่ตั้งด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กจะถือว่าเป็นคนละตัวกัน

6) ห้ามตั้งชื่อซ้ำกับคำสงวนของภาษา C

2.2.3 ชนิดข้อมูล

ในภาษา C จะมีข้อมูลมาตรฐาน 4 ชนิด ดังนี้

2.2.3.1 ข้อมูลแบบไม่มีค่า หรือ Void Type (Void)

ข้อมูลชนิดนี้จะไม่มีค่าและจะไม่ใช้ในการกำหนดชนิดตัวแปร แต่ส่วนใหญ่จะใช้เกี่ยวกับฟังก์ชัน

2.2.3.2 ข้อมูลแบบจำนวนเต็ม หรือ Integer Type (int)

เป็นชนิดข้อมูลที่เป็นตัวเลขจำนวนเต็ม ไม่มีทศนิยม ซึ่งภาษา C จะแบ่งข้อมูลชนิดนี้ออกได้เป็น 3 ระดับ คือ short int, int และ long int ซึ่งแต่ละระดับนั้นจะมีขอบเขตการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขอบเขตการทำงานของข้อมูลชนิดจำนวนเต็มแต่ละชนิด

ชนิดข้อมูล	คิดเครื่องหมาย	ขนาด(ไบต์)	จำนวนบิต	ค่าน้อยที่สุด	ค่ามากที่สุด
Short int	คิด	2	16	-32,768	32,768
	ไม่คิด			0	65,535
Int	คิด	2	16	-32,768	32,768
(16 บิต)	ไม่คิด			0	65,535
Int	คิด	4	32	-2,147,486,643	2,147,486,643
(32 บิต)	ไม่คิด			0	4,294,967,295
Long int	คิด	4	32	-2,147,486,643	2,147,486,643
	ไม่คิด			0	4,294,967,295

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 ข้อมูลแบบอักษร (char: Character Type)

ข้อมูลชนิดนี้คือตัวอักษรตั้งแต่ A-Z เลข 0-9 และสัญลักษณ์ต่างๆ ตามมาตรฐาน ASCII (American Standard Code Information Interchange) ซึ่งเมื่อกำหนดให้กับตัวแปรแล้วตัวแปรนั้นจะรับค่าได้เพียง 1 ตัวอักษรเท่านั้น และสามารถรับข้อมูลจำนวนเต็มตั้งแต่ถึง 127 จะใช้ขนาดหน่วยความจำ 1 ไบต์หรือ 8 บิต

2.2.3.4 ข้อมูลแบบทศนิยม (float: Floating Point Type)

เป็นข้อมูลชนิดตัวเลขที่มีจุดทศนิยม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ float, double และ long double แต่ละระดับนั้นจะมีขอบเขตที่แตกต่างกันในการใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของชนิดข้อมูลแบบทศนิยม

ชนิดข้อมูล	ขนาด(ไบต์)	จำนวนบิต	ค่าที่น้อยที่สุด
Float	4	32	-38 ถึง 38 3.4-10 ถึง 3.4-10
Double	8	64	-308 ถึง 308 1.7*10 ถึง 1.7*10
long double	10	80	-4932 ถึง 4932 3.4*10 ถึง 1.1*10

2.2.4 นิพจน์ทางคณิตศาสตร์

นิพจน์ (Expressions) ทางคณิตศาสตร์นั้นเป็นนิพจน์ที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งนิพจน์ทางคณิตศาสตร์นั้นจะมีรูปแบบเหมือนกับสมการคณิตศาสตร์แต่จะประกอบไปด้วยค่าคงที่หรือตัวแปร ซึ่งเรียกอีกอย่างว่า ตัวถูกดำเนินการ (Operand) แล้วเชื่อมกันด้วยเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ หรือเรียกอีกอย่างว่า ตัวดำเนินการ (Operator)

2.2.4.1 ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์

ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ของภาษา C แสดงได้ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์

ตัวดำเนินการ	ความหมาย
+	บวก
-	ลบ
*	คูณ
/	หาร
%	หารเอาเศษหรือ Modulus
++	เพิ่มค่าครั้งละ 1
--	ลดค่าครั้งละ 1

2.2.4.2 ตัวดำเนินการทางการเปรียบเทียบ

ตัวดำเนินการทางการเปรียบเทียบและผลของตัวดำเนินการแสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงผลของตัวดำเนินการทางการเปรียบเทียบ

ตัวดำเนินการ	ความหมาย
<	น้อยกว่า
<=	น้อยกว่าหรือเท่ากับ
>	มากกว่า
>=	มากกว่าหรือเท่ากับ
==	เท่ากับ
!=	ไม่เท่ากับ

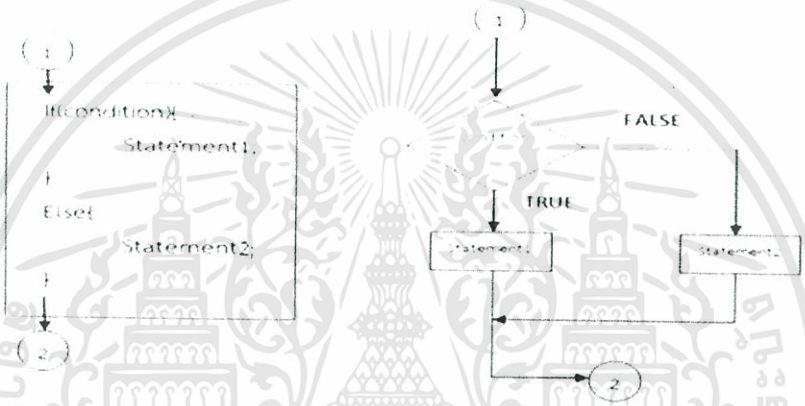
2.2.5 การทำงานแบบมีเงื่อนไข

คำสั่งการทำงานแบบมีเงื่อนไขเป็นคำสั่งที่สำคัญเพราะเป็นการกำหนดทิศทางลำดับการทำงานของโปรแกรม ซึ่งการเขียนคำสั่งประเภทนี้จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างคำสั่ง โดยคำสั่งแบบมีเงื่อนไขนี้จะมี 2 คำสั่งคือ คำสั่ง if...else และคำสั่ง switch case ซึ่งมีโครงสร้างของคำสั่งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.1 if...else

คำสั่ง if...else เป็นคำสั่งที่ใช้ตรวจสอบเงื่อนไข (condition) โดยถ้าเงื่อนไขเป็นจริง ลำดับการทำงานของโปรแกรมจะทำงานในคำสั่ง (Statements1) ที่อยู่ในปีกกาเปิด ({) และปีกกาปิด (}) ที่ถัดจากคำสั่ง if และถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ ลำดับการทำงานของโปรแกรมจะทำงานในคำสั่ง (Statements2) ที่อยู่ในปีกกาเปิด ({) และปีกกาปิด (}) ที่ถัดจากคำสั่ง else ซึ่งสามารถอธิบายโครงสร้างของคำสั่งกับโฟลว์ชาร์ตได้ดังรูปที่ 2.4

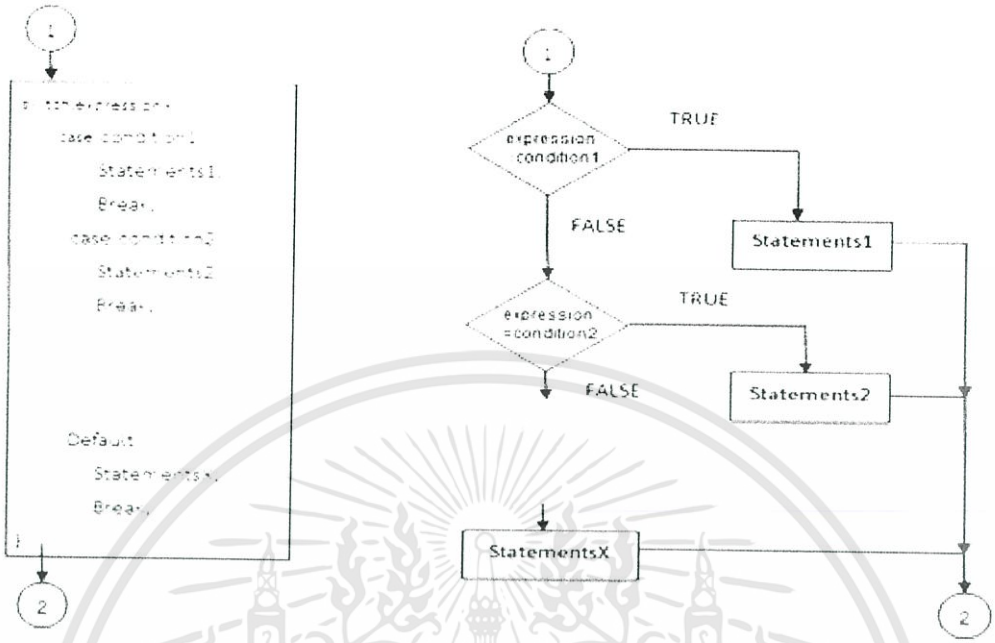


รูปที่ 2.4 โครงสร้างคำสั่ง if เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต [3]

2.2.5.2 switch

คำสั่ง switch จะเป็นคำสั่งที่ใช้ตรวจสอบค่า (expression) กับเงื่อนไข (condition) ซึ่งสามารถตรวจสอบเงื่อนไขได้หลายเงื่อนไข โดยจะทำการตรวจสอบทีละเงื่อนไข ถ้านิพจน์ที่ใช้ทดสอบตรงกับค่าคงที่ที่อยู่หลังคำสั่ง case ลำดับการทำงานของโปรแกรมจะทำงานในคำสั่ง (Statements) ที่อยู่ถัดจากเครื่องหมายโคลอน (:) ไปเรื่อยๆ จนเจอคำสั่งเบรก (Break) โปรแกรมจะกำหนดการทำงานไปยังส่วนสุดท้ายของคำสั่งคือเครื่องหมายปีกกาปิด (}) แต่ถ้าไม่ตรงกับเงื่อนไขทุกเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ลำดับการทำงานของโปรแกรมจะทำงานในคำสั่ง (Statements) ที่อยู่หลังคำสั่ง default ไปเรื่อยๆ จนเจอคำสั่งเบรก (Break) โปรแกรมจะกระโดดการทำงานไปยังส่วนสุดท้ายของคำสั่งคือเครื่องหมายปีกกาปิด (}) ของคำสั่งสวิตช์ สามารถอธิบายโครงสร้างของคำสั่งกับโฟลว์ชาร์ตได้ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 โครงสร้างคำสั่ง switch เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต [3]

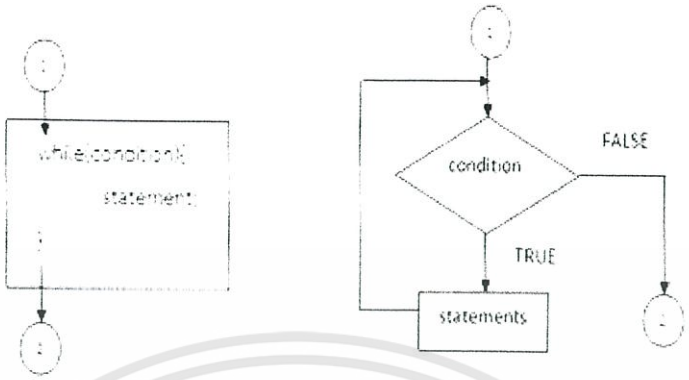
2.2.6 การทำงานแบบวนรอบ

คำสั่งการทำงานแบบวนรอบจะมี 3 คำสั่งคือ คำสั่ง while loops, for loops และคำสั่ง do loops โดยมีโครงสร้างของคำสั่งดังนี้

2.2.6.1 while loops

คำสั่ง while loops จะเป็นคำสั่งให้ลำดับการทำงาน (statements) ที่อยู่ในเครื่องหมายปีกกาเปิด ({) และเครื่องหมายปีกกาปิด (}) เมื่อเงื่อนไข (condition) เป็นจริงซึ่งจะทำงานซ้ำจนกว่าเงื่อนไข (condition) เป็นเท็จ สามารถอธิบายโครงสร้างของคำสั่งกับโฟลว์ชาร์ตได้ดังรูปที่ 2.6

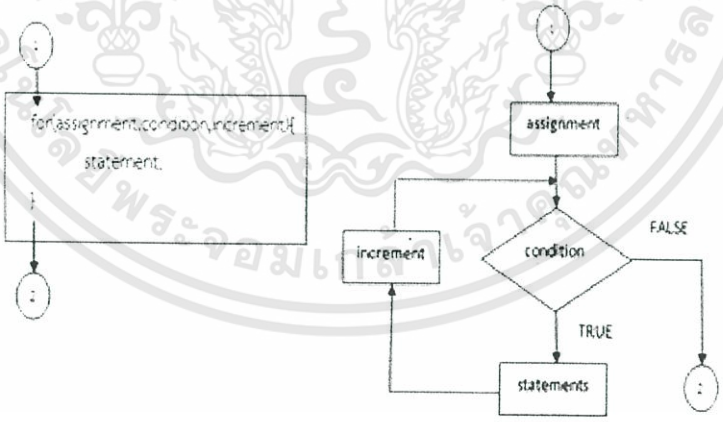
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างคำสั่ง while loops เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต [3]

2.2.6.2 for loops

คำสั่ง for loops เป็นคำสั่งวนรอบอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งพิเศษตรงที่เราสามารถกำหนดค่าเริ่มต้น เงื่อนไข และการเพิ่มค่าตัวแปรที่เราใช้ในการวนรอบได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งการวนรอบมีลำดับการทำงาน (statement) ที่อยู่ในเครื่องหมายปีกกาเปิด ({) และเครื่องหมายปีกกาปิด (}) เมื่อเงื่อนไข (condition) เป็นจริงโดยจะทำงานซ้ำจนกว่าเงื่อนไข (condition) เป็นเท็จ สามารถอธิบายโครงสร้างของคำสั่งกับโฟลว์ชาร์ตได้ดังรูปที่ 2.7

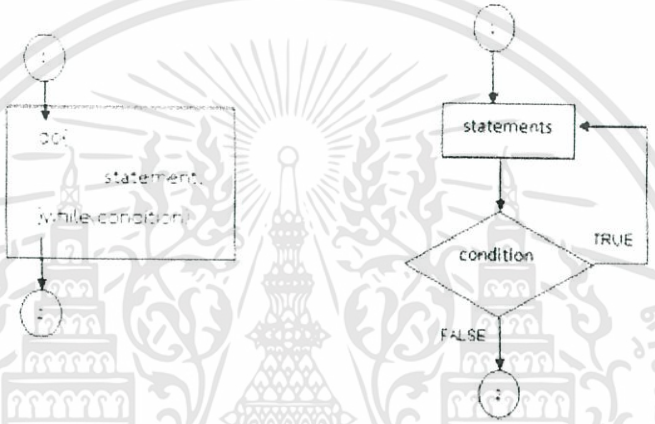


รูปที่ 2.7 โครงสร้างคำสั่ง for loops เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.3 do loops

คำสั่ง do loop จะมีคำสั่งการทำงานคล้ายกับคำสั่ง while loops คือจะเป็นคำสั่งให้ลำดับการทำงาน (statements) ที่อยู่ในเครื่องหมายปีกกาเปิด ({) และเครื่องหมายปีกกาปิด (}) เมื่อเงื่อนไข (condition) เป็นจริง โดยจะทำงานซ้ำจนกว่าเงื่อนไข (condition) เป็นเท็จ แต่จะต่างกันที่การตรวจสอบเงื่อนไขของคำสั่ง do loops จะตรวจสอบในลำดับท้ายสุด สามารถอธิบายโครงสร้างของคำสั่งกับโฟลว์ชาร์ตได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 โครงสร้างคำสั่ง do loops เมื่อเทียบกับโฟลว์ชาร์ต [3]

2.2.7 ฟังก์ชันการใช้งาน

ฟังก์ชัน (Function) ในภาษาซีจะมีลักษณะการทำงานเหมือนกับโปรแกรมย่อย คือสามารถเรียกใช้จากตำแหน่งใดก็ได้ของโปรแกรมหลัก โดยฟังก์ชันจะสามารถรับค่าอินพุตและส่งกลับค่าเอาต์พุตได้ด้วยซึ่งในการเขียนฟังก์ชันจะมีโครงสร้างดังนี้

```
Variable type function_name(parameter_type,parameter_type,...){
declarations;
statements;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย variable type จะเป็นตัวกำหนดชนิดของค่าที่ส่งกลับเป็นค่าเอาต์พุต ซึ่งหลักการกำหนดจะเหมือนกับการกำหนดตัวแปร แต่ถ้าเราไม่ต้องการให้ฟังก์ชันส่งค่าคืนกลับเราสามารถกำหนดตัวแปรให้เป็นแบบไม่ส่งคืนค่า คือตัวแปรแบบ void function_name จะเป็นชื่อของตัวแปรที่เรากำหนดเรียกใช้ ซึ่งมีเงื่อนไขในการกำหนดเหมือนกับการตั้งชื่อของตัวแปร parameter_type จะเป็นตัวกำหนดชนิดของค่าที่รับเป็นค่าอินพุตซึ่งหลักการกำหนดจะเหมือนกับการกำหนดตัวแปร แต่ถ้าเราไม่ต้องการให้ฟังก์ชันรับค่า เราสามารถกำหนดตัวแปรให้เป็นแบบไม่ส่งคืนค่า คือตัวแปรแบบ void declarations เป็นการกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการทำงานของฟังก์ชัน statements คือชุดของคำสั่งการทำงานของฟังก์ชัน

2.3 ภาษา PHP

PHP ย่อมาจาก Personal Home Pages คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์สคริปต์ โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส ภาษา PHP ใช้สำหรับจัดทำเว็บไซต์และแสดงผลออกมาในรูปแบบ HTML โดยมีรากฐานโครงสร้างคำสั่งมาจากภาษาซี ภาษาจาวา และภาษาเพิร์ล

2.3.1 โครงสร้างภาษา PHP

การเขียนภาษา PHP นั้นสามารถเขียนแทรกไว้ในภาษา HTML หรือจะเขียนเดี่ยวๆ เลยก็ได้ แต่เมื่อเขียนแล้วจะต้องทำการเซฟเป็นไฟล์สกุล .php การเขียน php นั้นมีรูปแบบการเขียนอยู่หลายแบบ ดังนี้

1) เขียนแบบ SGML เป็นรูปแบบการเขียนที่เป็นมาตรฐานของภาษา XML โดยมีรูปแบบ ดังนี้ <? ..... ?>

2) เขียนแบบ XML เป็นรูปแบบการเขียนของภาษาประเภท XML โดยมีรูปแบบดังนี้ <? php..... ?>

3) เขียนแบบภาษา Script หรือการเขียนแบบ java script โดยมีรูปแบบดังนี้ <script language="PHP"> ..... </script>

4) เขียนแบบ ASP เป็นรูปแบบการเขียนที่เป็นมาตรฐานของภาษาประเภท ASP โดยมีรูปแบบดังนี้ <% ..... %>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การแสดงผลในภาษา PHP

การแสดงผลข้อความใน PHP สามารถใช้คำสั่งได้สามรูปแบบคือ คำสั่ง echo, print และคำสั่ง printf คำสั่งทั้งสามแบบนี้เป็นคำสั่งแสดงผลข้อมูลออกทางบราวเซอร์

1) echo เป็นคำสั่งที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะทำงานได้เร็วกว่าคำสั่ง print เนื่องจากคำสั่งนี้ไม่มีการตรวจสอบว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในการส่งผลลัพธ์หรือไม่ มีโครงสร้างการเขียนดังนี้

echo(ผลลัพธ์) หรือ echo ผลลัพธ์

2) print โดยทั่วไปจะไม่นิยมใช้คำสั่ง print มากนัก เนื่องจากจะทำงานช้ากว่าคำสั่ง echo เพราะคำสั่ง print จะมีการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วย มีโครงสร้างการเขียนดังนี้

print(ผลลัพธ์) หรือ print ผลลัพธ์

3) printf เป็นคำสั่งที่มีลักษณะการใช้เหมือนกับคำสั่ง printf ในภาษา C ซึ่งจะสามารถจัดรูปแบบ (Format) ของข้อความที่จะทำการแสดงผลออกทางเว็บบราวเซอร์ได้ มีโครงสร้างการเขียนดังนี้

printf(ผลลัพธ์) หรือ printf ผลลัพธ์

2.3.3 คำอธิบาย (Comment)

คำอธิบาย (Comment) ใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับโปรแกรมที่เขียน เพื่อช่วยให้พิจารณาโค้ดได้ง่ายขึ้น แต่โปรแกรมจะไม่นำส่วนที่เป็นคำอธิบายไปประมวลผล ใน PHP สามารถเขียนคอมเมนต์ได้หลายแบบดังนี้

1) Single-line comment เป็นการเขียนคำอธิบายแบบบรรทัดเดียว โดยใช้เครื่องหมาย // หรือ # ซึ่งโปรแกรมจะถือว่าตั้งแต่สัญลักษณ์เป็นต้นไปตลอดทั้งบรรทัดเป็นคำอธิบายทั้งหมด และจะไม่นำบรรทัดนั้นมาประมวลผล เช่น

```
//Author: Banchar
#All rights Reserved
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Multiple-line comment เป็นการเขียนคำอธิบายหลายๆ บรรทัดโดยใช้สัญลักษณ์ /**/ ซึ่งโปรแกรมจะถือว่าตั้งแต่สัญลักษณ์ /* เป็นต้นไปเป็นคำอธิบาย จนกว่าจะเจอสัญลักษณ์ */ จึงจะถือว่าสิ้นสุดคำอธิบาย เช่น

```
/* Author: Banchar
20/10/2010
All Rights Reserved */
```

2.4 โปรโตคอล TCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) เป็นระบบโปรโตคอลการสื่อสารพื้นฐานของระบบอินเตอร์เน็ต สามารถใช้เป็นโปรโตคอลในการสื่อสารภายในเครือข่ายส่วนบุคคล เรียกว่า intranet และ extranet เมื่อมีการติดต่อโดยตรงกับ internet เครื่องคอมพิวเตอร์จะได้รับการคัดลอกโปรแกรม TCP/IP เช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์อื่นๆ เพื่อทำให้ส่งข้อความขอรับสารสนเทศ

TCP/IP เป็นโปรแกรม 2 เลเยอร์ TCP (Transmission Control Protocol) เป็นเลเยอร์ที่สูงกว่า ทำหน้าที่จัดการแยกข้อความหรือไฟล์และประกอบให้เหมือนเดิม IP (Internet Protocol) เป็นเลเยอร์ที่ต่ำกว่า ทำหน้าที่จัดการส่วนของที่อยู่ของแต่ละชุดข้อมูล เพื่อทำให้มีปลายทางที่ถูกต้อง เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็น Gateway บนเครือข่ายจะตรวจที่อยู่นี้เพื่อหาจุดหมายในการส่งข้อความ ชุดข้อมูลอาจจะใช้เส้นทางไปยังปลายทางต่างกัน แต่ทั้งหมดจะได้รับการประกอบใหม่ที่ปลายทาง

TCP/IP ใช้ในแบบ client/server ในการสื่อสาร (ระหว่างคอมพิวเตอร์) ซึ่งผู้ใช้คอมพิวเตอร์ (client) เป็นผู้ขอและการบริการได้รับจากคอมพิวเตอร์เครื่องแม่ข่ายในระบบเครือข่าย การสื่อสารของ TCP/IP เป็นแบบจุดต่อจุด (point -to- point) หมายความว่าการสื่อสารแต่ละครั้งเกิดจากจุดหนึ่ง (เครื่อง host เครื่องหนึ่ง) ไปยังจุดอื่นหรือเครื่อง host เครื่องอื่นในเครือข่าย TCP/IP และโปรแกรมประยุกต์ระดับสูงอื่น ที่ใช้ TCP/IP สามารถเรียกว่า "Stateless" เพราะการขอแต่ละ client ได้รับการพิจารณาเป็นการขอใหม่โดยไม่สัมพันธ์กับการขอเดิม (แต่แตกต่างจากการสนทนาทางโทรศัพท์) การที่เป็นพาร์ทของเครือข่ายอิสระแบบ "Stateless" ดังนั้นทุกคนสามารถใช้พาร์ทได้อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้อินเตอร์เน็ตจำนวนมากคุ้นเคยกับการประยุกต์เลเยอร์ระดับสูง โดยใช้ TCP/IP เพื่อเข้าสู่ระบบอินเตอร์เน็ต ทั้งนี้รวมถึง World Wide Web's Hypertext Transfer Protocol (HTTP), File Transfer Protocol (FTP) ซึ่งในการเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ในระยะไกล และ Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) โปรโตคอลเหล่านี้ จะเป็นชุดเดียวกับ TCP/IP ในลักษณะ "Suite" เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล มักจะเข้าสู่อินเตอร์เน็ต ผ่าน Serial Line Internet Protocol (SLIP) หรือ Point-To-Point Protocol (PPP) โปรโตคอลแบบนี้จะควบคุมชุดข้อมูลของ IP ดังนั้นจึงสามารถใช้ส่งผ่านการติดต่อด้วยสายโทรศัพท์ผ่านโมเด็ม โปรโตคอลที่สัมพันธ์กับ TCP/IP ได้แก่ User Datagram Protocol (UDP) สำหรับใช้แทน TCP/IP ในกรณีพิเศษ ส่วนโปรโตคอลอื่นที่ใช้โดยเครื่อง host ของเครือข่ายสำหรับการแลกเปลี่ยนสารสนเทศกับ router ได้แก่ Internet Control Message Protocol (ICMP), Interior Gateway Protocol (IGP), Exterior Gateway Protocol (EGP), และ Border Gateway Protocol (BGP)

2.5 โปรแกรม MPLAB

MPLAB เป็นโปรแกรมประเภท IDE ซึ่งพัฒนามาจาก Microchip ผู้ผลิตชิป PIC คำว่า IDE นั้นคือโปรแกรมที่รวมสภาวะแวดล้อมในการพัฒนาโปรแกรมไว้ให้เรียบร้อยแล้ว โดยจะประกอบด้วย

1) Editor ทำหน้าที่ช่วยในการเขียนคำสั่ง Source code ให้ทำได้ง่ายขึ้น

2) Compiler / Assembler ทำหน้าที่แปล Source code ให้อยู่ในรูป Hex ไฟล์ก่อนส่งไปโปรแกรมลงชิป

3) Simulator ทำหน้าที่จำลองการทำงานของโปรแกรมก่อนที่จะโปรแกรมลงชิป

4) Emulator (ต้องมีฮาร์ดแวร์เพิ่มต่อพ่วงภายนอก) ไว้จำลองการทำงานโดยการต่อเข้ากับฮาร์ดแวร์จริง

5) Programmer (ต้องต่อพ่วงเข้ากับฮาร์ดแวร์ภายนอก) เพื่อนำเอาไฟล์ Hex โปรแกรมลงตัวชิป โปรแกรม MPLAB เป็นโปรแกรมหลักในการจัดการทั้งหมด ซึ่งเหมาะกับผู้ที่เขียนโปรแกรมด้วยภาษา Assembly ของ PIC หรือเขียนภาษา C ซึ่งสนับสนุนการใช้งานสภาวะแวดล้อมของ MPLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โปรแกรม Proteus

โปรแกรม Proteus หรือ Proteus VSM (Virtual System Modeling) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยบริษัท แล็บเซ็นเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (Labcenter Electronics Ltd.) ที่ประเทศอังกฤษ โปรแกรม Proteus มีชื่อเต็มว่า Labcenter Electronics Proteus ซึ่งภายในโปรแกรมจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ISIS และ ARES โปรแกรม Proteus จะมีอยู่หลายเวอร์ชันให้เลือกใช้

โปรแกรม Proteus เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถมากโปรแกรมหนึ่งในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ เพราะสามารถออกแบบวงจรไฟฟ้า พร้อมทั้งจำลองการทำงานของวงจรได้ ทั้งยังสามารถออกแบบลายวงจรพิมพ์ได้อีกด้วย ความสามารถที่โดดเด่นของ Proteus นั้นกล่าวได้ว่าเป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองพฤติกรรม (Simulator) การทำงานของวงจรที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ได้มากมายโดยไม่ต้องประกอบวงจรให้เสียเวลา เพื่อพิสูจน์ว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นใช้งานได้หรือไม่ โดยวงจรและโปรแกรม (Source code) ที่ตรวจสอบด้วยโปรแกรม Proteus เป็นที่เรียบร้อยแล้วว่าถูกต้อง สามารถนำไปสร้างวงจรจริงได้ตามต้องการ

นอกจากนี้ Proteus ยังสามารถออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB) ได้อีกด้วย ทำให้การสร้างโครงงานต่าง ๆ สามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก เพราะในอดีตการเขียนโปรแกรมขึ้นมานั้น จะต้องต่อวงจรจริงเพื่อทดสอบ ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ในกรณีที่วงจรฮาร์ดแวร์และโปรแกรมที่เขียนขึ้นไม่สนับสนุนซึ่งกันและกัน

2.7 โปรแกรม Adobe Dreamweaver

Adobe Dreamweaver หรือชื่อเดิม Macromedia Dreamweaver เป็นโปรแกรมแก้ไข HTML พัฒนาโดยบริษัท Macromedia (ปัจจุบันควบกิจการรวมกับบริษัท Adobe System) สำหรับการออกแบบเว็บไซต์ในรูปแบบ WYSIWYG กับการควบคุมของส่วนแก้ไขรหัส HTML ในการพัฒนาโปรแกรมที่มีการรวมทั้งสองแบบเข้าด้วยกันแบบนี้ทำให้ Dreamweaver เป็นโปรแกรมที่แตกต่างจากโปรแกรมอื่นๆ ในประเภทเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 การทำงานกับภาษาต่างๆ

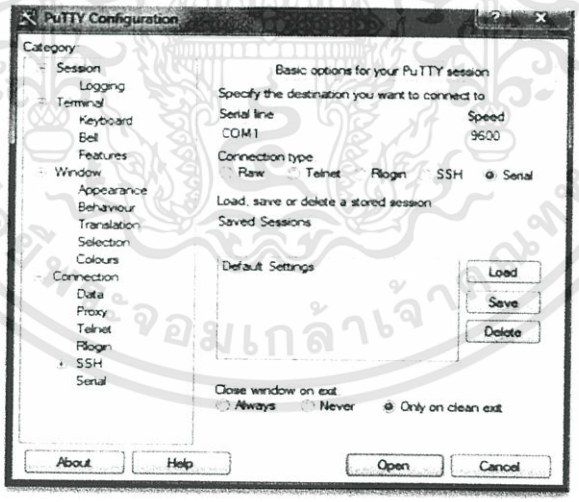
Dreamweaver สามารถทำงานกับภาษาคอมพิวเตอร์ในการเขียนเว็บไซต์แบบไดนามิค ซึ่งมีการใช้ HTML เป็นตัวแสดงผลของเอกสาร เช่น ASP, ASP.NET, PHP, JSP และ ColdFusion รวมถึงการจัดการฐานข้อมูลต่างๆ อีกด้วย และในเวอร์ชันล่าสุด (เวอร์ชัน 8) ยังสามารถทำงานร่วมกับ XML และ CSS ได้อย่างง่ายดาย

2.7.2 การจัดการไฟล์

Dreamweaver ยังสามารถทำงานในการจัดการไฟล์ได้ ทั้งจัดการไฟล์ภายในเว็บไซต์ของตน หรือจัดการเว็บไซต์บนเซิร์ฟเวอร์ผ่าน FTP

2.8 โปรแกรม PuTTy

PuTTy เป็นโปรแกรมลูกข่ายที่ใช้เชื่อมต่อไปยังเครื่องผู้ให้บริการผ่านโปรโตคอล Telnet หรือ SSH (secure shell) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถล็อกอินเพื่อใช้ทรัพยากรต่างๆ ของเครื่องผู้ให้บริการจากระยะไกลได้ หน้าจอหลักของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 หน้าจอหลักโปรแกรม PuTTy

2.8.1 กระบวนการการเข้าใช้ทรัพยากรระยะไกล

กระบวนการการเข้าใช้ทรัพยากรระยะไกลทำได้ด้วยกัน 3 ทาง ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.1 SSH (Secure Shell, RFC 4250-4256)

- เป็นโปรโตคอลการเชื่อมต่อที่มีความปลอดภัยมากกว่า Rlogin หรือ Telnet

- การยืนยันตัวตน (Authentication) มีความปลอดภัยมากขึ้นเนื่องจากมีการเข้ารหัสที่เรียกว่า Public key cryptiography

- สนับสนุนการทำงานอื่นๆ เช่น Tunneling, TCP port forwarding และ X11 Connection

- สามารถโอนย้ายแฟ้มต่างๆ โดยใช้งานร่วมกับโปรโตคอล SFTP และ SCP ได้

2.8.1.2 Rlogin (RFC 1282)

- เป็นโปรโตคอลเชื่อมต่อที่ไม่มีการเข้ารหัสข้อมูล โดยใช้งานผ่าน port 513

- สามารถทำการ Login โดยไม่ต้องใส่รหัสผ่านได้

2.8.1.3 Telnet (RFC 854)

- ไม่มีการเข้ารหัสข้อมูลเช่นเดียวกันกับ Rlogin แต่ใช้งานบน port 23

- การ Login ต้องมีการใส่ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน

- Telnet daemon มีช่องโหว่ให้โจมตี

2.8.2 ประโยชน์/ข้อดีของ PuTTy

1) เป็นโปรแกรมฟรี และโปรแกรมมีขนาดเล็ก

2) รองรับการเชื่อมต่อเครื่องผู้ให้บริการได้หลายรูปแบบ

3) ง่ายต่อการใช้งาน และง่ายต่อการตั้งค่าต่างๆ ของการเชื่อมต่อ

4) เหมาะสมสำหรับผู้ใช้งานทุกระดับ

2.9 รีเลย์ (relay)

เป็นอุปกรณ์ควบคุมวงจรไฟฟ้าที่มีการทำงานในลักษณะเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่นิยมใช้ในวงจรควบคุมแบบต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย โดยโครงสร้างพื้นฐานและการทำงานของรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวดตัวนำ และแกนโลหะที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้เรียกว่า อาร์มาเจอร์ โดยอาร์มาเจอร์จะมีหน้าที่เปิด-ปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์ การทำงานของรีเลย์จะเริ่มทำงานได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ขดลวดตัวนำ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดึงดูดแกนของอาร์มาเจอร์ ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กสามารถชนะแรงดึงของสปริงได้ ก็จะดึงแกนของอาร์มาเจอร์ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าสัมผัสของรีเลย์มาอยู่ในตำแหน่งอีกทางหนึ่ง แต่ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กไม่สามารถชนะแรงดึงของสปริงได้ หน้าสัมผัสของรีเลย์ก็จะอยู่ในตำแหน่งเดิม รีเลย์จะมีหน้าสัมผัสอยู่สองแบบ คือ แบบปกติเปิดและแบบปกติปิด รีเลย์แบบปกติเปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเปิดเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดของรีเลย์ และหน้าสัมผัสจะปิดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ขดลวดของรีเลย์ ซึ่งการทำงานก็จะตรงกันข้ามกันในรีเลย์แบบปกติปิด รีเลย์มีหลายชนิดด้วยกัน โดยส่วนมากรีเลย์จะถูกนำมาใช้ในวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าในลักษณะของการหน่วงเวลา เพื่อทำให้เกิดการทำงานของวงจรควบคุมเป็นไปตามลำดับ หรือใช้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นภายในวงจรควบคุม

2.9.1 การทำงานของรีเลย์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึงแผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมาแตะหน้าสัมผัสอีกอันทำให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้ แสดงรูปการทำงานของรีเลย์ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 การทำงานของรีเลย์ [5]

ขาของรีเลย์จะประกอบไปด้วยตำแหน่งต่างๆ ดังนี้คือ

1) ขาจ่ายแรงดันใช้งาน ซึ่งจะมีอยู่ 2 ขา จากรูปที่ 2.10 จะเห็นสัญลักษณ์ขดลวดแสดงตำแหน่งขา coil หรือ ขาต่อแรงดันใช้งาน

2) ขา C หรือ COM หรือ ขาคอมมอน จะเป็นขาต่อระหว่าง NO และ NC

3) ขา NO (Normally opened หรือ ปกติเปิด) โดยปกติขานี้จะเปิดเอาไว้ จะทำงานเมื่อเราป้อนแรงดันให้รีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ขา NC (Normally closed หรือ ปกติปิด) โดยปกติขานี้จะต่อกับขา C ในกรณีที่เราไม่ได้จ่ายแรงดัน หน้าสัมผัสของ C และ NC จะต่อถึงกัน

2.9.2 ประเภทของรีเลย์

แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.9.2.1 รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่า คอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2.9.2.2 รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก และเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่ายๆ ว่า "รีเลย์"

หากแบ่งรีเลย์ตามลักษณะของคอยล์หรือตามการใช้งานจะได้รีเลย์ต่างๆ เช่น

1) รีเลย์กระแส (Current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแส มีทั้งชนิดกระแสขาด (Under- current) และกระแสเกิน (Over current)

2) รีเลย์แรงดัน (Voltage relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้แรงดัน มีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under-voltage) และแรงดันเกิน (Over voltage)

3) รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่นจึงจะทำงานได้

4) รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแสและรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน

5) รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ

5.1) รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay) คือ รีเลย์ที่มีเวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส

5.2) รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือรีเลย์ที่ทำงานทันทีทันใดเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้

5.3) รีเลย์แบบดิฟฟินิตไทม์แล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่นๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4) รีเลย์แบบอินเวอสดิฟฟินิตมินิมัมไทม์แล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และแบบดิฟฟินิตไทม์แล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน

6) รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส

7) รีเลย์มีทิศ (Directional relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิดทิศทาง มีแบบรีเลย์กำลังมีทิศ (Directional power relay) และรีเลย์กระแสมีทิศ (Directional current relay)

8) รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) มีแบบต่างๆ ดังนี้

8.1) รีแอกแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)

8.2) อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)

8.3) โมห์รีเลย์ (Mho relay)

8.4) โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)

8.5) โพลาไรซ์โมห์รีเลย์ (Polaized mho relay)

8.6) ออฟเซทโมห์รีเลย์ (Offset mho relay)

9) รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

10) รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้

11) บูคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz's relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมันเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัสให้รีเลย์ทำงาน

2.9.3 ข้อคำนึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1) แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12 VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220 AC คือหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC แต่การใช้ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้ เพราะถ้ากระแสมากหน้าสัมผัสของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

3) จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อันและมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

2.10 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

โซลินอยด์ (Solenoid) เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีหลักการทำงานคล้ายกับรีเลย์ (Relay) ภายในโครงสร้างของโซลินอยด์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กที่ภายในประกอบด้วยแม่เหล็กชุดบนกับชุดล่าง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็กทำให้แท่งเหล็กชุดล่างมีอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งเหล็กชุดบนลงมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าทำให้แท่งเหล็กส่วนล่างหมดอำนาจแม่เหล็ก สปริงจะดันแท่งเหล็กส่วนบนกลับสู่ตำแหน่งปกติ หลักการดังกล่าวของโซลินอยด์จะนำมาใช้ในการเลื่อนลิ้นวาล์วของระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า โครงสร้างของโซลินอยด์วาล์ว โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ เลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (Single Solenoid Valve) และเลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว (Double Solenoid Valve) ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น โซลินอยด์วาล์ว 2/2, 3/2, 4/2, 5/2 เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.11

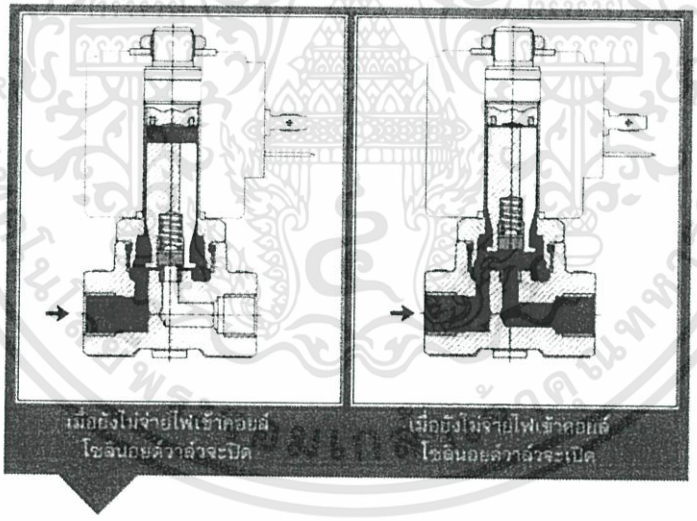
รูปที่ 2.11 โซลินอยด์วาล์วขนาดต่างๆ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1 ชนิดของโซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์วมีทั้งชนิด 2/2, 3/2, 4/2, 5/2 และ 5/3 โดยโซลินอยด์วาล์วชนิด 2/2 จะใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดของเหลวและก๊าซเท่านั้น ส่วนโซลินอยด์วาล์วชนิด 3/2, 4/2, 5/2 และ 5/3 ส่วนใหญ่จะใช้กับระบบนิวแมติกส์และระบบไฮโดรลิก โดยโซลินอยด์วาล์ว 2/2 มีการควบคุมให้เปิด-ปิดได้ 3 ระบบ คือ ระบบเปิด-ปิดโดยตรง (Direct acting), ระบบเปิด-ปิดทางอ้อม (Pilot control) และระบบลูกผสม (Combined operation) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.10.1.1 ระบบเปิด-ปิดโดยตรง (Direct acting) โซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง แบบปกติปิด (N/C) ที่มีระบบการทำงานแบบเปิด-ปิดโดยตรงนั้นมีทางเข้า 1 ทางและทางออก 1 ทาง ทุ่น (Plunger) ซึ่งมีซีลอยู่ปลายด้านล่างทำหน้าที่เปิดและปิดรูทางผ่าน (Orifice) ของของไหล เมื่อจ่ายไฟเข้าหรือตัดออกจากคอยล์ ข้อควรระวังในการใช้วาล์วระบบนี้คือ เมื่อมีการเพิ่มความดัน (Pressure) ของของไหลในระบบจะทำให้ต้องใช้แรงมากขึ้นในการเปิดวาล์ว หากความดันของของไหลสูงกว่าที่กำลังของคอยล์จะเปิดวาล์วได้ วาล์วนั้นจะไม่ทำงานถึงแม้ว่าจะมีการจ่ายไฟฟ้าแล้วก็ตาม แสดงดังรูปที่ 2.12



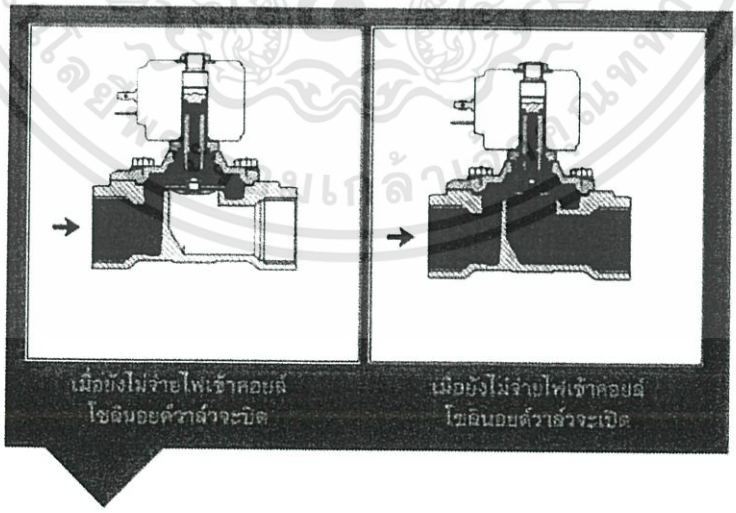
รูปที่ 2.12 ระบบเปิด-ปิดโดยตรง [7]

2.10.1.2 ระบบเปิด-ปิดทางอ้อม (Pilot control) โซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง แบบปิด (N/C) ที่มีระบบการทำงานแบบเปิด-ปิดทางอ้อมนั้นมีทางเข้า 1 ทางและทางออก 1 ทาง รูทางผ่านหลัก (Main orifice) ซึ่งอยู่ในตัววาล์วนั้นปิดได้ด้วยวิธีการทำให้ความดันที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนและด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) เกิดการเสียสมดุล คือ ขณะเมื่อยังไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าจ่ายไปยังคอยล์ของไหลจะมีความดันส่งไปในช่องบนซึ่งมีพื้นที่ผิวเต็มที่ของแผ่นไดอะแฟรม และในขณะเดียวกันก็มีความดันส่งไปที่พื้นที่ผิวด้านล่าง แต่จะส่งไปเฉพาะพื้นที่ผิวรอบๆ รูทางผ่านเท่านั้น ซึ่งเป็นพื้นที่ที่น้อยกว่าด้านบน เมื่อต้องการให้วาล์วเปิดโดยการป้อนไฟฟ้าเข้าไปที่คอยล์ทุ่น (Plunger) ของโซลินอยด์วาล์วตัวช่วยจะยกเปิดและระบายของไหลซึ่งอยู่ด้านบนของไดอะแฟรมทิ้งออกไปทางรู (Orifice) ย่อยของโซลินอยด์วาล์วตัวช่วยส่งผลให้เกิดการเสียสมดุลของแผ่นไดอะแฟรมเกิดการเคลื่อนที่เปิดรูทางผ่านหลักให้ของไหลผ่านไปได้ ข้อควรระวังในการใช้วาล์วที่ทำงานด้วยระบบนี้คือ ความดันของขาเข้าและขาออกจำต้องมีความแตกต่างกันในค่าหนึ่งตามข้อกำหนดของผู้ผลิต (มี Minimum differential pressure) เพื่อทำให้วาล์วทำงานอย่างถูกต้อง

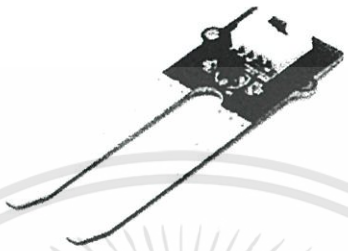
2.10.1.3 ระบบลูกผสม (Combined operation) โซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง ชนิดปกติปิด (N/C) ที่มีระบบการทำงานแบบลูกผสมนั้นมีทางเข้า 1 ทางและทางออก 1 ทาง การเปิดรูผ่านหลัก (Orifice) ซึ่งอยู่ภายในตัววาล์วนั้นเป็นการผสมผสานทั้งการทำให้ความดันของพื้นที่ด้านบนและด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรมเสียสมดุลบวกกับแรงที่ทุ่น (Plunger) ของโซลินอยด์ตัวช่วย ออกแรงยกแผ่นไดอะแฟรมโดยตรงด้วย การทำงานหลักๆของแผ่นไดอะแฟรมก็เหมือนกับระบบเปิด-ปิดทางอ้อม จะต่างกันตรงที่แม้จะมีความดันเพียงเล็กน้อย วาล์วก็สามารถเปิดได้ด้วยแรงยกของทุ่น (Plunger) ข้อควรระวังในการใช้วาล์วชนิดนี้ นอกจากข้อยกเว้นที่วาล์วชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องมีความต่างศักย์ของความดันระหว่างขาเข้าและขาออกก็สามารถเปิด-ปิดได้ และมีข้อควรระวังอื่นๆเหมือนกับวาล์วระบบเปิด-ปิดทางอ้อมทุกประการ แสดงได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ระบบลูกผสม [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน



รูปที่ 2.14 เซนเซอร์วัดความชื้นรุ่น SEN92355P [8]

หลักการในการวัดความชื้นในดินนั้น จะอาศัยการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เมื่อเสียบเซนเซอร์วัดความชื้นในดินแล้ว เซนเซอร์จะส่งค่าแรงดันออกมาเพื่อนำไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีเงื่อนไขในการแบ่งประเภทของความชื้น 3 แบบ นั่นคือ Sensor in dry soil, Sensor in humid soil และ Sensor in water คุณสมบัติของเซนเซอร์วัดความชื้นรุ่น SEN92355P แสดงได้ดังตารางที่ 2.5

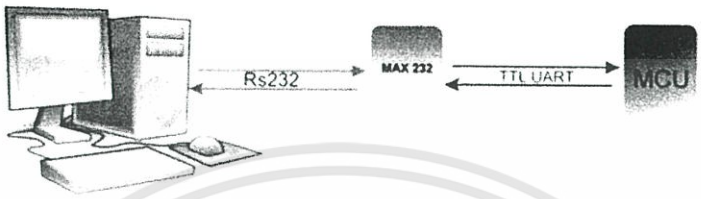
ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของเซนเซอร์วัดความชื้นรุ่น SEN92355P

Item	Condition	Min	Max	Unit
Voltage	-	3.3	5	V
Current	-	0	35	mA
Output Value	Sensor in dry soil	0	300	/
	Sensor in humid soil	300	700	/
	Sensor in water	700	950	/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 MAX232

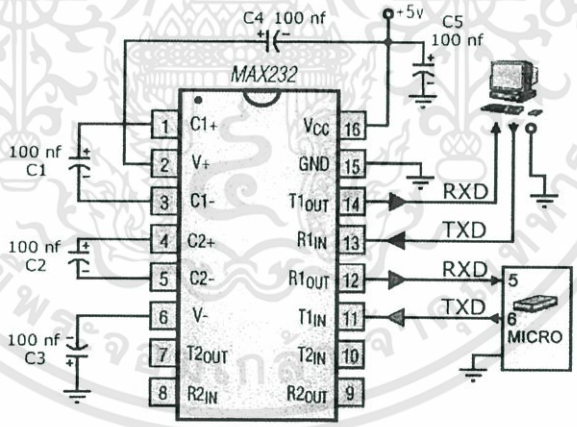
เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL และในทำนองเดียวกันก็แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232 แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แผนภาพการเปลี่ยนสัญญาณ RS-232 เป็น TTL และ TTL เป็น RS-232 [9]

2.12.1 การต่อใช้งาน MAX232

วงจรนี้ใช้กับ TTL 0-5V เป็น RS-232 แสดงการต่อใช้งาน MAX 232 ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 2.16



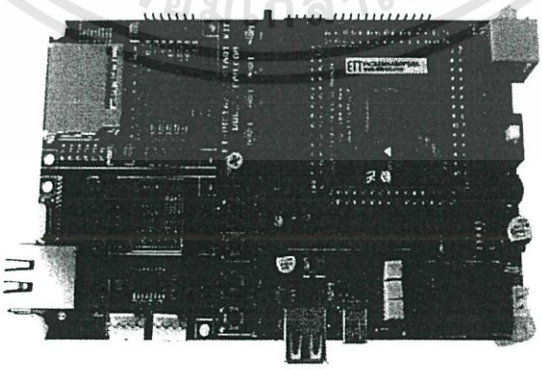
รูปที่ 2.16 การต่อใช้งาน MAX-232 ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 ET-PIC 16/32 START KIT

ET-PIC 16/32 START KIT แสดงได้ดังรูปที่ 2.17 เป็นชุดบอร์ดสำหรับใช้ในการเรียนรู้และพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ของค่าย Microchips รองรับการใช้งานกับชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 16/32 Bit ขนาด 100Pin ตระกูล PIC24F/PIC24H/dsPIC33 และ PIC32 ได้ โดยตัวบอร์ดได้รับการออกแบบให้มีความสะดวกในการใช้งาน สามารถปรับเปลี่ยนตัว MCU เบอร์ต่างๆ เพื่อติดตั้งใช้กับบอร์ดได้เองตามต้องการ ทำให้การเรียนรู้ไม่ถูกจำกัดอยู่ที่ MCU เบอร์ใดเบอร์หนึ่งเพียงตัวเดียว

โครงสร้างของบอร์ดได้จัดให้มีวงจรใช้งานสำคัญๆ และ พื้นฐาน I/O แบบต่างๆ สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการศึกษา เรียนรู้ และทดลองใช้งานในเบื้องต้นไว้อย่างครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็น LED สำหรับทดสอบ Output, SW สำหรับทดสอบ Input, VR ปรับค่าแรงดัน สำหรับทดสอบ ADC, จอแสดงผล LCD Display, RS232, SD Card, Ethernet LAN และ USB ซึ่งการออกแบบวงจรจะเน้นความสะดวกและง่ายต่อการดัดแปลงเพื่อปรับเปลี่ยน I/O สำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานได้เองตามความเหมาะสม การจัดวางอุปกรณ์บนแผงวงจร PCB ได้ถูกจัดวางอย่างเป็นหมวดหมู่ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และตรวจสอบสัญญาณต่างๆ ในวงจรได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยหลักการออกแบบวงจรจะมุ่งเน้นให้ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานร่วมกับการใช้งาน Library และ Function ต่างๆ โดยอ้างอิงจากตัวโปรแกรมของ Microchips ได้โดยสะดวก ไม่ว่าจะเป็นส่วนของตัวอย่างของ SD Card Interface, USB Interface หรือ Ethernet LAN Interface ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้ทำได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น เพราะสามารถนำตัวอย่าง Source Code และ Library ต่างๆ ของ Microchips มาเป็นต้นแบบในการศึกษาทดลอง เพื่อแก้ไขดัดแปลงให้เหมาะสมกับลักษณะงานแบบต่างๆ ได้



รูปที่ 2.17 ET-PIC 16/32 START KIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.1 คุณสมบัติของบอร์ด

- รองรับการใช้งาน MCU 16Bit และ 32Bit ของ Microchips ขนาด 100Pin สามารถใช้ได้กับ MCU ตระกูล PIC24F/PIC24H/dsPIC33 และ PIC32 ได้ ตามการติดตั้ง MCU โมดูลให้กับบอร์ด อาทิ เช่น PIC24FJ128GB110, PIC24HJ256GP210, dsPIC33FJ256MC710, PIC32MX360F512L และ PIC32MX460F512L เป็นต้น

- XTAL ความถี่ 8.00 MHz สำหรับ System Clock Source

- XTAL ความถี่ 32.768 KHz สำหรับ RTCC Clock Source

- Ethernet LAN Driver เบอร์ ENC28J60 พร้อม RJ45 Ethernet LAN Port จำนวน 1 พอร์ต

- SPI EEPROM เบอร์ 25LC256 สำหรับใช้งาน และ เก็บ Web Page Code ในการทดลองใช้งาน Ethernet LAN ตามตัวอย่าง Application Note จาก Microchips TCP/IP Stack

- SD Card Interface มาตรฐาน พร้อมสัญญาณ Card Detect และ write Protect จำนวน 1 ชุด

- UART Driver แบบ RS232 พร้อมขั้วต่อแบบ CPA-4 มาตรฐานอีทีที จำนวน 2 ช่อง

- USB Interface รองรับการใช้งาน USB ทั้งแบบ Device/OTG และ Host สามารถใช้งานได้กับ PIC32MX460F512 และ PIC24FJ128GB110

- 14Pin Header สำหรับ Character Dot-Matrix LCD Interface จำนวน 1 ชุด

- LED Indicator สำหรับทดสอบการทำงานของ Output Logic จำนวน 4 ชุด

- SW Push Button สำหรับทดสอบการทำงานของ Input Logic จำนวน 4 ชุด

- Volume (VR) ปรับค่า ใช้ปรับแรงดัน 0-3.3V สำหรับทดสอบการทำงานของ ADC จำนวน 1 ช่อง

- ICD2 Port แบบ RJ11 มาตรฐาน ICD2 Microchips รองรับการ In-circuit Program และ Debug พร้อมสวิตช์ ตัดต่อสัญญาณสำหรับ Program/Debug และใช้งานปรกติ พร้อม LED แสดงสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้วต่อ JTAG Port แบบ IDE Header 14 Pin สำหรับใช้ Program/Debug ร่วมกับ JTAG Tools ของ Microchips

- ขั้วต่อ Debug Port (Debug Trace Port) แบบ IDE Header 10 Pin สำหรับใช้ Debug ร่วมกับ Debug Tools (MPLAB REAL ICE In-Circuit Emulator) ของ Microchips

2.14 ETT Plug in Module Microchips

ETT Plug in Module Microchips เป็นส่วนของ MCU Microchips ประกอบวงจร R, C แบบ SMD Type บน PCB ทำเป็นโมดูล MCU เอนกประสงค์ สามารถนำไปใช้งานร่วมกับชุด ET-PIC16/32 Start Kit หรืออาจจะนำตัวโมดูลเหล่านี้ไปออกแบบประกอบกับวงจรอื่นๆ เองก็ได้ โดย ETT Plug in Module Microchips สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.18 มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ตัวโมดูลใช้กับโมดูลของ Microchips ขนาด 100 ขา มี 2 ขนาด ตามขนาดขา MCU คือ TQFP100 / 0.4 mm. TQFP100 / 0.5 mm.
- 6 PIN ICD2 แบบ PIN HEADER บนบอร์ด
- ขั้วต่อขาออกจาก MCU ใต้ PCB เป็น แบบ PIN HEADER แถวคู่ ระยะขา 2.54 mm. ขนาด 26 PIN จำนวน 4 ชุด
- ขนาด PCB 5.1 X 5.1 cm

รูปที่ 2.18 ET-PIC24FJ128GB110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 เซนเซอร์ตรวจจับอัตราการไหลของน้ำ (Water flow rate sensor)

รูปที่ 2.19 เซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำขนาด 0.5 นิ้ว

รูปที่ 2.19 แสดงเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำขนาด 0.5 นิ้ว แรงดันสำหรับใช้งาน คือ 5 ถึง 24 V กินกระแสไฟฟ้า 15 mA ที่ไฟเลี้ยง +5V น้ำหนักรวม 43 กรัม ตรวจจับอัตราการไหลของน้ำได้ในช่วง 0.5 ถึง 60 ลิตรต่อนาที ย่านความกดอากาศที่ใช้งานได้คือ ต่ำกว่า 1.2 Mpa อุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านต้องอยู่ในย่าน 0 ถึง 80 องศาเซลเซียส ความผิดพลาดในการตรวจจับน้อยกว่า 3% มีเกลียวสำหรับขันยึดกับท่อ ที่สายเอาต์พุตของตัวตรวจจับเมื่อนำไปต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ควรต่อตัวต้านทาน 10 kΩ พูลอัป เพื่อกำหนดสถานะลอจิกที่แน่นอน ในขณะที่ยังไม่มีการตรวจจับการไหลของน้ำให้เป็นลอจิก "1" เมื่อเกิดการตรวจจับ สายเอาต์พุตจะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นพัลส์ที่แอกตีฟด้วยลอจิก "0" สัญญาณพัลส์เอาต์พุตมีค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) ในช่วง 40 ถึง 60% ซึ่งสัญญาณของเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำจะเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (square wave) โดยมีขนาดขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำและมีสมการสำหรับคำนวณอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (2.1)

$$\text{Pulse frequency (Hz) in Horizontal Test} = 7.5Q \qquad (2.1)$$

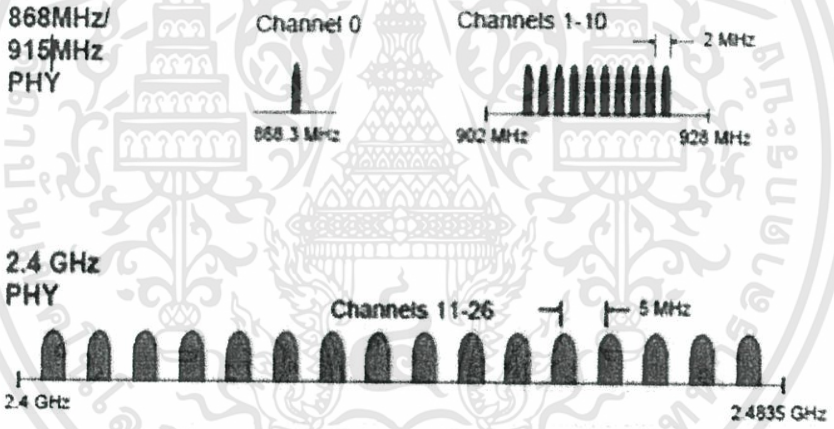
เมื่อ Q คือ อัตราการไหลของน้ำในหน่วยลิตรต่อนาที (L/min)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 ZigBee

ZigBee เป็นมาตรฐานสากล กำหนดโดย ZigBee Alliance สำหรับการสื่อสารแบบไร้สายที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ประหยัดพลังงาน อุปกรณ์มีราคาถูก จุดประสงค์เพื่อให้สามารถสร้างระบบที่เรียกว่าระบบโครงข่ายไร้สาย (Wireless Sensor Network) ได้ ซึ่งระบบนี้จะสามารถทำงานในร่ม กลางแจ้ง ทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี และประกอบกับการประหยัดพลังงานทำให้สามารถทำงานได้ด้วยแบตเตอรี่ขนาดเล็ก เช่น ถ่าน AA 2 ก้อน

ZigBee กำหนดย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 2.20 คือย่าน 2.4 กิกกะเฮิร์ท ย่าน 915 เมกะเฮิร์ซ และย่าน 868 เมกะเฮิร์ซ โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง, 10 ช่อง และ 1 ช่อง ตามลำดับ ส่วนอัตรารับส่งข้อมูล (ทางอากาศ) จะอยู่ที่ 250 กิโลบิตต่อวินาที, 40 กิโลบิตต่อวินาที, 20 กิโลบิตต่อวินาที ตามลำดับเช่นกัน

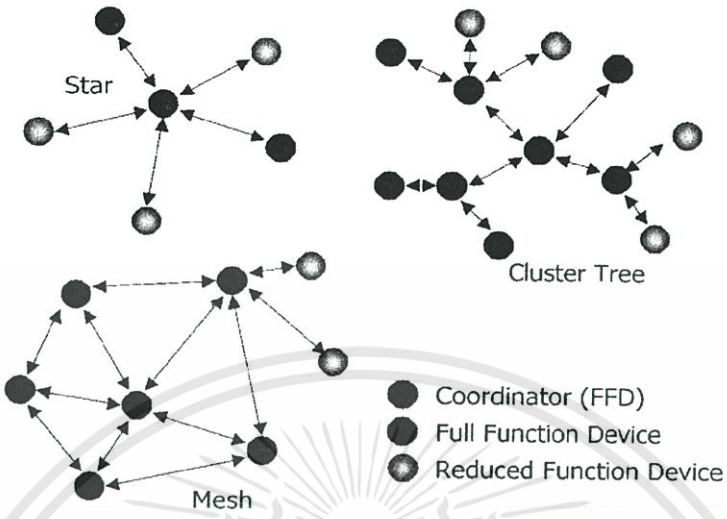


รูปที่ 2.20 ลักษณะการส่งสัญญาณของ ZigBee

2.16.1 หลักการทำงานของ ZigBee

มีลักษณะการรับ-ส่งสัญญาณข้อมูลผ่านชิปขนาดเล็กลักษณะเป็นจุดต่อจุดไปเรื่อยๆ (point to point) จนถึงปลายทางหรือจุดที่ต้องการรับทราบข้อมูล ในการรับส่งสัญญาณ ZigBee นั้น จะมีช่องทางเข้าสัญญาณโดยใช้ Carrier sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA-CA) หรืออาจจะมีช่องทางเข้าสัญญาณหลาย ๆ ช่องทางเพื่อเป็นการป้องกันการชนกันของสัญญาณ โดยลักษณะการต่อเป็นแบบ Star, Mesh, Cluster Tree แสดงได้ดังรูปที่ 2.21 โดยแต่ละอุปกรณ์จะมีแอดเดรสที่มีความยาว 64 บิต หรือ 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ลักษณะการเชื่อมต่อแบบต่างๆ ของโมดูล ZigBee

โดยมีรายละเอียดการเชื่อมต่อของแต่ละแบบดังนี้

1) Star เป็นการรับส่งข้อมูลแบบไม่เฉพาะเจาะจง ไม่มีจุดหมายปลายทาง หรือ ZigBee ทุกตัวที่อยู่ในระบบเครือข่ายเดียวกันสามารถรับข้อมูลทุกข้อมูลได้ทุกตัว การใช้งานแบบ Star จะประกอบไปด้วย ZigBee ที่ทำงานเป็น 2 รูปแบบคือ Coordinate และ End Device

2) Cluster Tree เป็นการรับส่งข้อมูลแบบส่งผ่าน โดยมีการใช้งาน ZigBee อยู่ 3 ลักษณะ คือ Coordinate, End Device และ Routers

3) Mesh เป็นโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากข้อมูลสามารถส่งไปถึงเป้าหมายได้หลายทาง ทำให้ระบบนี้สามารถรับ-ส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางได้ แม้จะเกิดความเสียหายของระบบในบางส่วนก็ตาม ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยมีการใช้งาน ZigBee อยู่ 2 ลักษณะ คือ Coordinate และ Routers

2.16.2 ชนิดและประเภทของ ZigBee

1) Physical Device มีอยู่ 2 ชนิด คือ

- Full Function device: FFD โดยจะใช้เราท์เตอร์เป็นสื่อกลางในการส่งผ่านข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ สามารถทำงานได้ในทุก Topology และสามารถทำเป็นจุดเชื่อมต่อกันได้

- Reduced Function Device: RFD เชื่อมต่อภายในเครือข่ายใช้พลังงานแบตเตอรี่ เหมาะแก่การเชื่อมต่อกันภายในเครือข่าย ไม่สามารถถ่ายทอดข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ ได้ ทำงานได้ในเครือข่ายที่เป็นแบบดาว (Star)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Logical Device มีอยู่ 3 ชนิด คือ

- ZigBee Coordinators เป็นจุดประสานเชื่อมต่อเครือข่าย ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลลงเครือข่าย

- ZigBee Router ทำหน้าที่จัดการเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลภายในโครงข่ายระหว่างคู่ของโหนด

- ZigBee End Device เป็นโหนดในส่วนของผู้ใช้งาน ทำหน้าที่รับสัญญาณจาก sensor ที่ปลายทาง

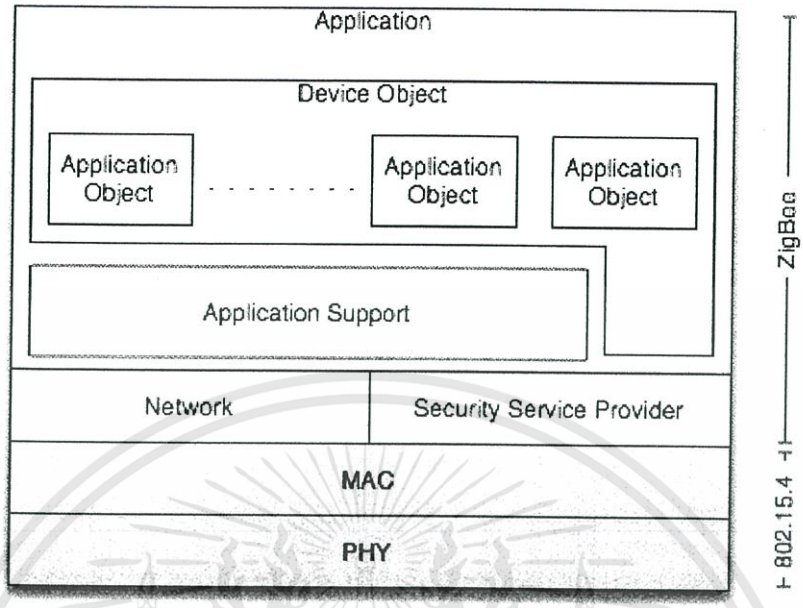
ZigBee ถูกออกแบบมาให้ทำงานอยู่ในส่วนของ Application layer, Application support layer และ Network layer โดยจะใช้ MAC layer และ Physical layer ตามมาตรฐาน IEEE802.15.4 โดยแต่ละในเครือข่ายจะต้องมี Full Function Device อย่างน้อย 1 ตัวที่คอยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายเรียกว่า PAN coordinator และจะต้องมี Reduce Function Device เป็นส่วนร่วมในเครือข่ายนั้นๆ ด้วย

Application layer เป็นชั้นของส่วนที่มี End - point อยู่เรียกว่า Application framework โดยจะมี ZigBee Device Object (ZDO) ทำหน้าที่ในการจัดการเข้าถึงข้อมูลและการใช้งาน Application layer Application support sub-layer จะทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมของ Application layer ที่จะทำหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูลรวมถึงการจัดการด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Application layer ในส่วนของ Network layer ทำหน้าที่ในการ routing จากต้นทางไปยังปลายทางซึ่งอาจจะอยู่ในเครือข่ายเดียวกันหรือต่างกัน

2.16.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรโตคอล ZigBee

จากรูปที่ 2.22 ลักษณะการทำงานของ Protocol ZigBee นั้น Coordinator ZigBee จะเริ่มการทำงานโดยการตรวจสอบช่องการใช้สัญญาณวิทยุภายในบริเวณรอบๆ ถ้ามีช่องสัญญาณที่ไม่ถูกใช้โดย Coordinator ตัวอื่นก็สามารถเริ่มต้นเครือข่ายได้ หลังจากนั้น coordinator จะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายรองรับการทำงานร่วมของ ZigBee End Device และรองรับการร้องขออื่น ๆ ตามมาตรฐานด้วยกัน โดย Coordinator จะรองรับการเข้าร่วมเครือข่าย การออกจากเครือข่ายและการร้องขอการ Blinding เท่านั้น ขั้นตอนการทำงานของ ZigBee End–Device จะเริ่มทำงานโดยการร้องขอการเข้าร่วมไปยัง Coordinator ประจำเครือข่ายนั้นๆ โดยการตรวจสอบผ่านช่องสัญญาณต่างๆ ว่า Coordinator ใช้ช่องสัญญาณใด เมื่อเข้าร่วมในเครือข่ายแล้ว End-device จึงจะสามารถร้องขอคำสั่งอื่นๆ ผ่านทาง coordinator ได้ เช่น การส่งข้อความ (Message) การร้องขอการ Blinding (Binding request) หรือแม้กระทั่งการออกจากเครือข่าย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 โครงสร้าง Protocol ของโมดูล ZigBee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

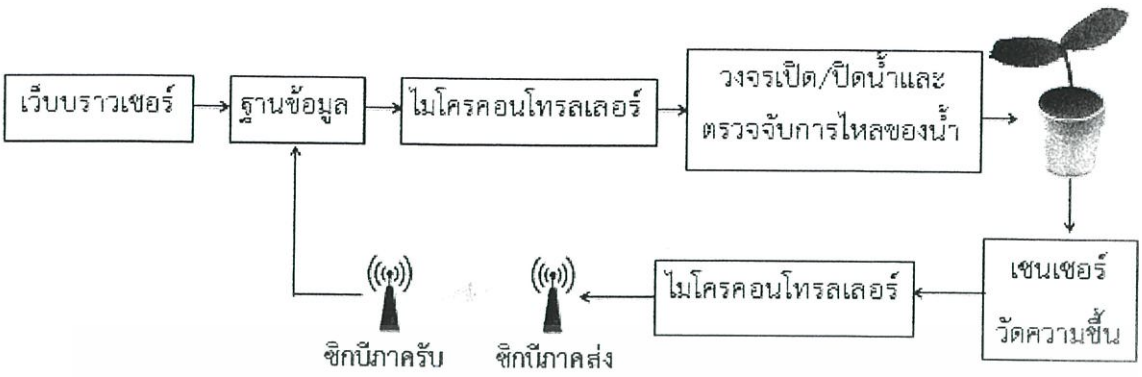
เนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบเครื่องรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ รวมถึงวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ โดยนำเอาโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเปิด-ปิดวาล์วด้วยไฟฟ้ามาเป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดน้ำของสปริงเกอร์ (Sprinkler) ที่ติดตั้งกับต้นไม้ ซึ่งแรงดันเอาต์พุตจากเซนเซอร์วัดความชื้น (Moisture sensor) ที่สร้างขึ้นจะถูกนำไปเป็นเงื่อนไขในการควบคุมโซลินอยด์วาล์ว นอกจากนี้ยังสามารถสั่งการรดน้ำต้นไม้ผ่านเว็บบราวเซอร์ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลการใช้งานไว้บนฐานข้อมูลได้อีกด้วย

3.1 การออกแบบ

3.1.1 การออกแบบโครงสร้างของระบบ

สำหรับกระบวนการทำงานของระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ วงจรเซนเซอร์วัดความชื้นจะตรวจสอบความชื้นในดินและส่งแรงดันไปประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลงแรงดันจากอนาล็อกให้เป็นดิจิตอล จากนั้นจะส่งข้อมูลแบบไร้สายจากโมดูลซิกบีภาคส่งไปยังโมดูลซิกบีภาครับที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เมื่อโมดูลภาครับได้รับข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลไปเก็บในฐานข้อมูล จากนั้นจะพิจารณาเงื่อนไขเปรียบเทียบแรงดันที่รับมา หากค่าแรงดันน้อยกว่าที่กำหนด (แสดงถึงค่าความชื้นในดินน้อย) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้วงจรรีเลย์ทำงาน เมื่อแรงดันมากกว่าค่าที่กำหนด (ความชื้นในดินเพียงพอ) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะหยุดการทำงานของวงจรรีเลย์ ส่งผลให้โซลินอยด์วาล์วไม่ทำงานด้วย เปรียบเสมือนการเปิด-ปิดก๊อกน้ำอัตโนมัติ นอกจากนี้ระบบสามารถสั่งการรดน้ำต้นไม้ผ่านเว็บบราวเซอร์ได้โดยการกดปุ่มสั่งการบนหน้าเว็บบราวเซอร์ เมื่อทำการเลือกต้นไม้ที่ต้องการรดน้ำ เว็บบราวเซอร์จะส่งเงื่อนไขการสั่งการรดน้ำไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผล เพื่อสั่งการเปิด-ปิด โซลินอยด์วาล์ว นอกจากนี้ระบบมีการตรวจสอบการไหลของน้ำเพื่อตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ บล็อกไดอะแกรมของระบบแสดงดังรูปที่ 3.1

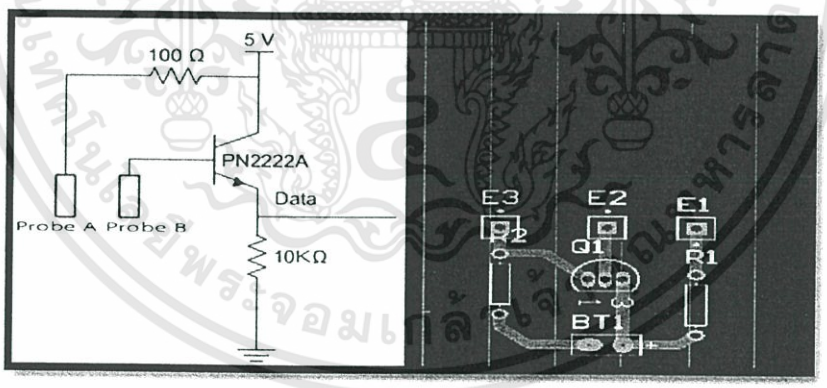
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมรวมของระบบ

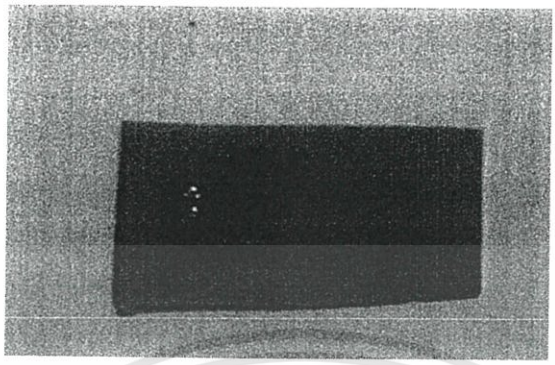
3.1.2 การออกแบบเซนเซอร์วัดความชื้น

ในปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำได้สร้างเซนเซอร์วัดความชื้นขึ้นเอง โดยดัดแปลงจากวงจรของเซนเซอร์วัดความชื้นต้นแบบ เมื่อใช้โปรแกรม Altium ในการออกแบบลายวงจรจะได้ Schematic และ PCB แสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ภาพด้านหน้าของเซนเซอร์วัดความชื้นที่จัดทำขึ้นเองแสดงดังรูปที่ 3.3 และภาพด้านหลังของเซนเซอร์วัดความชื้นแสดงได้ดังรูปที่ 3.4

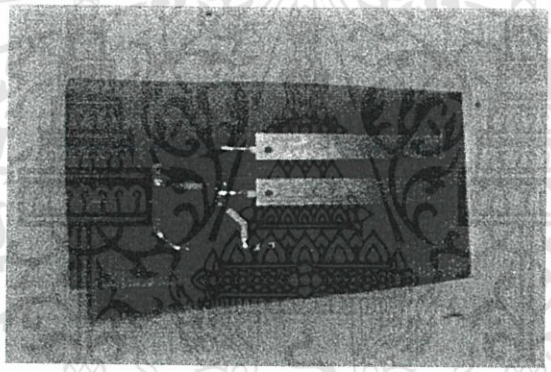


รูปที่ 3.2 Schematic และ PCB ของวงจรเซนเซอร์วัดความชื้นที่สร้างเองในโปรแกรม Altium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 เซนเซอร์วัดความชื้นด้านหน้า



รูปที่ 3.4 เซนเซอร์วัดความชื้นด้านหลัง

3.1.3 การเทียบเคียงค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกับวิธีการวัดค่าความชื้นในดินแบบมาตรฐาน (Calibration)

จากการสร้างเซนเซอร์วัดความชื้นในดินขึ้นใช้เอง โดยอาศัยหลักการทางไฟฟ้า ทำให้ต้องมีการเทียบเคียงค่าของแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความชื้น โดยจะทำการ Calibrate เทียบกับวิธีวัดความชื้นในดินแบบมาตรฐาน โดยการทดลองดังกล่าวสามารถทำได้ดังนี้

1. นำเซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่สร้างขึ้นเสียบลงไปในดิน พร้อมทั้งกดดินให้แน่นเพื่อให้ดินสัมผัสกับเซนเซอร์วัดความชื้นได้ทั่วถึง จากนั้นทำการวัดค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์วัดความชื้น

2. ทำการเก็บตัวอย่างดินบรรจุลงในกระป๋องโลหะ

3. นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักของดินก่อนการอบ

4. นำตัวอย่างดินเข้าเตาอบและอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่น้ำที่อยู่ในดินออก

5. เมื่ออบเสร็จแล้วจึงนำตัวอย่างดินมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักของดินหลังการอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

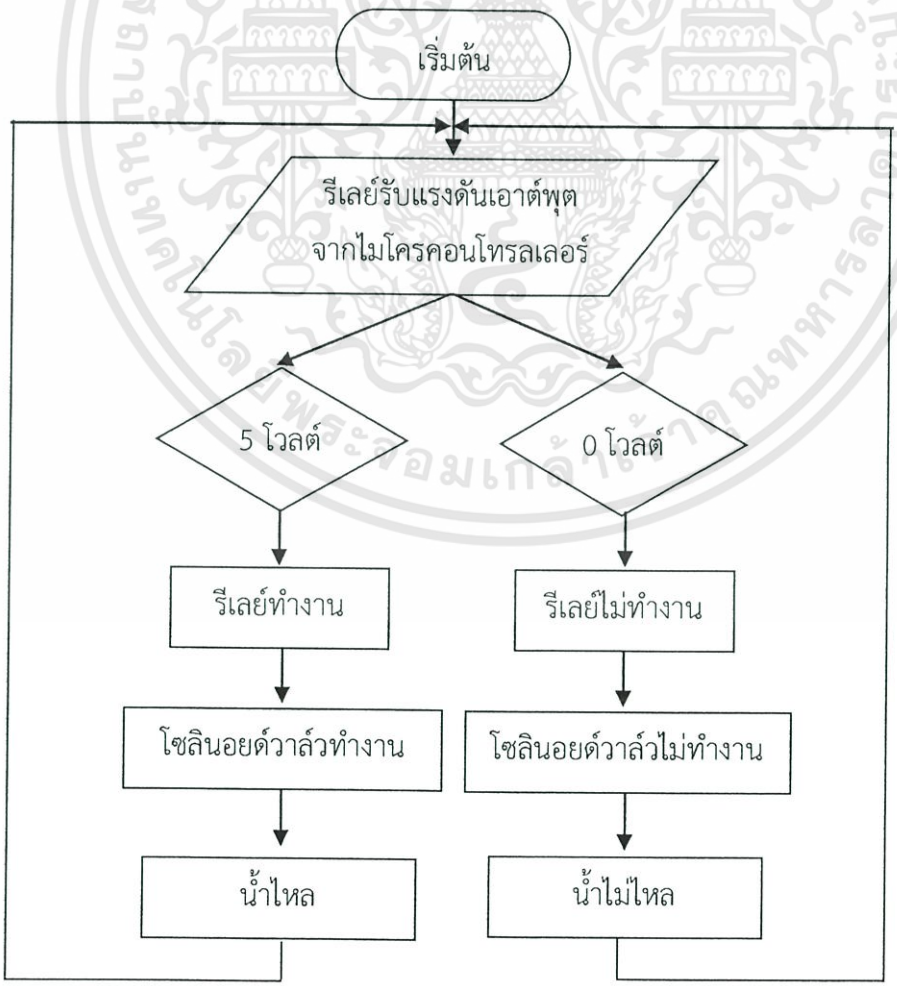
นำน้ำหนักของตัวอย่างดินที่ชั่งได้ทั้งก่อนการอบและหลังการอบมาคำนวณหาค่าความชื้นในดินตามสมการที่ (3.1) โดยปริมาณความชื้นในดินที่คำนวณได้จะมีค่าเป็นร้อยละความชื้น

$$\text{ค่าความชื้นในดิน (\%)} = \left\{ \frac{\text{น้ำหนักของดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักของดินหลังอบ}}{\text{น้ำหนักของดินหลังอบ}} \right\} \times 100 \quad (3.1)$$

จากนั้นนำค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นมา Calibrate กับค่าความชื้นในดินที่คำนวณได้ โดยนำข้อมูลมาพล็อตกราฟเพื่อหาสมการสำหรับนำไปใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาค่าความชื้นในดินของโปรแกรมต่อไป

3.1.4 การออกแบบวงจรเปิด-ปิดก๊อกน้ำ

ผู้จัดทำใช้รีเลย์ 5 โวลต์ในการสั่งการทำงานเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์ว โดยใช้โซลินอยด์วาล์ว 12 โวลต์ต่อกับท่อและสปริงเกอร์สำหรับรดน้ำต้นไม้ โดยโฟลว์ชาร์ตการทำงานส่วนวงจรเปิด-ปิดก๊อกน้ำแสดงดังรูปที่ 3.5

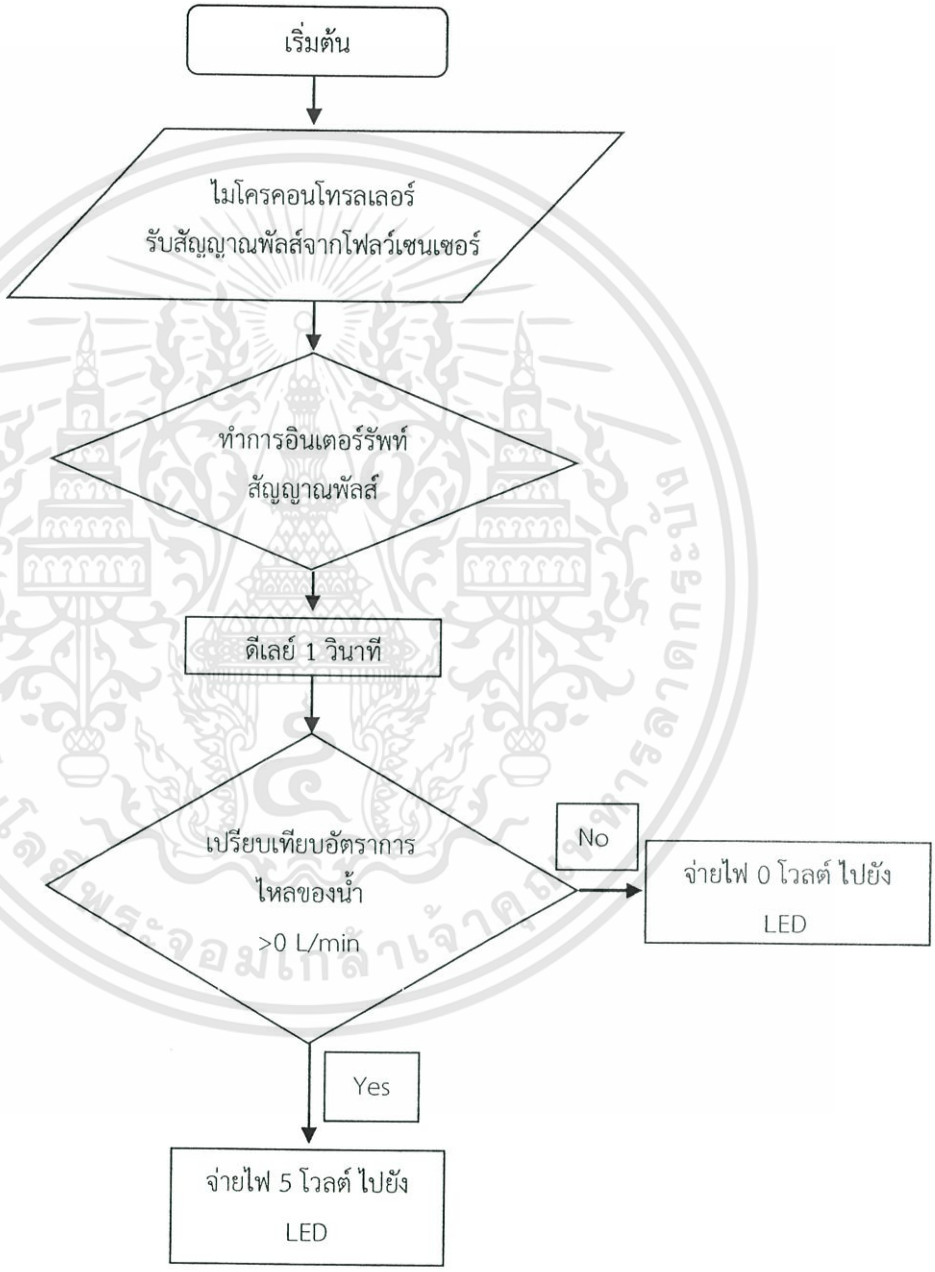


รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตการทำงานส่วนวงจรเปิด-ปิดก๊อกน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 การออกแบบส่วนตรวจจับการไหลของน้ำ

ผู้จัดทำได้ออกแบบส่วนตรวจจับการไหลของน้ำเพื่อป้องกันความผิดพลาดของระบบ ในกรณีที่น้ำไม่ไหลหรือน้ำไหลแต่โซลินอยด์วาล์วไม่ทำงาน โดยใช้ภาษา C ในการเขียนโค้ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในโปรแกรม MPLAB X IDE v1.95 จากนั้นทำการโปรแกรมโค้ดที่เขียนไว้ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688 โดยโฟลว์ชาร์ตการทำงานโดยรวมแสดงในรูปที่ 3.6



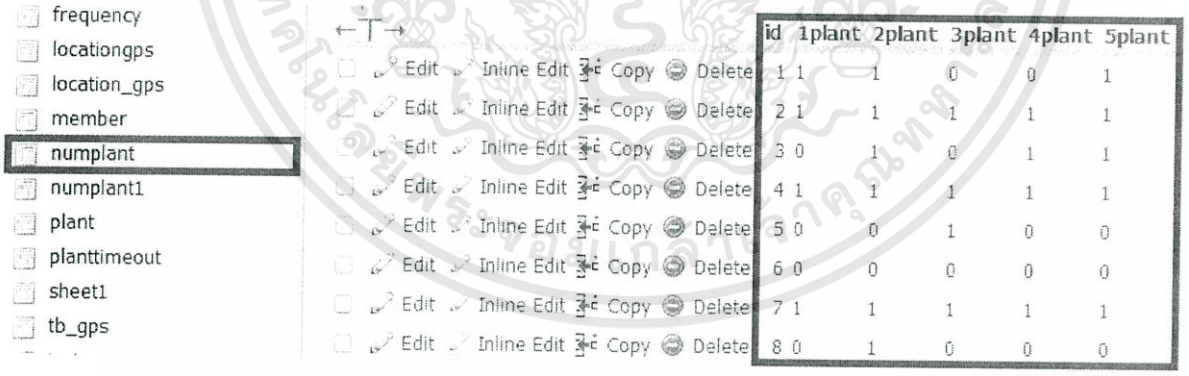
รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ตการทำงานส่วนตรวจจับการไหลของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 การออกแบบฐานข้อมูล

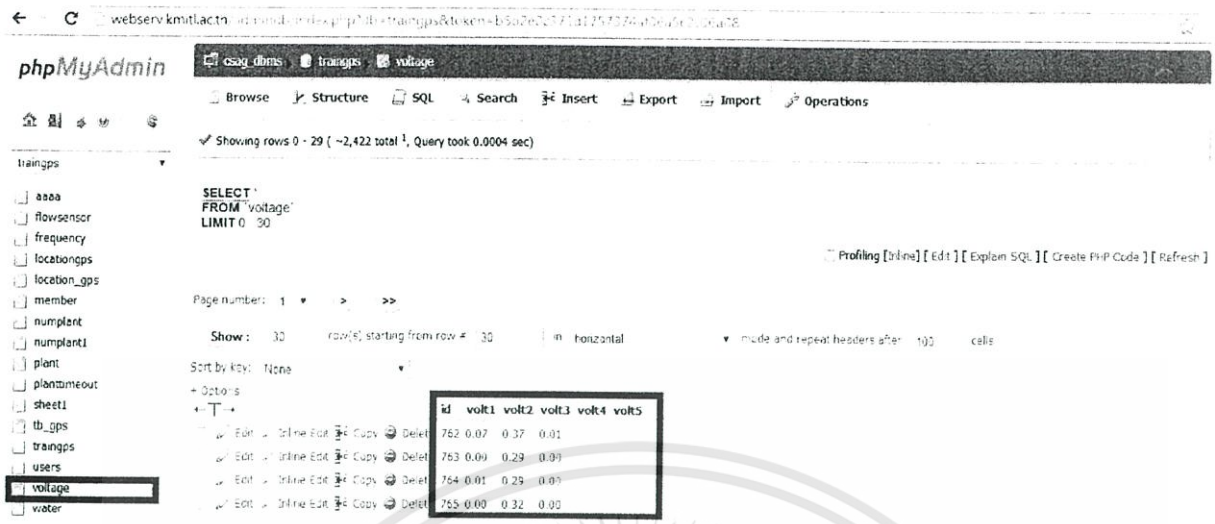
การสร้างฐานข้อมูลจะใช้ phpMyAdmin เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล Mysql โดยสร้างตารางเก็บข้อมูลของผู้ใช้ในตารางชื่อว่า users ซึ่งตาราง users นี้จะมีฟิลด์ทั้งหมด 5 ฟิลด์ ซึ่งเก็บ id, username, password, ชื่อ (fname) และ นามสกุล (lname) ของผู้ใช้งาน แสดงได้ดังรูปที่ 3.7 ส่วนตารางสำหรับเก็บข้อมูลการสั่งรดน้ำเก็บไว้ในตารางชื่อว่า numplant มีฟิลด์ทั้งหมด 6 ฟิลด์ คือ id, 1plant, 2plant, 3plant, 4plant และ 5plant โดยตาราง numplant นี้จะเก็บข้อมูลการสั่งรดน้ำต้นไม้ของต้นไม้ 5 ต้น ซึ่งได้มาจากการสั่งรดน้ำผ่านทางหน้าเว็บไซต์แสดงได้ดังรูปที่ 3.8 และสร้างตารางสำหรับเก็บข้อมูลค่าความชื้นของต้นไม้ทั้ง 5 ต้น ชื่อว่า voltage มีฟิลด์ทั้งหมด 6 ฟิลด์ คือ id, volt1, volt2, volt3, volt4 และ volt5 แสดงได้ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.7 ตาราง users



รูปที่ 3.8 ตาราง numplant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

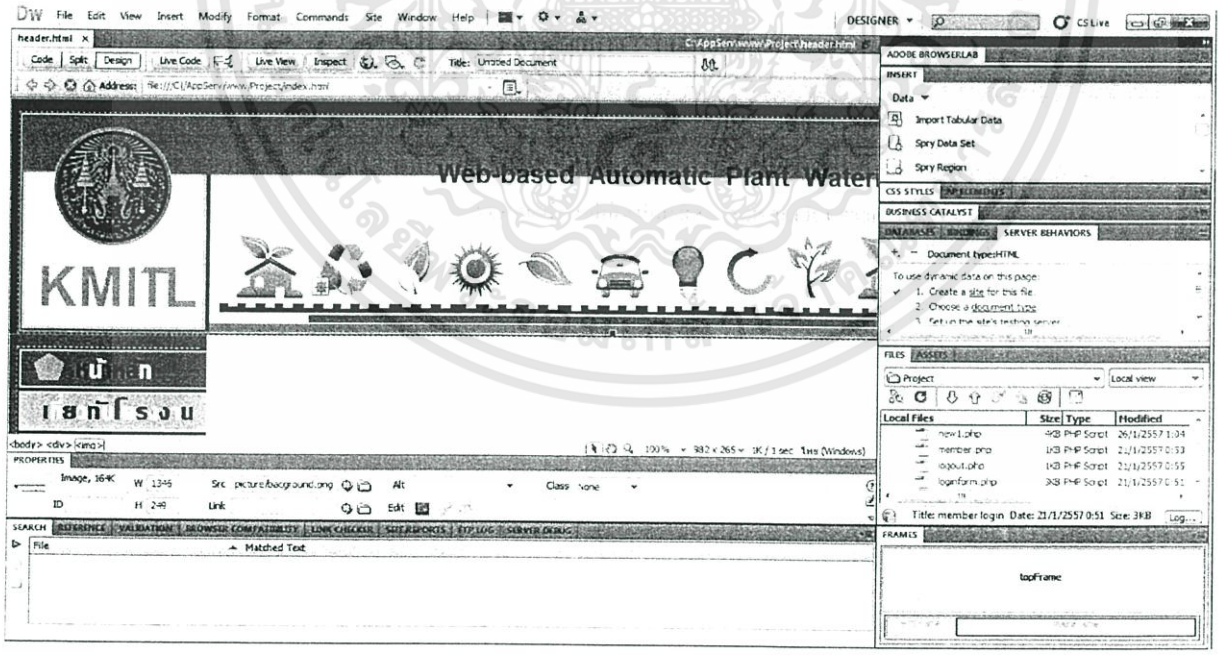


รูปที่ 3.9 ตาราง voltage

3.1.7 การออกแบบเว็บบราวเซอร์สั่งการรดน้ำต้นไม้

ผู้จัดทำได้ออกแบบหน้าเว็บบราวเซอร์สำหรับสั่งการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรม Adobe Dreamweaver CS6, Notepad++ ในการเขียนโค้ดภาษา PHP โดยมีขั้นตอนดังนี้

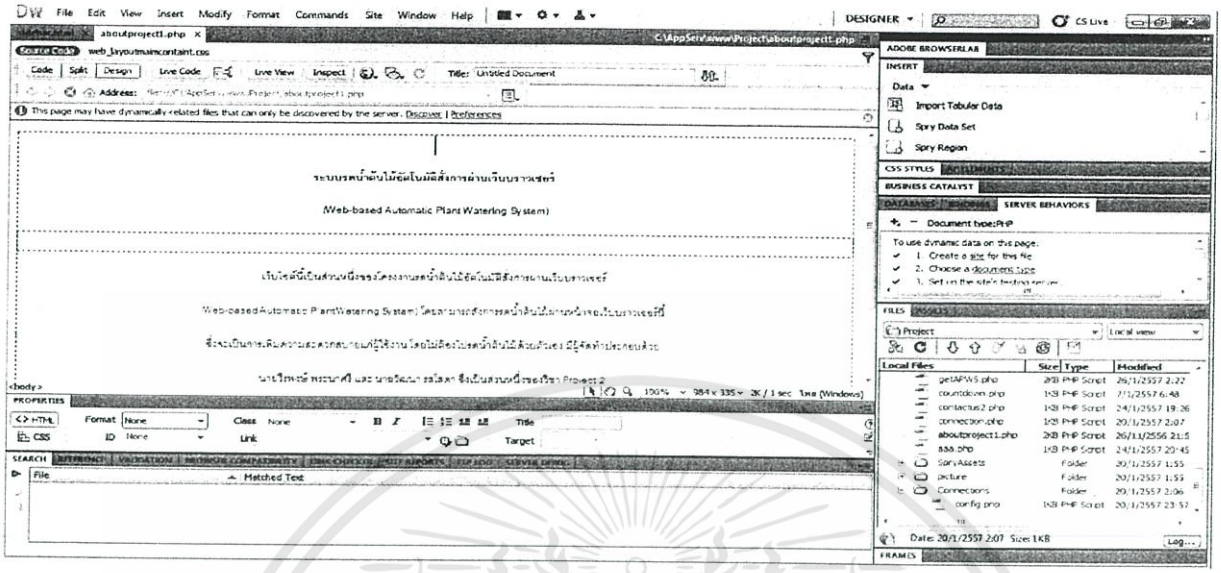
1. ทำการแบ่งสัดส่วนของหน้าเว็ปตามที่ต้องการ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การแบ่งสัดส่วนให้กับเว็บบราวเซอร์

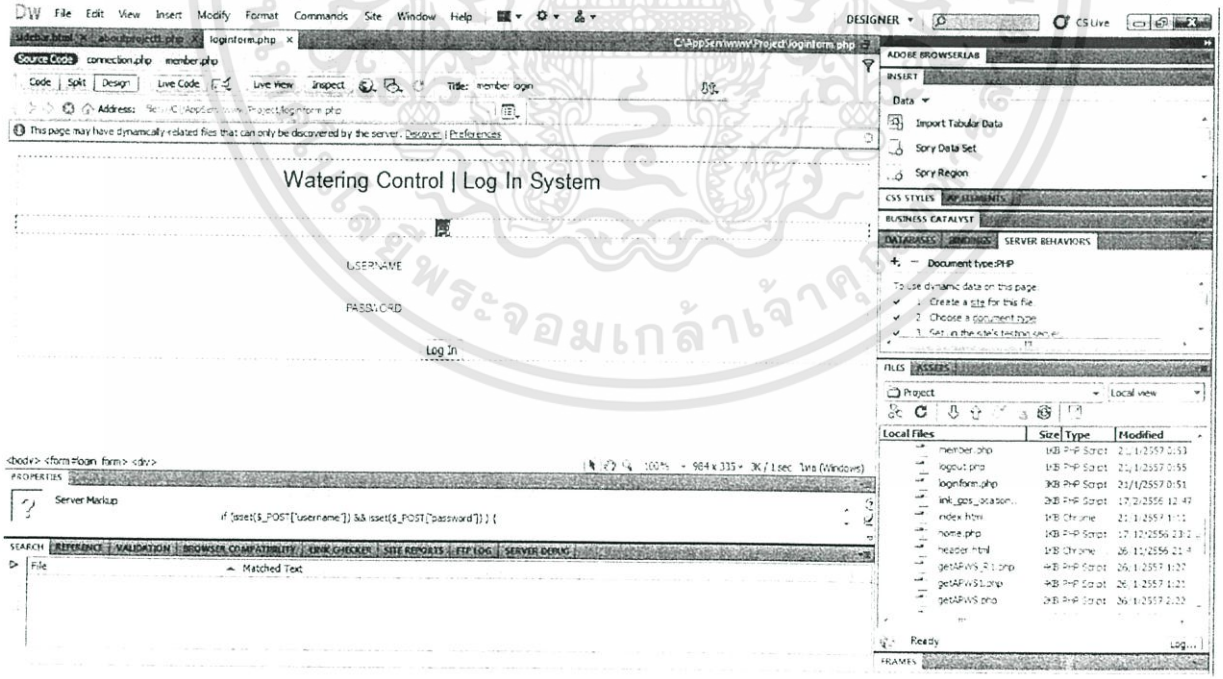
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพิ่มข้อมูลต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การเพิ่มข้อมูลลงบนหน้าเว็บบราวเซอร์

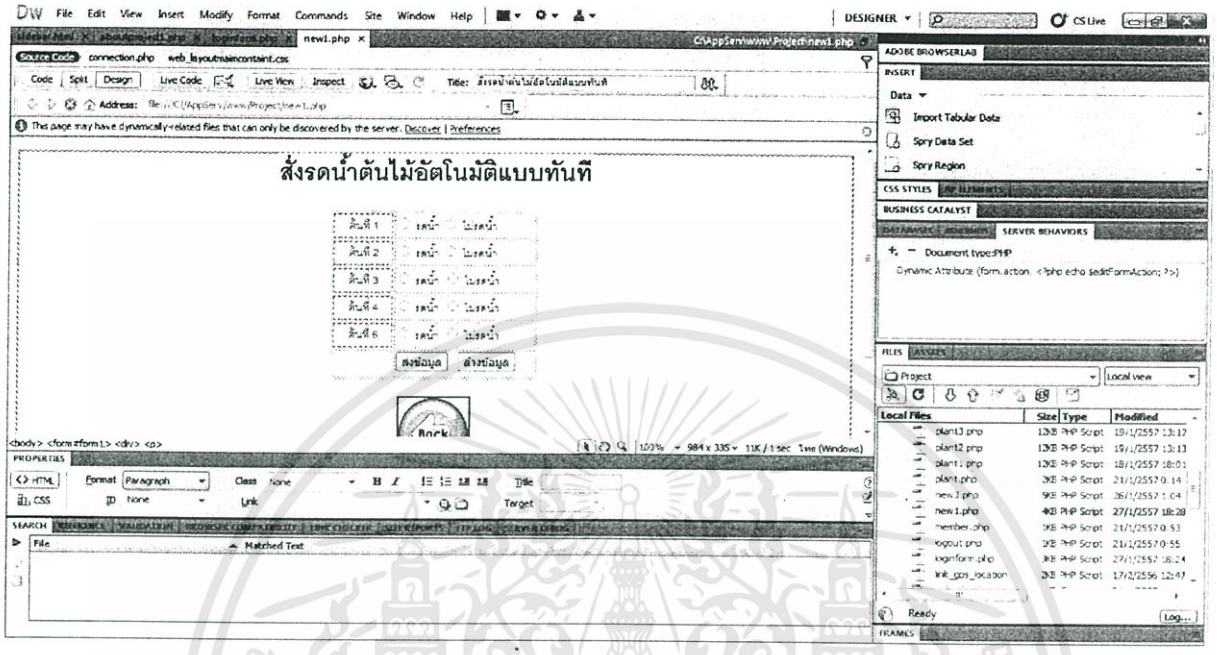
3. สร้างล็อกอินของเว็ป ทำการเรียก loginform.php ติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านของผู้ใช้ว่าถูกต้องหรือไม่ แสดงได้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ไฟล์ loginform.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

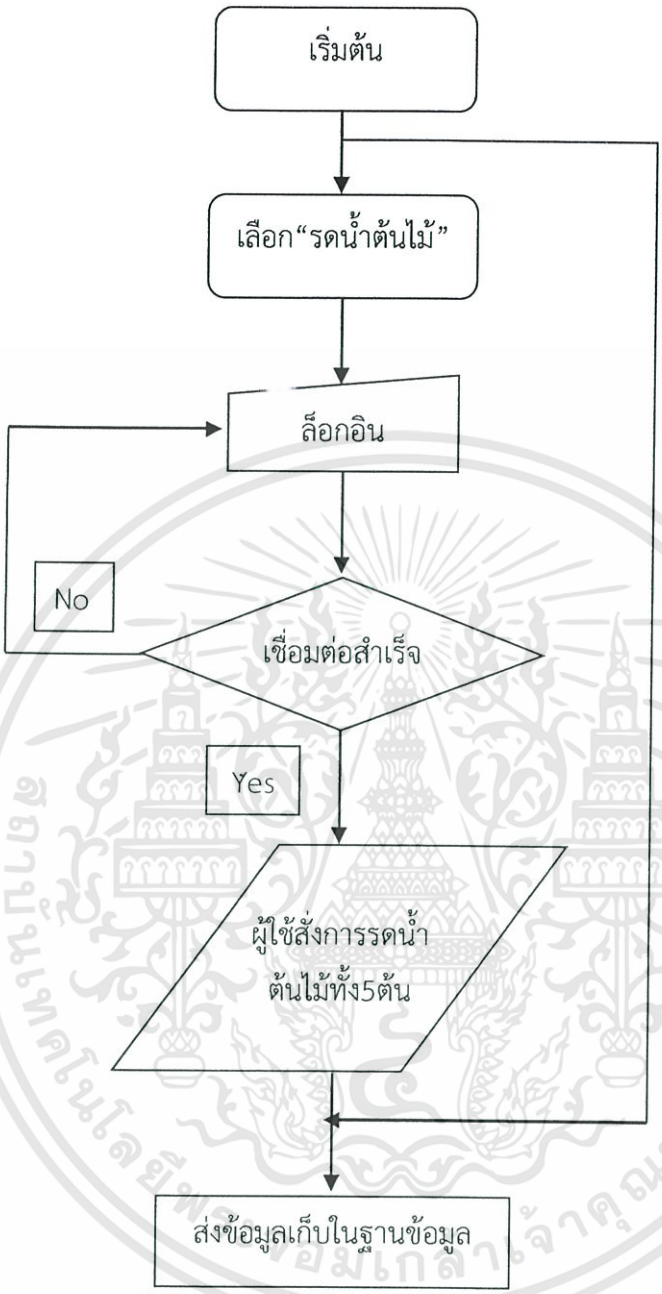
4. เมื่อผู้ใช้งานล็อกอินสำเร็จจะเชื่อมต่อไปยังไฟล์ new1.php สำหรับสั่งการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ แสดงได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ไฟล์ new1.php สำหรับสั่งการรดน้ำต้นไม้

5. หลังจากสั่งรดน้ำต้นไม้และกดปุ่มส่งข้อมูล ข้อมูลการสั่งการรดน้ำต้นไม้จะถูกเก็บเข้าในฐานข้อมูลที่ชื่อว่า numplant โดยโฟลว์ชาร์ตการทำงานโดยรวมแสดงในรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

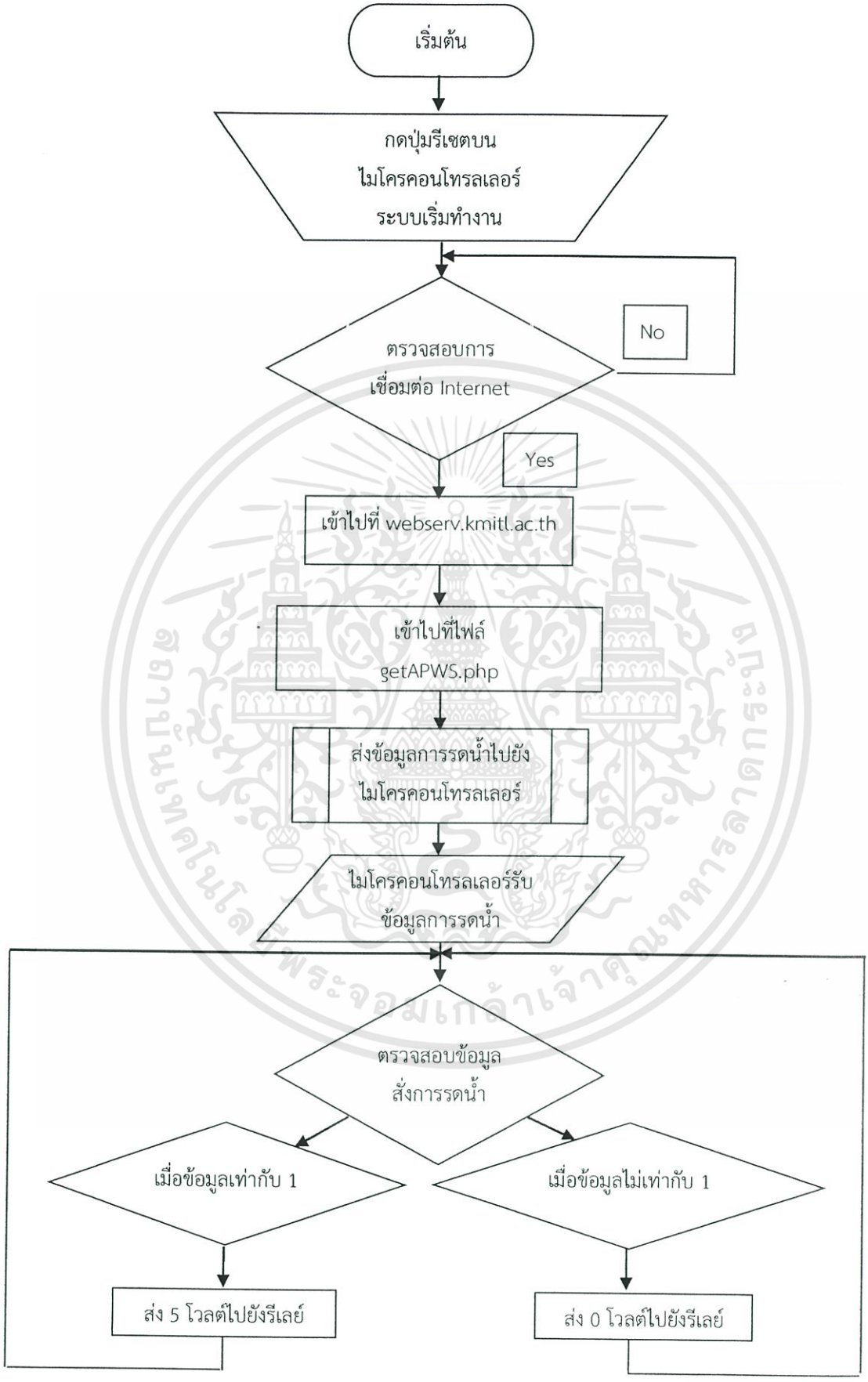
3.1.8 การออกแบบส่วนดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อสั่งการรดน้ำต้นไม้ระยะไกล

ผู้จัดทำได้ออกแบบส่วนดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อสั่งรดน้ำต้นไม้ผ่านการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ภาษา C ในการเขียนโค้ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในโปรแกรม MPLAB IDE v8.89 จากนั้นทำการโปรแกรมโค้ดที่เขียนไว้ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC24FJ128GB110 ผ่านบอร์ด ET-PIC 16/32 START KIT เพื่อประมวลผลและส่งเอาต์พุตสั่งการรีเลย์ต่อไป โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ทำการเขียนโค้ดเชื่อมต่อ Ethernet LAN ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- สร้างไฟล์ PHP สำหรับดึงค่าจากตารางฐานข้อมูลเก็บไว้ในไฟล์
- เขียนโค้ดดึงค่าจากไฟล์ PHP ที่สร้างไว้มาประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์
- ทำการเขียนโค้ดเงื่อนไขเอาต์พุตเพื่อสั่งการรีเลย์

โดยโฟลว์ชาร์ตการทำงานโดยรวมแสดงในรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

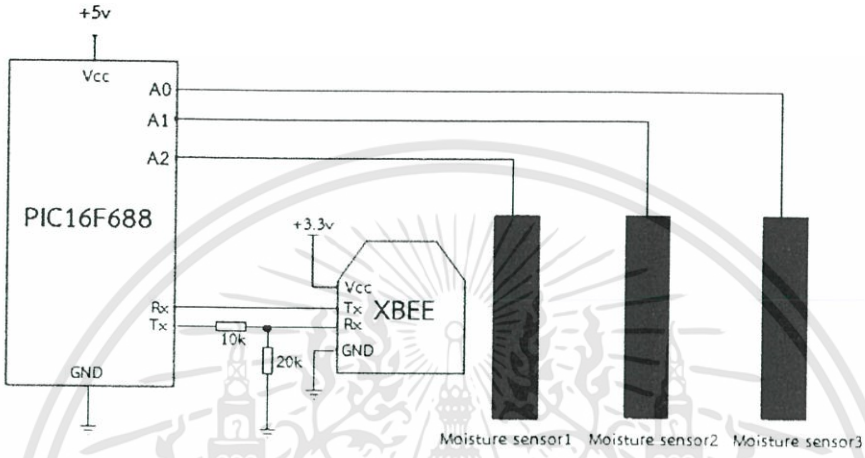


รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ตการทำงานส่วนดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

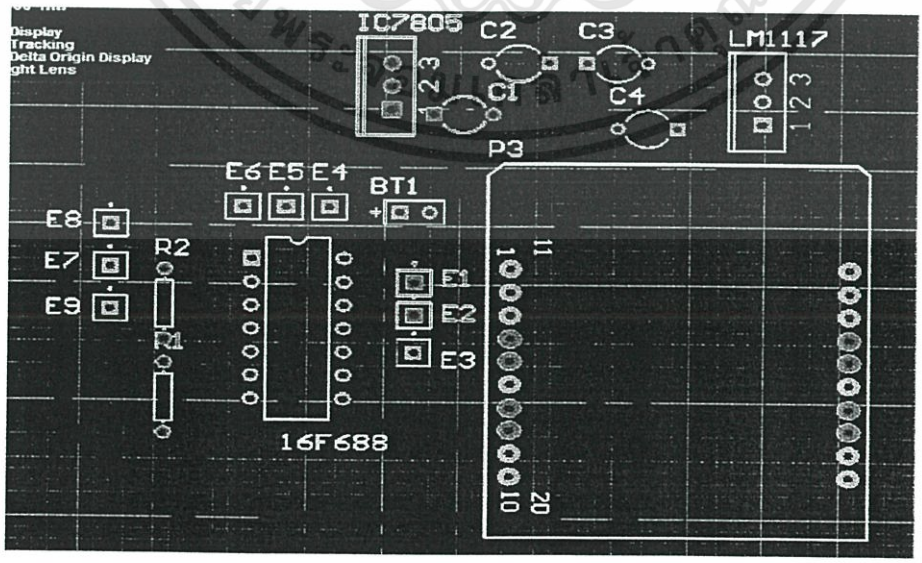
3.1.9 การออกแบบการส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สายซิกบี

ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้โมดูลไร้สาย ZigBee ในการส่งข้อมูลค่าความชื้นที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินไปเก็บในฐานข้อมูล โดยจะส่งผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688 ไปยัง ZigBee ที่อยู่บนแผงวงจรภาคส่งเพื่อส่งค่าไปให้กับภาครับที่ติดต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถแสดงวงจรภาคส่งข้อมูลค่าความชื้นได้ดังรูปที่ 3.16



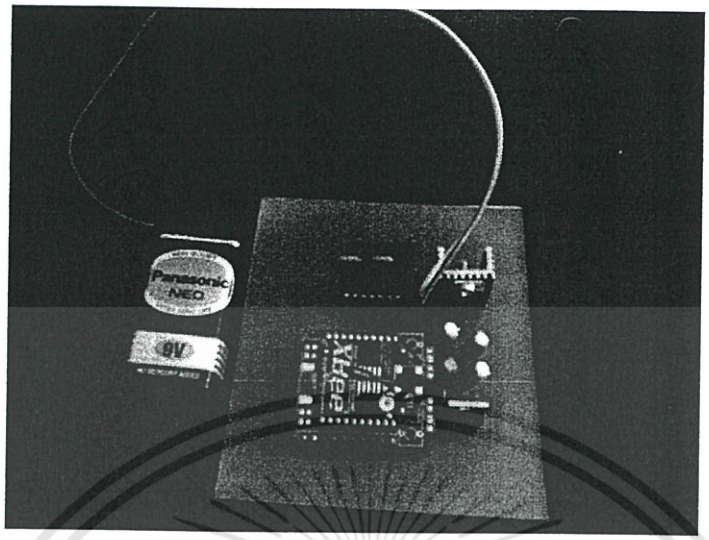
รูปที่ 3.16 วงจรภาคส่งข้อมูลค่าความชื้น

ในขั้นตอนต่อมาได้ทำการออกแบบลายวงจร โดยใช้โปรแกรม Altium เพื่อสร้างวงจรสำหรับใช้งานจริงลงบนแผ่น PCB เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานในการอ่านค่าความชื้นจากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินและส่งข้อมูลผ่าน ZigBee ไปเก็บบนฐานข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3.17 และจัดทำวงจรภาคส่งข้อมูลค่าความชื้นดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 PCB ของวงจรภาคส่งข้อมูลที่สร้างเองในโปรแกรม Altium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

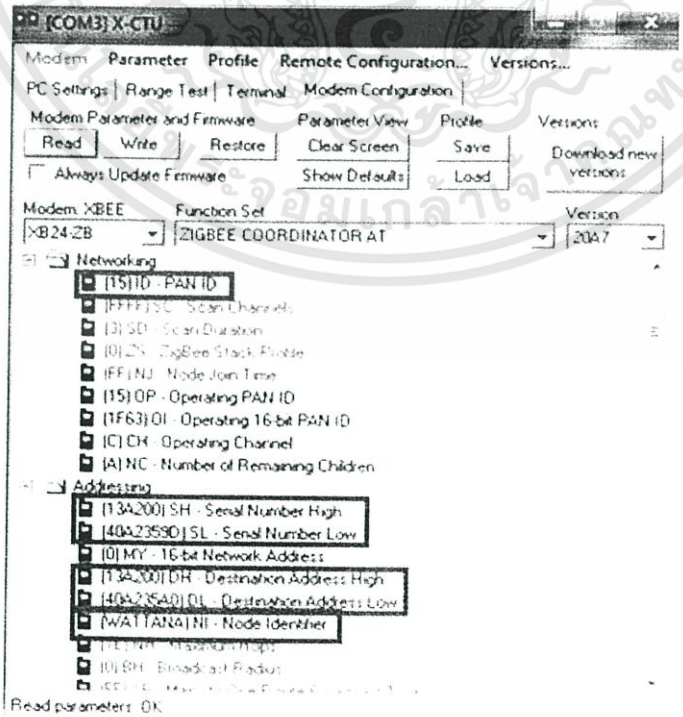


รูปที่ 3.18 วงจรภาคส่งข้อมูลค่าความชื้นที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 3.18 แสดงวงจรภาคส่งข้อมูลค่าความชื้นที่สร้างขึ้นเองจากแผ่น PCB ที่มีส่วนประกอบหลักคือ PIC16F688, ZigBee, LM1117, IC7805, ตัวเก็บประจุ 0.33 µF 2 ตัว, ตัวเก็บประจุ 0.1 µF 2 ตัว, ตัวต้านทาน 10 kΩ, ตัวต้านทาน 20 kΩ และแบตเตอรี่ 9 โวลต์

3.1.10 การตั้งค่า Configuration ให้แก่โมดูล XBee

3.1.10.1 การกำหนดพารามิเตอร์ให้กับ Zigbee Coordinator



รูปที่ 3.19 การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของ ZigBee Coordinator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับ ZigBee ภาครับ ซึ่งทำงานเป็น Coordinator ดังแสดงในรูปที่ 3.19 โดยที่โมดูล ZigBee นั้นมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจัดการเกี่ยวกับเครือข่าย ที่ต้องกำหนดค่าดังนี้

1) PAN ID ใช้ในการกำหนดช่องสัญญาณ กำหนดเป็น 15

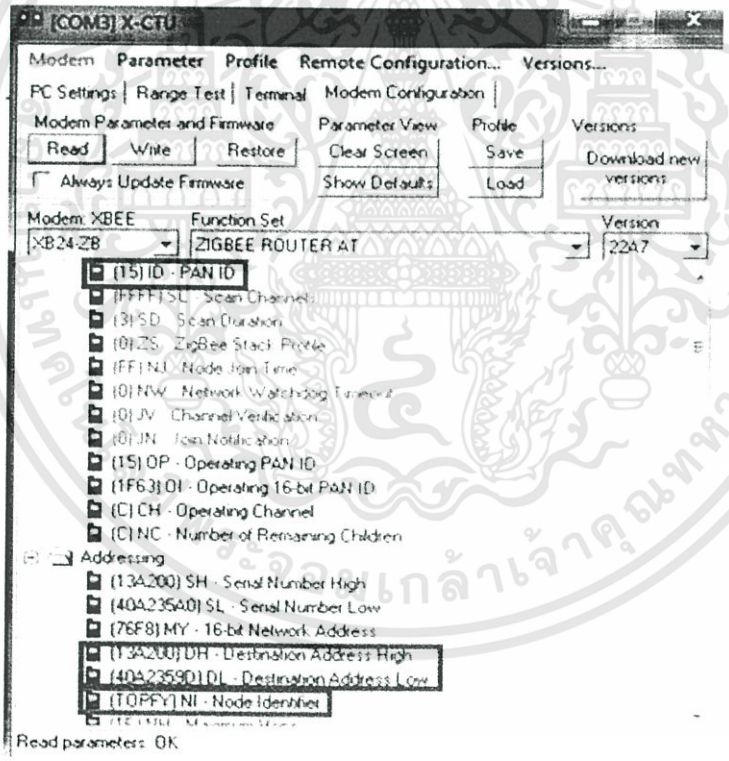
2) DH (Destination Address High) ใช้กำหนดแอดเดรสของโมดูลตัวรับกำหนดเป็นค่าของ SH

3) DL (Destination Address Low) ใช้กำหนดแอดเดรสของโมดูลตัวส่งกำหนดเป็นค่าของ SL

4) SH/SL (Serial Number High/Low) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บค่าหมายเลขเฉพาะ (Serial Number) ของแต่ละโมดูลไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

5) NI (Node Identifier) ได้ตั้งชื่อโหนดให้กับภาครับคือ “WATTANA”

3.1.10.2 การกำหนดพารามิเตอร์ให้กับ Zigbee Router



รูปที่ 3.20 การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของ ZigBee Router

สำหรับ ZigBee ที่ภาคส่งจะทำงานเป็น Router ทำการตั้งค่าแสดงในรูปที่ 3.20 โดยมีพารามิเตอร์คล้ายคลึงกับ ZigBee ที่ภาครับดังนี้

1) PAN ID กำหนดเป็น 15 (เหมือนกันทั้งเครือข่าย)

2) DH (Destination Address High) ใช้กำหนดแอดเดรสของโมดูลตัวรับกำหนดเป็นค่าของ SH

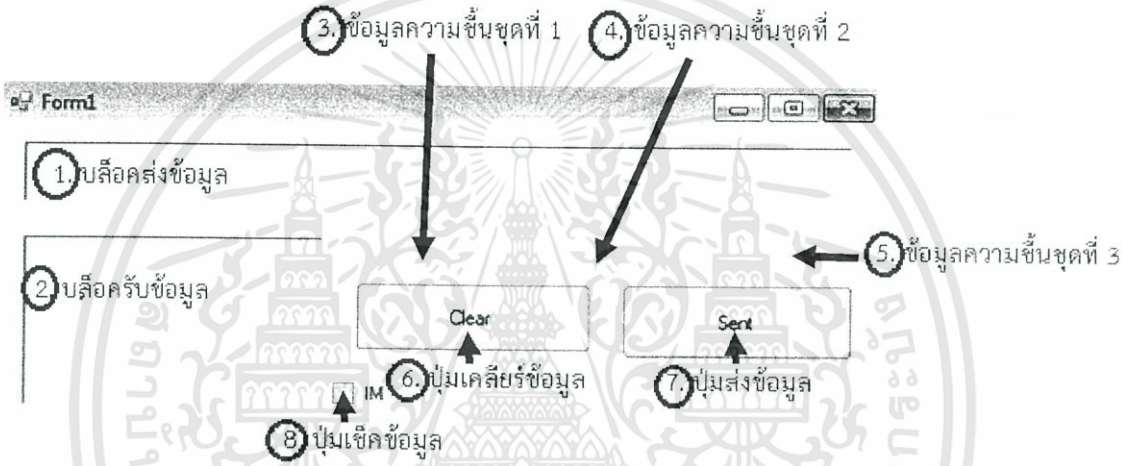
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) DL (Destination Address Low) ใช้กำหนดแอดเดรสของโมดูลตัวส่งกำหนดเป็นค่าของ SL

4) NI (Node Identifier) ได้ตั้งชื่อโหนดให้กับภาคส่งคือ “TOPFY”

3.1.11 การออกแบบ Graphical User Interface สำหรับแสดงค่าความชื้น

ออกแบบ Graphical User Interface โดยใช้ภาษา C# ผ่านโปรแกรม Microsoft Visual C# 2010 Express โปรแกรมทำงานโดยการรับค่าความชื้นในดินผ่าน serial port ซึ่งจะแสดงในส่วน Terminal ของโปรแกรม ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 หน้าต่างโปรแกรมที่ออกแบบ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ระบบโดยรวมสามารถแบ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบในส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

3.2.1 ส่วนของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

- ทรานซิสเตอร์เบอร์ KSP2222A-905
- ตัวต้านทาน 100 Ω
- ตัวต้านทาน 10 kΩ

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบคือ

- Altium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

- PIC16F688
- ถ่านไฟฉาย 9 โวลต์
- วงจรแปลงไฟ 9 โวลต์ เป็น 5 โวลต์
- บอร์ดโปรแกรม ET-PGM PIC PK3 PLUS
- Adapter 5 โวลต์
- บอร์ด ET-PIC 16/32 START KIT
- ET-PIC24FJ128GB110
- ET-ICDX สำหรับโปรแกรมโค้ด
- สาย LAN
- USB to RS232

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบมีดังนี้

- MPLAB IDE v8.89
- PICKit 2 v2.61
- Proteus v7.5 SP3
- Altium

3.2.3 ส่วนของวงจรเปิด-ปิดก๊อกน้ำ

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

- รีเลย์ 5 โวลต์
- ULN2803
- ไดโอด 1N4004
- แหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์
- โซลินอยด์วาล์ว 12 โวลต์
- สายยาง
- ข้อต่อและท่อต่อต่างๆ
- สปริงเกอร์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบมีดังนี้

- Proteus v7.5 SP3
- Altium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ส่วนแสดงผลแรงดันเอาต์พุตบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

- MAX232
- ตัวเก็บประจุ 100 nF
- USB to RS232

3.2.5 ส่วนของเว็บบราวเซอร์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบมีดังนี้

- Adobe Dreamweaver CS6
- Appserv
- Notepad++

3.2.6 ส่วนของวงจรตรวจจับการไหลของน้ำ

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

- โฟลว์เซนเซอร์ขนาด 0.5 นิ้ว
- PIC 16F688
- ตัวต้านทาน 10 kΩ
- IC 7805
- LED

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบคือ

- Altium
- MPLAB X IDE v1.95
- PICkit 2 v2.61

3.2.7 ส่วนของการส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สายซิกบี

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

- XBee S2 2 ตัว
- ตัวเก็บประจุ 0.1 µF 2 ตัว
- ตัวเก็บประจุ 0.33 µF 2 ตัว
- ตัวต้านทาน 100 kΩ
- ตัวต้านทาน 20 kΩ
- IC 7805
- LM 1117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบคือ

- Microsoft Visual C# 2010 Express

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้น

3.3.1.1 ทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์วัดความชื้นกับไมโครคอนโทรลเลอร์

- แสดงผลผ่านออสซิลโลสโคป
- แสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTy

3.3.1.2 เปรียบเทียบค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นที่สร้างขึ้นเองกับคุณสมบัติของเซนเซอร์วัดความชื้นต้นแบบ

3.3.1.3 การ Calibrate เซนเซอร์เทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน

3.3.2 การทดสอบการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว ซึ่งควบคุมโดยรีเลย์

3.3.3 การทดสอบการทำงานของวงจรตรวจจับอัตราการไหลของน้ำ

3.3.4 การทดสอบการส่งข้อมูลจากหน้าเว็บเพจไปเก็บในฐานข้อมูล

3.3.5 การทดสอบเงื่อนไขการหยุดน้ำด้วยข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความชื้นในฐานข้อมูล

3.3.6 การทดสอบโมดูลไร้สายซิกบี

3.3.6.1 การทดสอบระยะทางในการรับส่งข้อมูล

3.3.6.2 การทดสอบส่งข้อมูลความชื้นไปจัดเก็บในฐานข้อมูล

3.3.7 การทดสอบการทำงานของระบบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

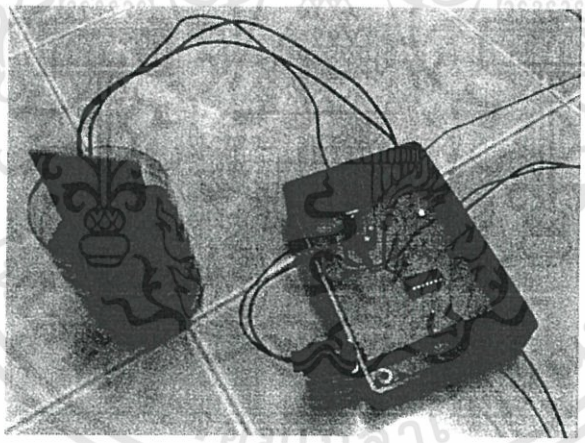
ผลการทดลอง

สำหรับการทดสอบระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติสั่งการผ่านเว็บบราวเซอร์นั้น ได้ทำการจัดเก็บผลการทำงานของระบบ โดยแบ่งการทดลองและจัดเก็บผลการทดลองออกเป็นส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้น

4.1.1 การเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์วัดความชื้นกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนนี้จะเป็นการทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์วัดความชื้นกับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการจ่ายไฟให้กับเซนเซอร์วัดความชื้นแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรับค่าแรงดันเอาต์พุต (V_{out}) จากเซนเซอร์วัดความชื้น ทำการแปลงค่าจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลพร้อมทั้งนำค่าแรงดันเอาต์พุต (V_{out}) ที่แปลงค่าเรียบร้อยแล้วไปประมวลผลเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการจ่ายไฟให้กับรีเลย์ต่อไป การเชื่อมต่อวงจรที่ทำการทดสอบ ดังแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



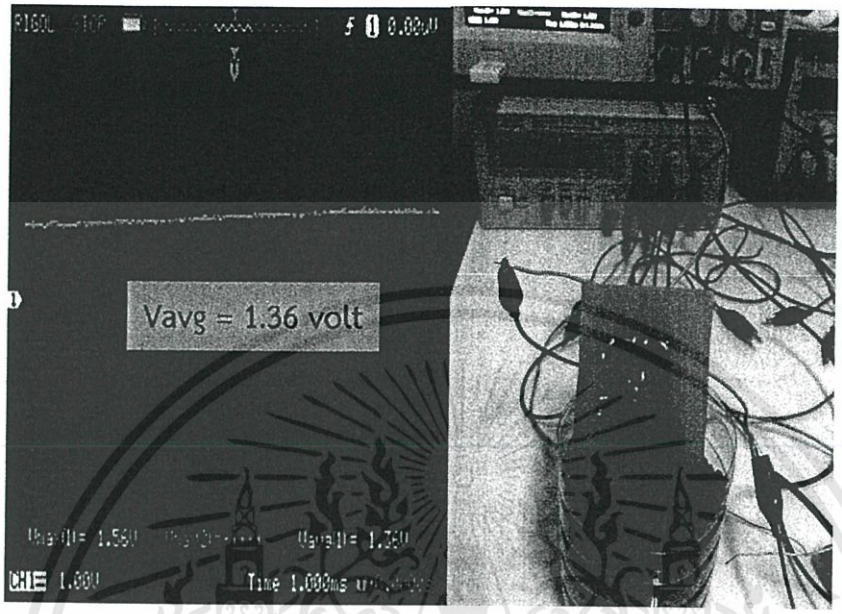
รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความชื้นและวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.2 การวัดค่าสัญญาณแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นด้วยออสซิลโลสโคป

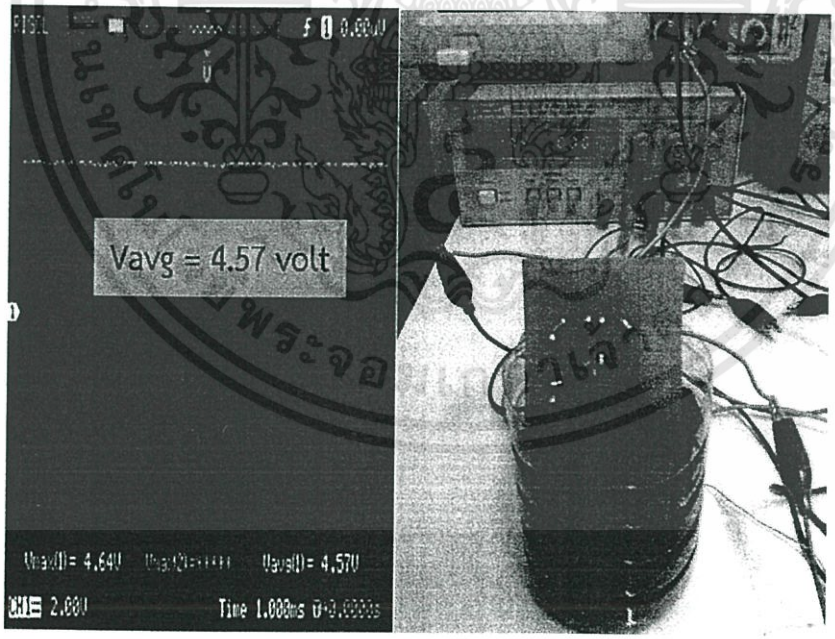
ทำการชั่งกระป๋องเปล่าที่ใส่ดิน และชั่งน้ำหนักของดินเมื่อเทใส่กระป๋อง หาค่าปริมาณน้ำหนักดินที่ใช้ จากนั้นตวงน้ำใส่บีกเกอร์ 20 มิลลิลิตรสำหรับนำไปเทใส่ดินต่อหนึ่งครั้ง นำเซนเซอร์วัดความชื้นปักลงในดินที่เตรียมไว้ สังเกตผลโดยทำการวัดค่าสัญญาณแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นด้วยออสซิลโลสโคป เทน้ำครั้งละ 20 มิลลิลิตรลงในดินเรื่อยๆ พร้อมสังเกตผล โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 เงื่อนไข ประกอบด้วย ดินแห้ง (Dry soil) ดินชื้น (Humid soil) และดินที่มีน้ำขัง (Soil in water) แสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.2 –

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 พบว่าวัดค่าแรงดันในดินแห้งได้ค่าประมาณ 1.36 โวลต์ ค่าแรงดันในดินชื้นประมาณ 4.57 โวลต์ และค่าแรงดันในดินที่มีน้ำขังได้ค่าประมาณ 4.64 โวลต์

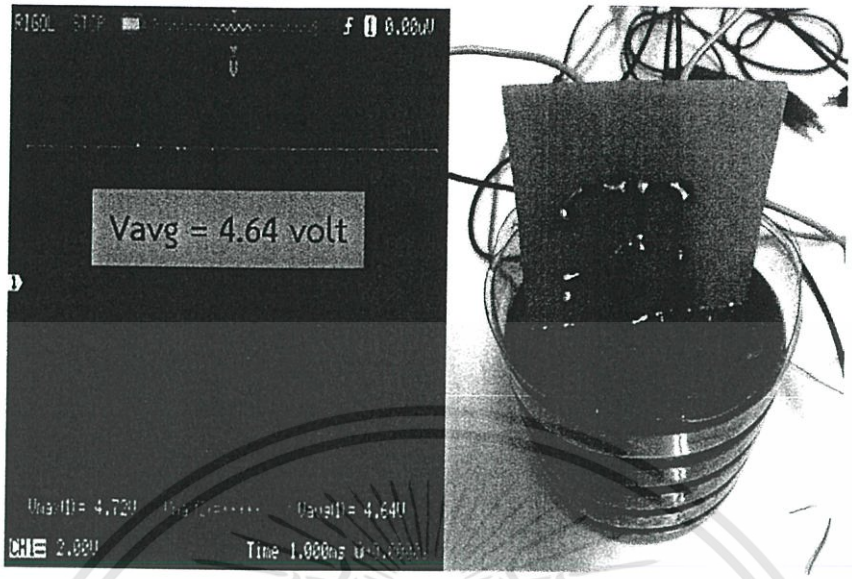


รูปที่ 4.2 การวัดค่าแรงดันในดินแห้ง



รูปที่ 4.3 การวัดค่าแรงดันในดินชื้น

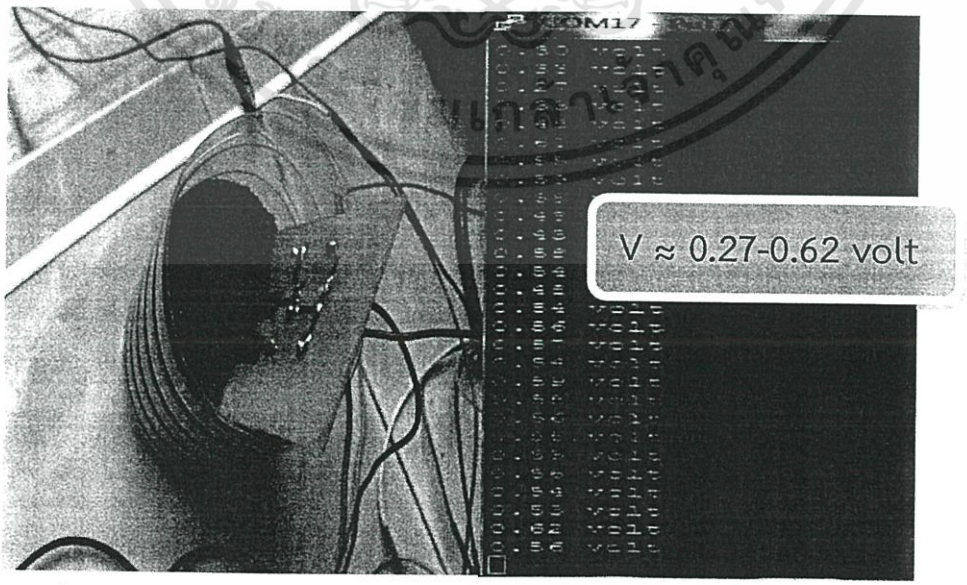
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การวัดค่าแรงดันในดินที่มีน้ำขัง

4.1.3 ผลการวัดค่าแรงดันจากเซนเซอร์วัดความชื้นแสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTY

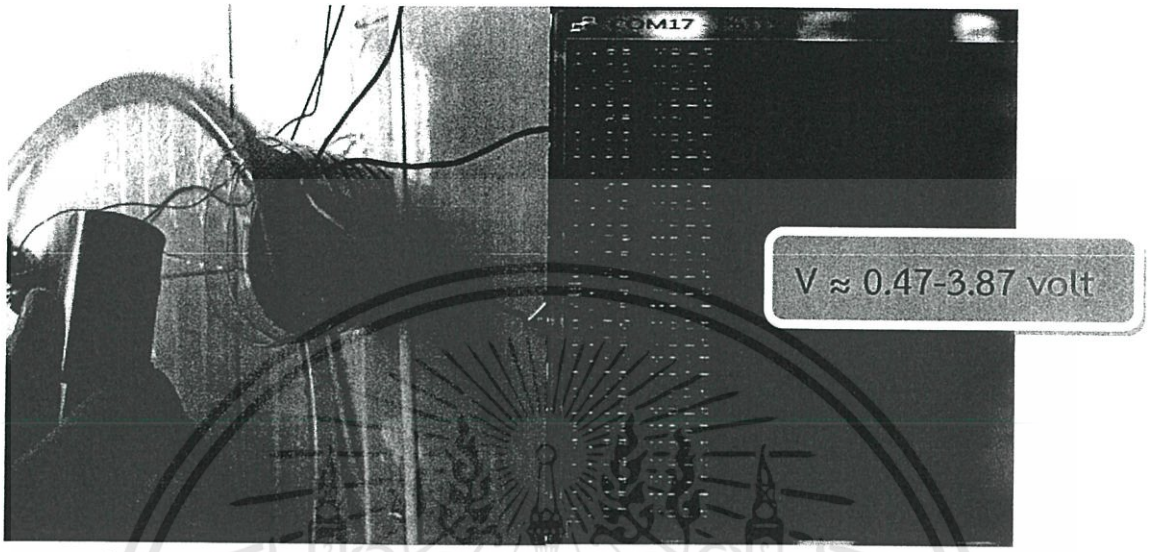
ผู้จัดทำได้ทำการวัดค่าแรงดันจากเซนเซอร์วัดความชื้น ซึ่งค่าที่วัดได้จะส่งไปยังวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ค่าแรงดันเอาต์พุตจะถูกแปลงจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลแล้วเก็บไว้ในตัวแปรที่ชื่อว่า volt หลังจากนั้นทำการส่งค่าจากตัวแปร volt ผ่านทางวงจร MAX-232 ซึ่งวงจรนี้จะเปลี่ยนสัญญาณจากเดิมที่เป็น TTL ให้เป็น RS232 ส่งผ่านสาย DB9 ผ่านอุปกรณ์ USB to Serial เข้าสู่คอมพิวเตอร์ และแสดงผลแรงดันเอาต์พุตบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม PuTTy ซึ่งทำการทดลองทั้งหมด 3 เงื่อนไข ประกอบด้วย ดินแห้ง ดินชื้น และดินที่มีน้ำขัง แสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.5-4.7



รูปที่ 4.5 การวัดค่าแรงดันในดินแห้ง (Dry soil) แสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTY

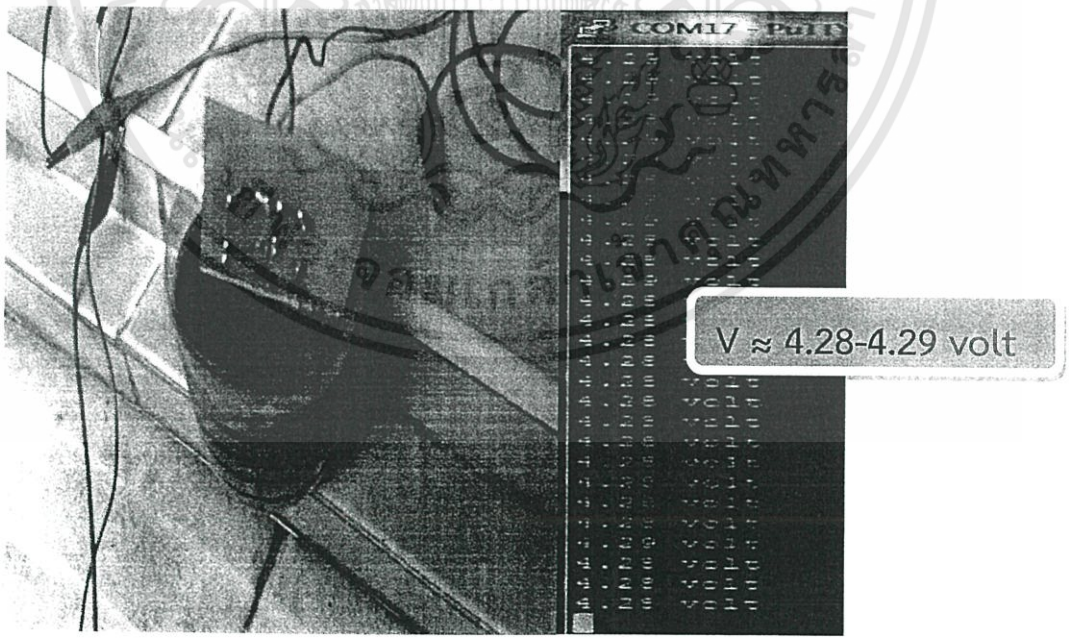
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 ทำการวัดค่าแรงดันจากเซนเซอร์วัดความชื้นภายในดินแห้ง โดยใช้ดินที่แห้งสนิทมาใช้ในการทดลอง และแสดงผลค่าแรงดันที่วัดได้ผ่านโปรแกรม PuTTY พบว่าแรงดันมีค่าอยู่ระหว่าง 0.27 ถึง 0.62 โวลต์



รูปที่ 4.6 การวัดค่าแรงดันในดินชื้น (Humid soil) แสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTY

จากรูปที่ 4.6 ทำการวัดค่าแรงดันโดยการหยดน้ำลงไปในดินแห้งจนกระทั่งดินชื้น โดยจะเห็นการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่หยดลงไป ซึ่งค่าแรงดันจากเซนเซอร์วัดความชื้นที่แสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTY มีค่าอยู่ระหว่าง 0.47 ถึง 3.87 โวลต์



รูปที่ 4.7 การวัดค่าแรงดันในดินที่มีน้ำขัง (Soil in water) แสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTY

จากรูปที่ 4.7 ทำการวัดค่าแรงดันโดยหยดน้ำลงไปในดินจนน้ำได้มีระดับสูงเหนือดินขึ้นมา พบว่าค่าแรงดันที่วัดได้แสดงผลผ่านโปรแกรม PuTTY มีค่าอยู่ระหว่าง 4.28 ถึง 4.29 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 เปรียบเทียบค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นที่สร้างขึ้นเองกับคุณสมบัติของเซนเซอร์วัดความชื้นต้นแบบจาก Datasheet

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าแรงดันจากเซนเซอร์วัดความชื้นที่สร้างขึ้นเองกับเซนเซอร์ต้นแบบ

แรงดันของเซนเซอร์ วัดความชื้นต้นแบบรุ่น SEN92355P					แรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้น ที่สร้างขึ้นเอง				
Item	Condition	Min	Max	Unit	Item	Condition	Min	Max	Unit
Output value	Sensor in dry soil	0	1.46	Volt	Output value	Sensor in dry soil	0.27	0.62	Volt
	Sensor in humid soil	1.46	3.42	Volt		Sensor in humid soil	0.62	3.87	Volt
	Sensor in water	3.42	4.64	Volt		Sensor in water	3.87	4.29	Volt

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นที่สร้างขึ้นเองนั้น มีความใกล้เคียงกับค่าแรงดันของเซนเซอร์วัดความชื้นต้นแบบตามข้อมูลในดาต้าชีท (Datasheet) มาก โดย Sensor in dry soil มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเท่ากับ 57.53 เปอร์เซ็นต์, Sensor in humid soil มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเท่ากับ 13.56 เปอร์เซ็นต์ และ Sensor in water มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเท่ากับ 7.54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความชื้นที่วัดได้จะถูกนำไปสร้างเงื่อนไขการรดน้ำต่อไป

4.1.5 ผลการทดลองการ Calibrate เซนเซอร์เทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน

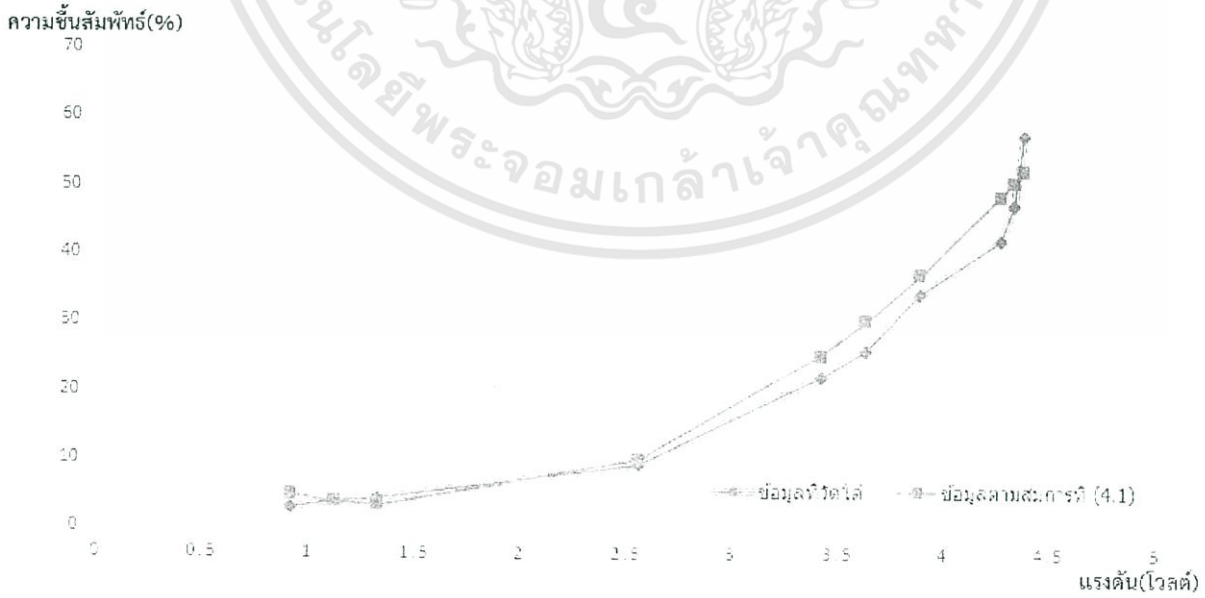
ผู้จัดทำได้ทำการเทียบเคียงค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่สร้างขึ้นกับวิธีการวัดค่าความชื้นในดินแบบมาตรฐาน (Calibration) โดยใช้ตัวอย่างดินที่มีค่าความชื้นแตกต่างกัน 10 ค่า มาใช้ในการทดลอง ซึ่งสามารถแสดงค่าความชื้นมาตรฐานและค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่สร้างเองดังแสดงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าความชื้นมาตรฐานและค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

ตัวอย่างดิน	น้ำหนักดินก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักดินหลังอบ (กรัม)	ค่าความชื้นในดินจากเครื่องชั่งมาตรฐาน(%)	ค่าแรงดันจากเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (โวลต์)
1	81.63	79.29	2.95	0.91
2	72.36	69.65	3.89	1.12
3	105.77	101.35	4.36	1.32
4	64.43	58.90	9.39	2.55
5	61.86	50.64	22.16	3.41
6	52.05	41.34	25.91	3.62
7	54.65	40.63	34.51	3.88
8	72.48	50.92	42.34	4.26
9	68.73	46.62	47.43	4.32
10	79.68	50.56	57.59	4.37

หลังจากที่ได้ค่าความชื้นมาตรฐานและค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินตามตารางที่ 4.2 แล้ว นำข้อมูลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ออกจากเซนเซอร์และความชื้นในดิน ซึ่งจะได้กราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับแรงดันจากเซนเซอร์วัดความชื้น

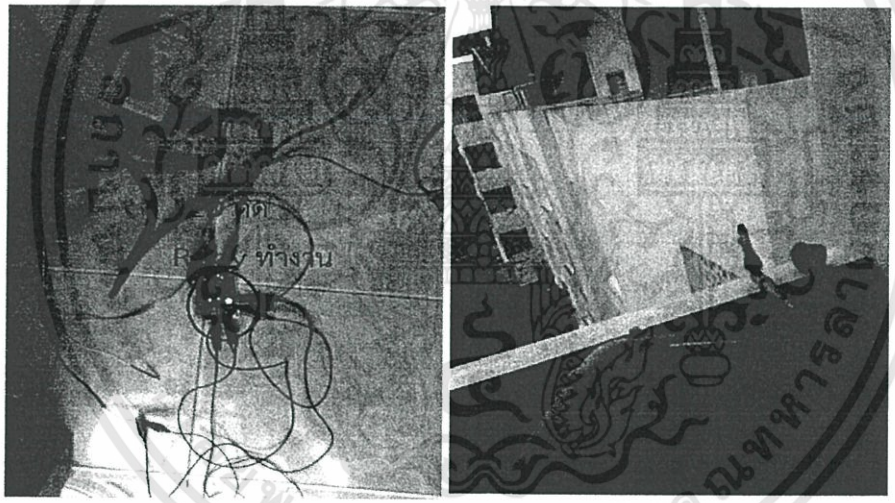
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าความชื้นในดินเพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันที่ออกจากเซนเซอร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และนำข้อมูลจากกราฟมาเขียนเป็นสมการเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาค่าความชื้นในดินของโปรแกรม ซึ่งสมการที่คำนวณได้แสดงดังสมการที่ (4.1)

$$y = 5.79X^{2}-16.88X+15.53 \qquad (4.1)$$

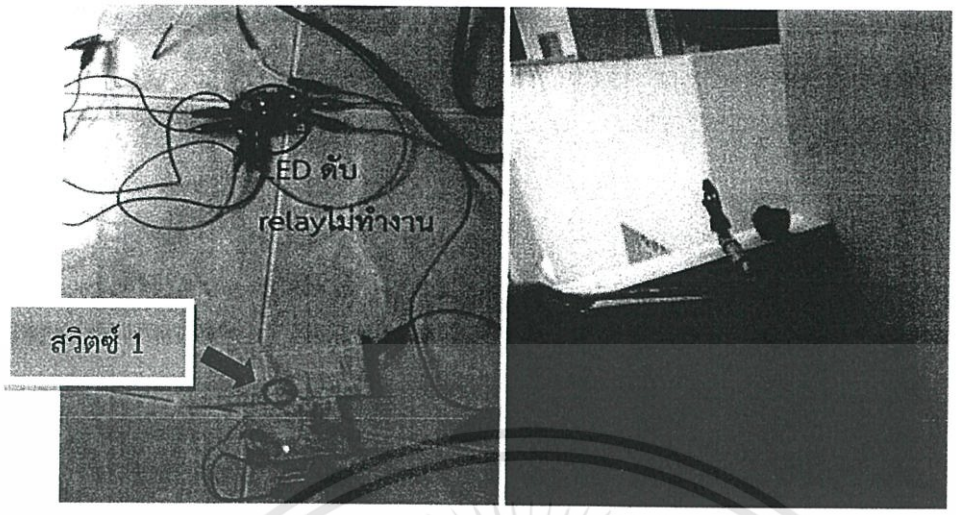
4.2 ผลการทดลองการทำงานของโซลินอยด์วาล์วซึ่งควบคุมการทำงานโดยรีเลย์

ผู้จัดทำได้ทำการทดสอบระบบจากการควบคุมวงจรรีเลย์เพื่อเปิด-ปิดน้ำจากโซลินอยด์วาล์ว เริ่มจากทำการประกอบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับวงจรสวิตช์แบบกดติดกดดับเข้ากับวงจรรีเลย์ โซลินอยด์วาล์วและเปิดก๊อกน้ำ ทำการกดสวิตช์ 1 ครั้ง เพื่อจ่ายกระแสให้วงจรรีเลย์ทำงาน เมื่อวงจรรีเลย์ทำงานทำให้กระแสไหลไปยังโซลินอยด์วาล์ว วาล์วจะเปิดออกจึงทำให้น้ำไหล แสดงได้ดังรูปที่ 4.9 และเมื่อทำการกดสวิตช์อีกครั้งหนึ่งจะทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน วาล์วน้ำจะปิดจึงทำให้น้ำไหลผ่านไปไม่ได้ แสดงได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 รีเลย์ทำงานทำให้น้ำไหลรดน้ำต้นไม้

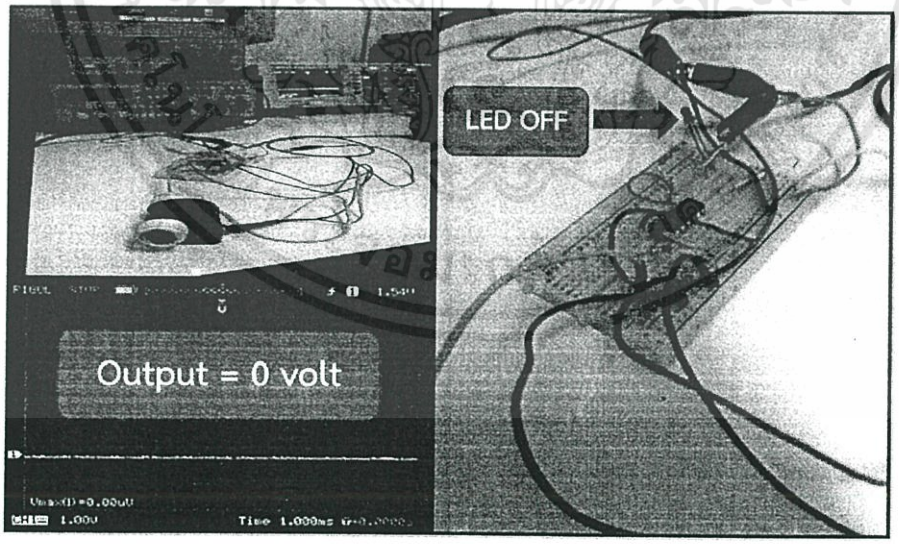
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 รีเลย์ไม่ทำงานทำให้น้ำไม่ไหล

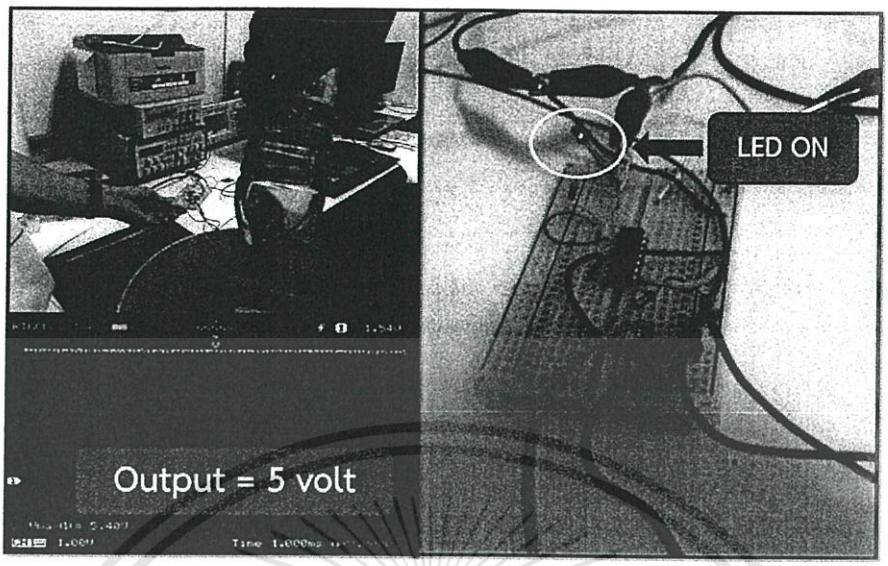
4.3 ผลการทดลองการทำงานของวงจรตรวจจับอัตราการไหลของน้ำ

ทดสอบการทำงานของวงจรตรวจจับการไหลของน้ำ โดยการต่อหลอด LED ในวงจรเพื่อตรวจสอบการจ่ายไฟของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไม่มีน้ำไหลผ่านโฟลว์เซนเซอร์หรือมีอัตราการไหลน้อยกว่า 0 ลิตรต่อนาที ไมโครคอนโทรลเลอร์จะจ่ายไฟ 0 โวลต์ ซึ่งจะส่งผลให้หลอด LED ดับ แสดงได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การทำงานของระบบเมื่อไม่มีน้ำไหลผ่านเซนเซอร์ตรวจจับอัตราการไหลของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การทำงานของระบบเมื่อมีน้ำไหลผ่านเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำ

จากรูปที่ 4.12 เมื่อมีน้ำไหลผ่านโฟลว์เซนเซอร์หรือมีอัตราการไหลมากกว่า 0 ลิตรต่อนาที ไมโครคอนโทรลเลอร์จะจ่ายไฟ 5 โวลต์ ซึ่งจะส่งผลให้หลอด LED ติด

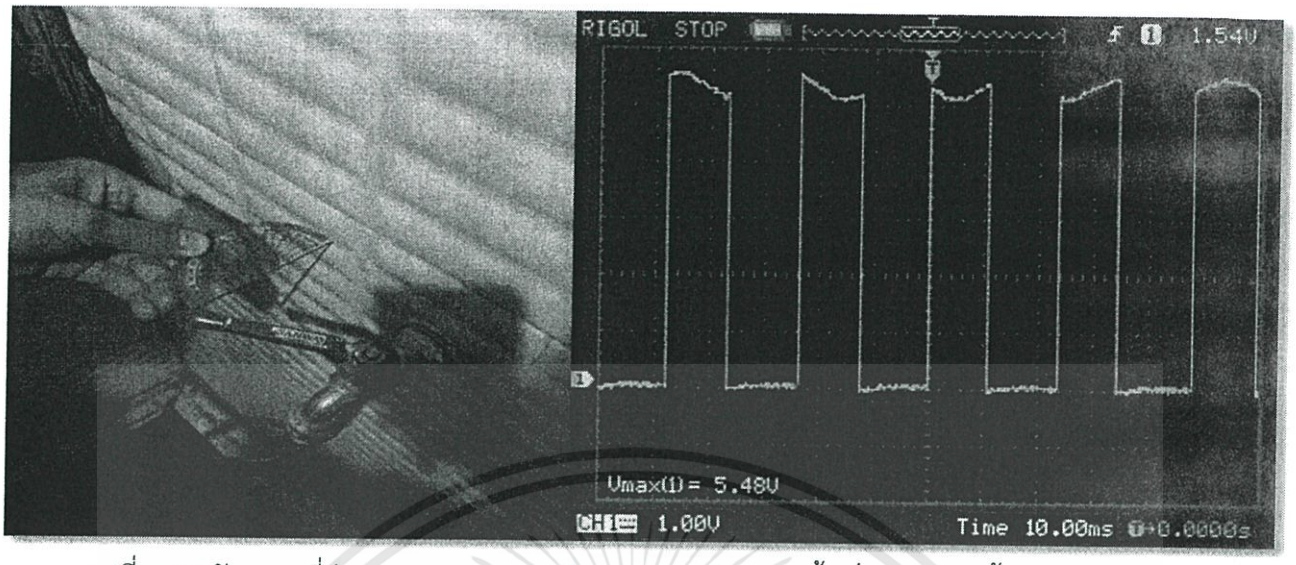
ต่อมาได้ทำการทดสอบอัตราการไหลของน้ำ โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 เงื่อนไขคือ

1) เปิดก๊อกน้ำ 45 องศา

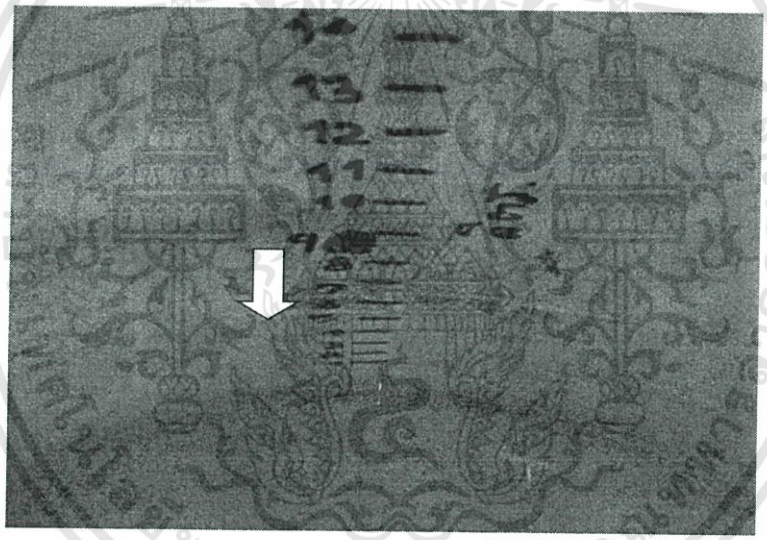
2) เปิดก๊อกน้ำ 90 องศา

ในเงื่อนไขที่ 1 ได้ทำการหมุนก๊อกน้ำเป็นมุม 45 องศา แล้ววัดสัญญาณที่ส่งออกมาจากเซนเซอร์ด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป ซึ่งได้ตั้งค่า Time/Div เท่ากับ 10 ms และ Volt/Div เท่ากับ 1 volt ได้รูปสัญญาณดังรูปที่ 4.13 เมื่อสังเกตจากรูปสัญญาณจะได้คาบเท่ากับ 2.4 ms ขนาด 5 volt เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลอัตราการไหลของน้ำตามสมการที่ (2.1) จะได้อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 5.56 L/min ซึ่งค่าที่ได้นั้นมีความใกล้เคียงกับปริมาณของน้ำในถัง แสดงได้ดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



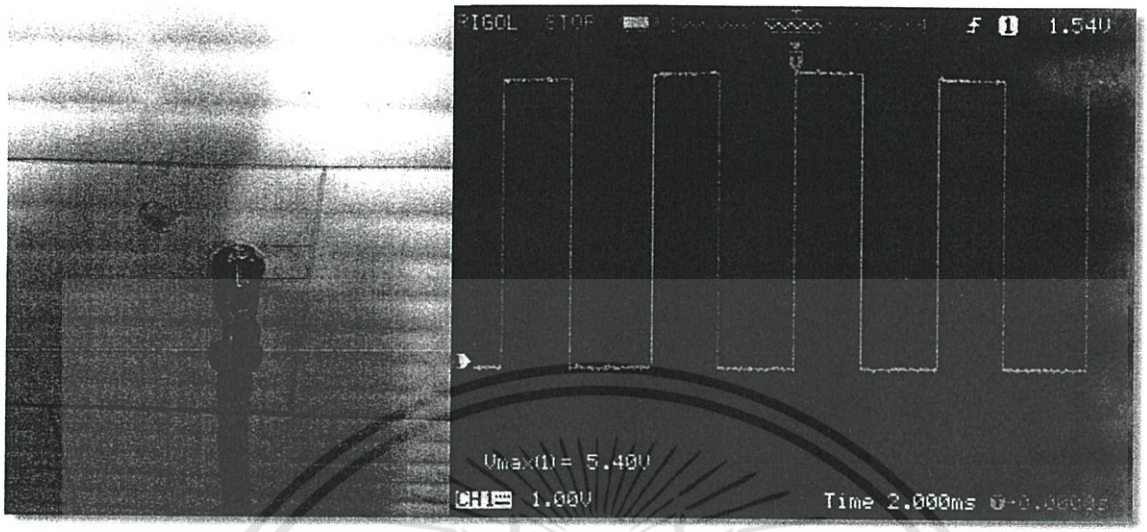
รูปที่ 4.13 สัญญาณที่ส่งออกมาจากเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำเมื่อหมุนก๊อกน้ำ 45 องศา



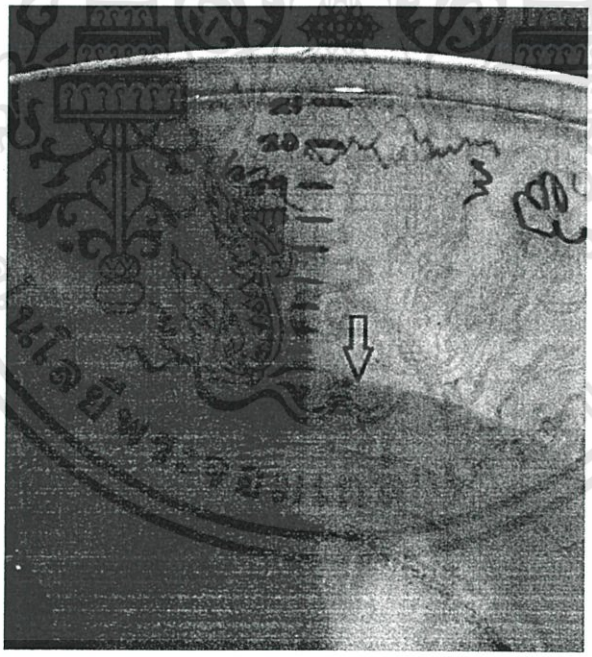
รูปที่ 4.14 ปริมาณน้ำในถังเมื่อหมุนก๊อกน้ำ 45 องศา

ในเงื่อนไขที่ 2 ได้ทำการหมุนก๊อกน้ำเป็นมุม 90 องศา ได้ตั้งค่าออสซิลโลสโคปให้มี Time/Div เท่ากับ 2 ms และ Volt/Div เท่ากับ 1 volt ได้รูปสัญญาณดังรูปที่ 4.15 เมื่อสังเกตจากรูปสัญญาณจะได้คาบเท่ากับ 2.8 ms ขนาด 5 volt จากการคำนวณตามสมการที่ (2.1) มีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 23.8 L/min ซึ่งค่าที่ได้นั้นมีความใกล้เคียงกับปริมาณของน้ำในถัง แสดงได้ดังรูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 สัญญาณที่ส่งออกมาจากเซนเซอร์ตรวจจับการไหลของน้ำเมื่อหมุนก๊อกน้ำ 90 องศา

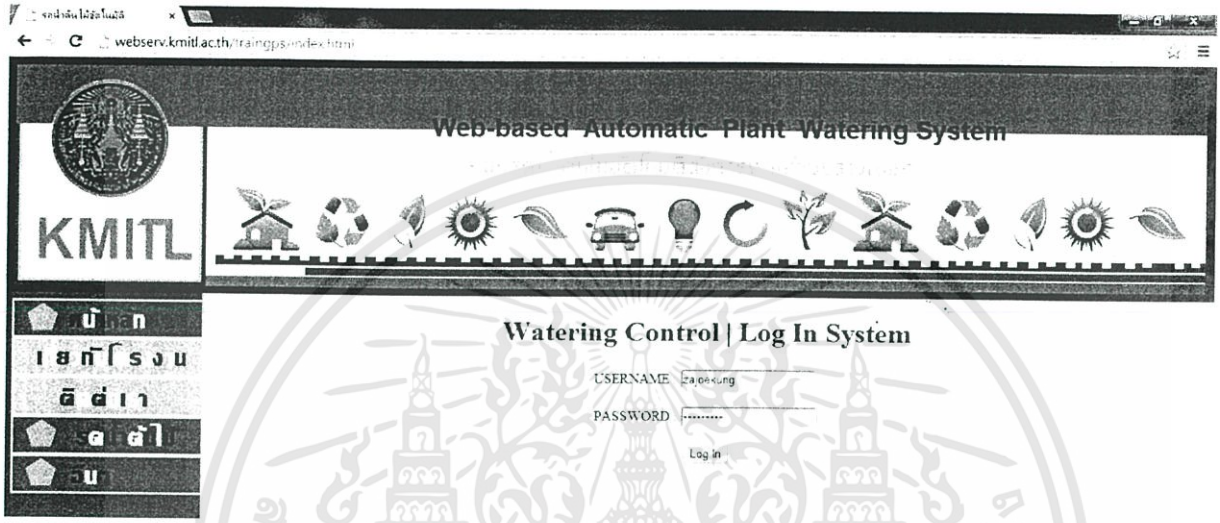


รูปที่ 4.16 ปริมาณน้ำในถังเมื่อหมุนก๊อกน้ำ 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

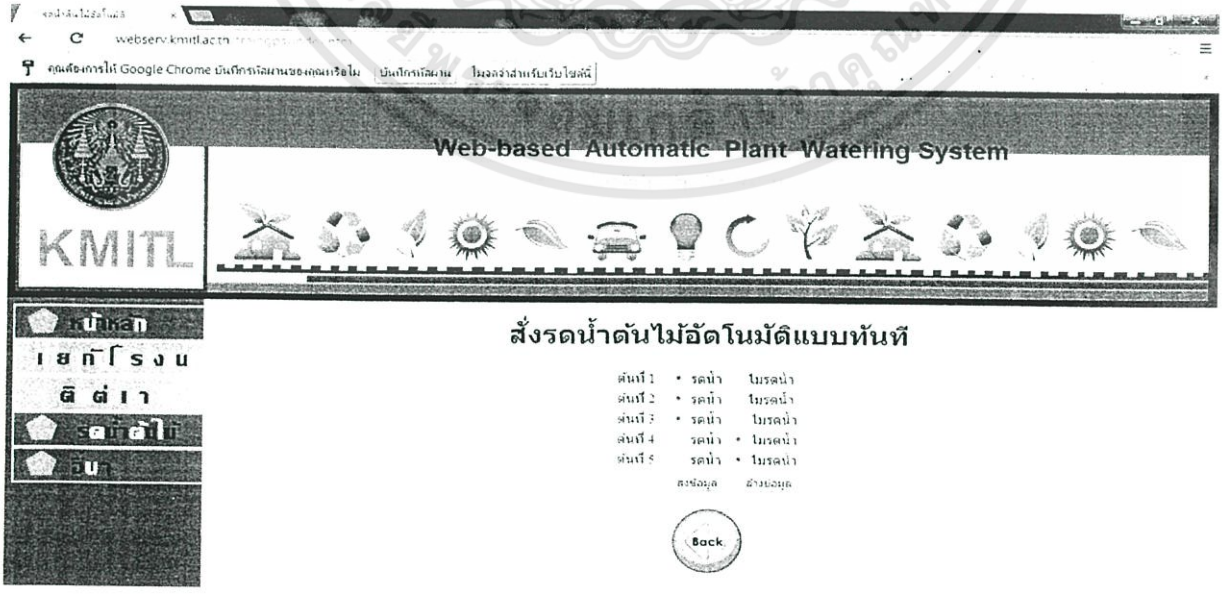
4.4 ผลการทดสอบการส่งข้อมูลจากหน้าเวปเพจไปเก็บในฐานข้อมูล

ทำการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตบนคอมพิวเตอร์ฝั่งผู้ใช้งาน และเปิดหน้าเว็บไซต์ http://webserv.kmitl.ac.th/traingps/index.html จากนั้นกดเลือกแถบเมนู “รดน้ำต้นไม้”ทำการล็อกอินโดยกรอกชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password) ของผู้ใช้งานแสดงได้ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 การกรอกข้อมูลล็อกอิน

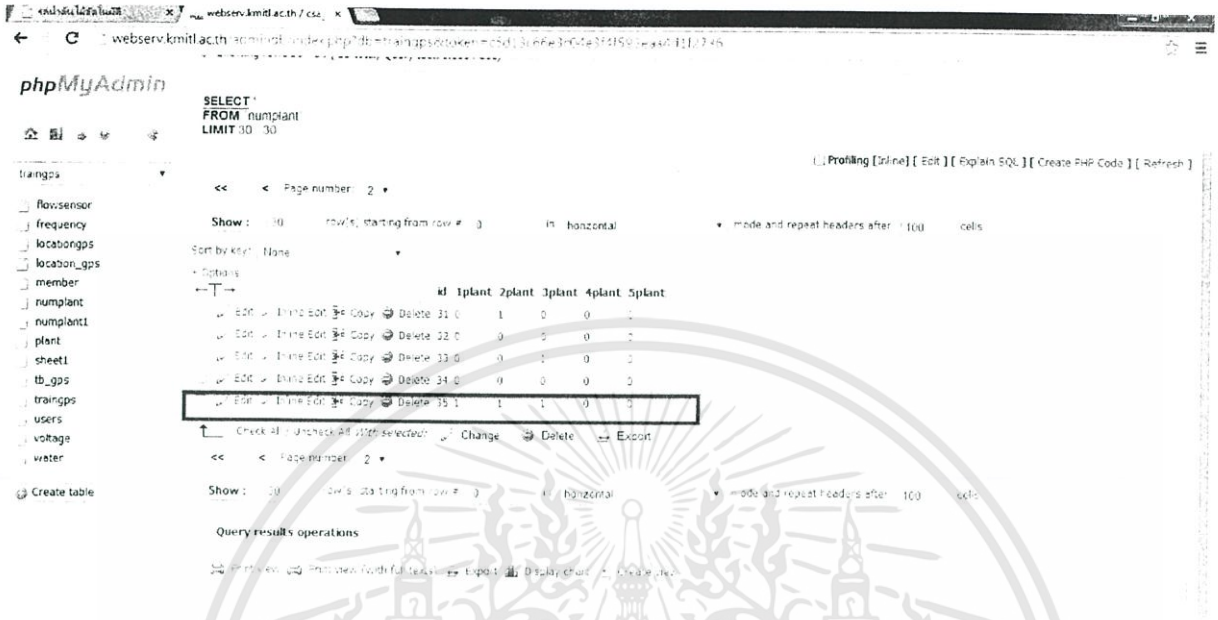
หลังจากกรอกข้อมูลเรียบร้อยและถูกต้อง เว็บเพจจะทำการเชื่อมโยงไปหน้าของการสั่งรดน้ำต้นไม้ ให้ผู้ใช้งานทำการเลือกว่าจะ “รดน้ำ” หรือ “ไม่รดน้ำ” ต้นไม้แต่ละต้น ในที่นี้จะทำการเลือกดังนี้ ต้นที่ 1 รดน้ำ, ต้นที่ 2 รดน้ำ, ต้นที่ 3 รดน้ำ, ต้นที่ 4 ไม่รดน้ำ และ ต้นที่ 5 ไม่รดน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 การเลือกรดน้ำต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกการรดน้ำต้นไม้เสร็จเรียบร้อยแล้วทำการกดปุ่ม “ส่งข้อมูล” ข้อมูลการสั่งรดน้ำต้นไม้แต่ละต้นจะถูกส่งไปเก็บยังฐานข้อมูลในตารางที่ชื่อว่า numplant แสดงได้ดังรูปที่ 4.19

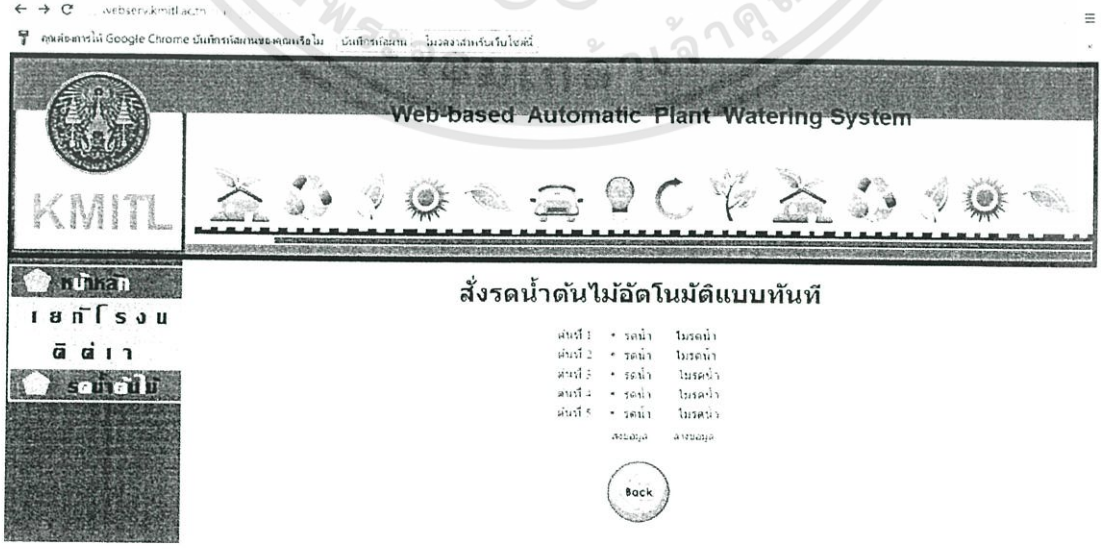


รูปที่ 4.19 ข้อมูลการสั่งรดน้ำต้นไม้แต่ละต้น

จากรูปที่ 4.19 จะพบว่าข้อมูลล่าสุดได้ถูกเก็บเข้าในฐานข้อมูลเรียบร้อยในแถวสุดท้าย โดยค่า “1” คือ “รดน้ำ” และ “0” คือ “ไม่รดน้ำ”

4.5 ผลการทดลองการหยุดรดน้ำด้วยข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความชื้น

ผู้จัดทำได้ทำการจำลองค่าเพื่อทดสอบระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ เมื่อถูกควบคุมด้วยเงื่อนไขของเซนเซอร์วัดความชื้น เริ่มต้นทดสอบโดยเลือกรดน้ำต้นไม้ทั้ง 5 ต้นบนหน้าเว็บบราวเซอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 การสั่งรดน้ำต้นไม้ทั้ง 5 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลสำหรับสั่งการรดน้ำต้นไม้จะถูกเก็บในฐานข้อมูลตาราง numplant แสดงได้ดังรูปที่ 4.21

รูปที่ 4.21 ข้อมูลการสั่งการรดน้ำต้นไม้

จากรูปที่ 4.21 พบว่า ต้นไม้ต้นที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าของข้อมูลที่ถูกเก็บในฐานข้อมูลเป็น “1” ทั้งหมด นั่นคือสั่งให้รดน้ำต้นไม้ทุกต้น ในการทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบวงจรรดน้ำต้นไม้วงจรเดียว ผลการสั่งการรดน้ำต้นไม้พบว่าน้ำไหล และสังเกตที่หลอด LED ของวงจรตรวจจับการไหลของน้ำพบว่าหลอด LED สว่าง ซึ่งแสดงว่าน้ำไหล แสดงได้ดังรูปที่ 4.22

รูปที่ 4.22 น้ำไหลหลอด LED สว่าง

จากนั้นทำการเพิ่มข้อมูลจำลองค่าความชื้นของดินลงในฐานข้อมูลตาราง voltage ซึ่งเก็บค่าความชื้นในดินของต้นไม้ทั้ง 5 ต้น ระบบจะทำการประมวลผลและเปรียบเทียบข้อมูลในตารางนี้ หากข้อมูลมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 (สภาพดินชื้นแล้วไม่เหมาะสมต่อการรดน้ำ) ให้ระบบทำการส่งค่า “0” ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในทางตรงข้ามถ้าหากข้อมูลมีค่าน้อยกว่า 1.5 (สภาพดินแห้งเหมาะแก่การรดน้ำ) ให้ระบบทำการส่งค่า “1” ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งรดน้ำต้นไม้ ในที่นี้ทำการเลือกค่าข้อมูลเป็น 2.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับต้นที่ 1, 2.44 สำหรับต้นที่ 2, 3.23 สำหรับต้นที่ 3, 4.57 สำหรับต้นที่ 4 และ 3.77 สำหรับต้นที่ 5 แสดงได้ดังรูปที่ 4.23

รูปที่ 4.23 การจำลองค่าความชื้นดินในตาราง voltage

จากรูปที่ 4.23 พบว่าค่าความชื้นดินของทุกต้นมีค่ามากกว่า 1.5 ระบบจะส่งค่า “0” ไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการไม่ให้รดน้ำ ผลคือน้ำไม่ไหล และสังเกตจากหลอด LED ของวงจรตรวจจับอัตราการไหลของน้ำพบว่าหลอด LED ดับ แสดงว่าน้ำไม่ไหล แสดงได้ดังรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.24 น้ำไม่ไหลหลอด LED ดับ

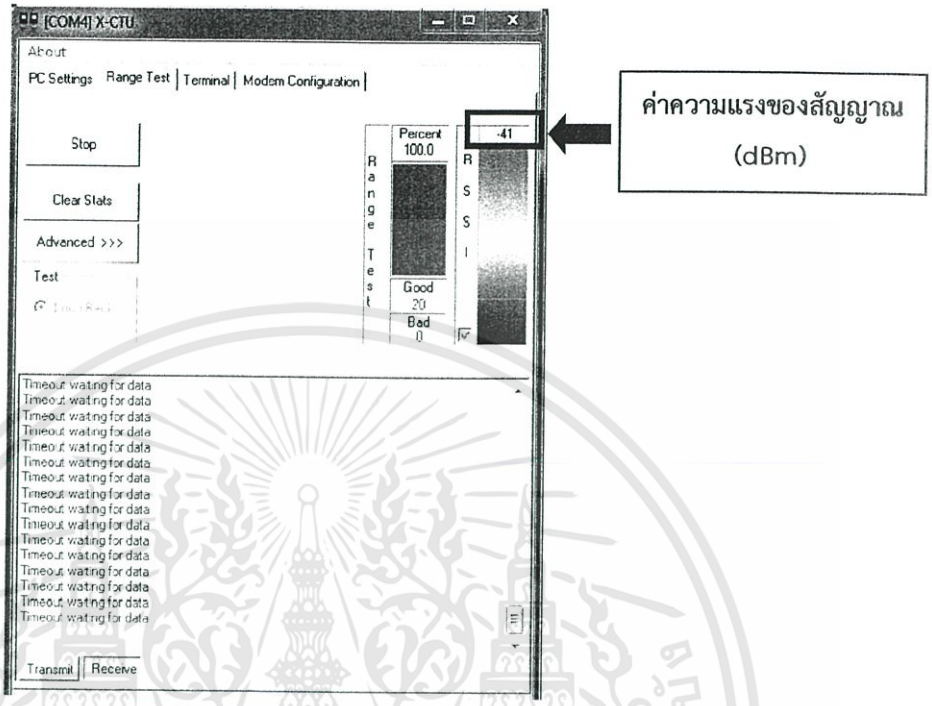
4.6 ผลการทดลองการส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สายซิกบี

4.6.1 การทดลองเพื่อทดสอบระยะทางในการรับส่งข้อมูลของ ZigBee

ในการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบระยะทางในการรับส่งข้อมูลของ ZigBee โดยการเพิ่มระยะทาง เปรียบเทียบกับกำลังที่ฝั่งรับได้รับในรูปแบบของค่า Received Signal Strength Indication โดยในการทดลองจะใช้คอมพิวเตอร์ต่อกับ ZigBee ให้ทำการอ่านค่า Received Signal Strength Indication ที่มีการเปลี่ยนแปลงผ่านโปรแกรม X-CTU แสดงได้ดังรูปที่ 4.25 โดยเปรียบเทียบระยะทางในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งข้อมูลที่ระยะต่างๆ ทั้งแบบ line of sight และแบบ non-line of sight ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.25 โปรแกรม X-CTU

ตารางที่ 4.3 ค่า Received Signal Strength Indication (dBm) ที่ระยะทางต่างๆ แบบ line of sight

ระยะทางในการส่งข้อมูล (m)	Received Signal Strength Indication (dBm)
5	-51
10	-56
15	-56
20	-57
25	-66
30	-68
35	-66
40	-65
45	-66
50	-68
55	-69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่า Received Signal Strength Indication (dBm) ที่ระยะทางต่างๆ แบบ line of sight

ระยะทางในการส่งข้อมูล (m)	Received Signal Strength Indication (dBm)
60	-71
65	-74
70	-75
75	-78
80	-78
85	-85
90	-85
95	-86
100	-87
105	-86
110	-90
115	-89
120	-90
125	-89
130	-89
135	-90
140	-88
145	-85
150	-86

ตารางที่ 4.4 ค่า Received Signal Strength Indication (dBm) ที่ระยะทางต่างๆ แบบ non-line of sight โดยที่จุดอ้างอิงอยู่ที่ หอพัก Whiteoak Apartment ชั้น 4

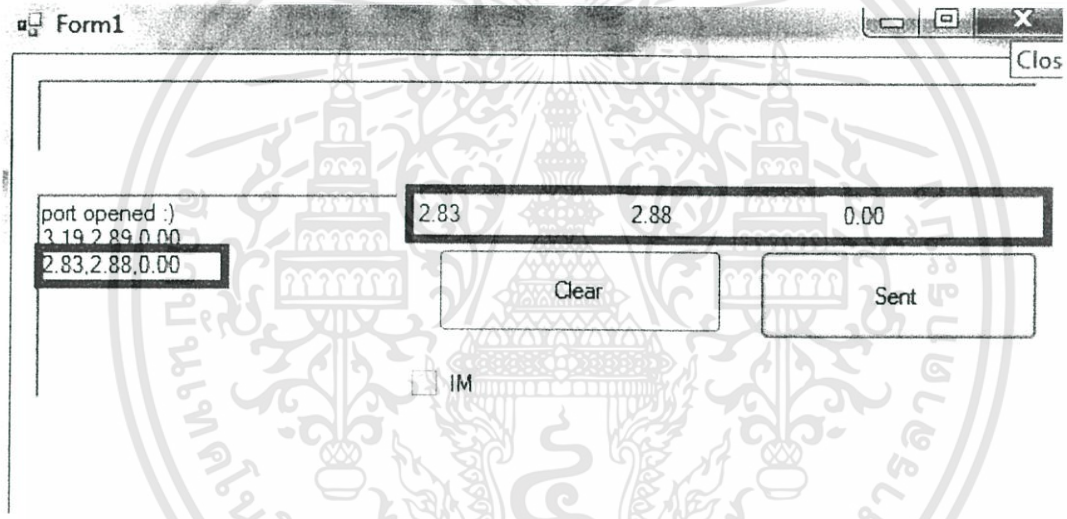
Transmitter ZigBee Position	Received Signal Strength Indication (dBm)
บันไดชั้น 3	-43
บันไดชั้น 2	-54
บันไดชั้น 1	-72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 การทดสอบการส่งข้อมูลความชื้นไปเก็บในฐานข้อมูล

ผู้จัดทำได้ทำการทดลองส่งข้อมูลค่าความชื้นจากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินไปเก็บในฐานข้อมูล โดยทำการส่งผ่านโมดูลซิกบี โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลข้อมูลค่าความชื้นแล้วส่งค่าความชื้นนั้นไปยัง ZigBee ภาคส่ง เพื่อส่งข้อมูลไร้สายไปยัง ZigBee ภาครับ ซึ่งได้ทำการตั้งค่าการเชื่อมต่อระหว่าง ZigBee ทั้งสองก่อน จึงจะทำการรับ-ส่งข้อมูลได้ โดยที่ ZigBee ภาครับตั้งค่าเป็น Coordinator ส่วนในภาคส่งตั้งค่าเป็น Router

จากการทดลองส่งข้อมูลค่าความชื้นจากเซนเซอร์วัดความชื้นทั้ง 3 ตัว ผ่าน ZigBee ไปยังฐานข้อมูล สามารถแสดงผ่านหน้าต่างแสดงผลที่ออกแบบไว้และสามารถตรวจสอบได้จากฐานข้อมูลจริง แสดงได้ดังรูปที่ 4.26 และ 4.27 ตามลำดับ



รูปที่ 4.26 ข้อมูลค่าความชื้นจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ชุด บนหน้าต่างแสดงผล

	id	volt1	volt2	volt3
Edit Inline Edit Copy Delete	816	2.83	2.88	0.00
Edit Inline Edit Copy Delete	815	3.19	2.89	0.00
Edit Inline Edit Copy Delete	814	2.37	2.85	0.00
Edit Inline Edit Copy Delete	813	2.32	2.84	0.00

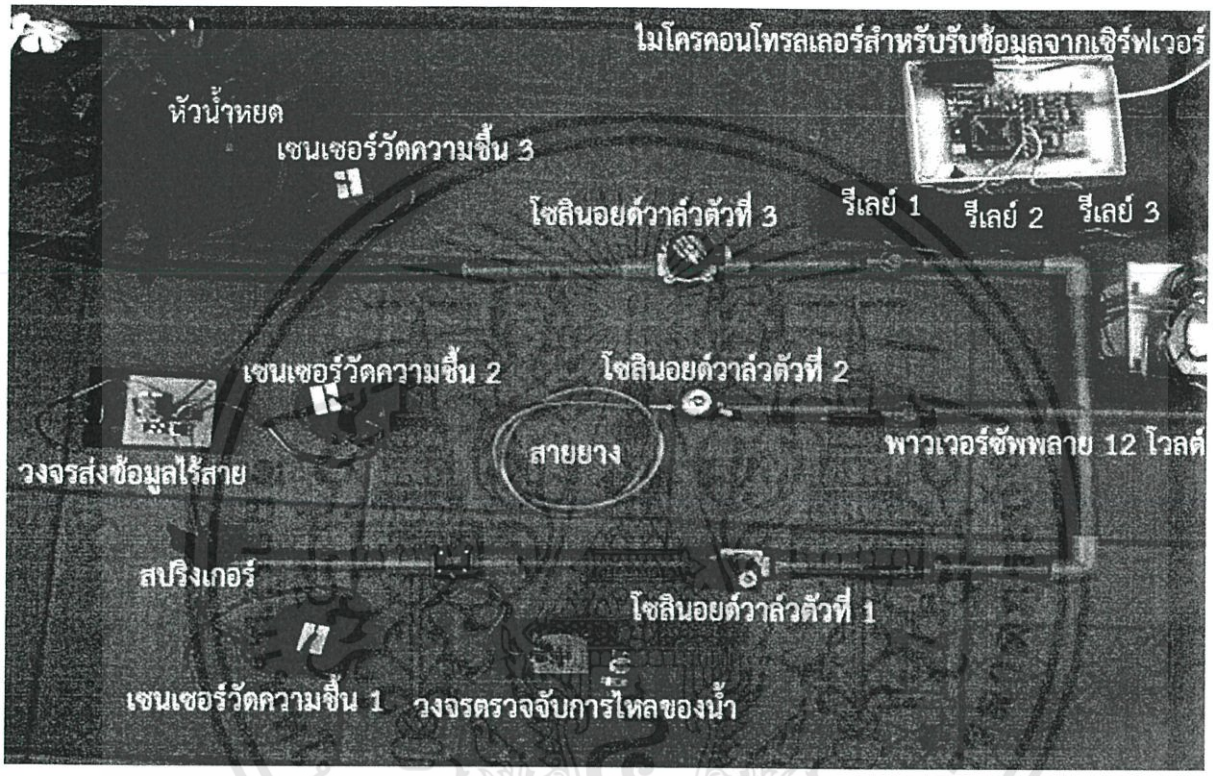
รูปที่ 4.27 ข้อมูลค่าความชื้นจากเซนเซอร์ทั้ง 3 ชุด บนฐานข้อมูล

จากรูปที่ 4.26 และ 4.27 แสดงข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก ZigBee ที่ถูกจัดเก็บเรียบร้อยในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ผลการทดสอบการทำงานรวมของระบบ

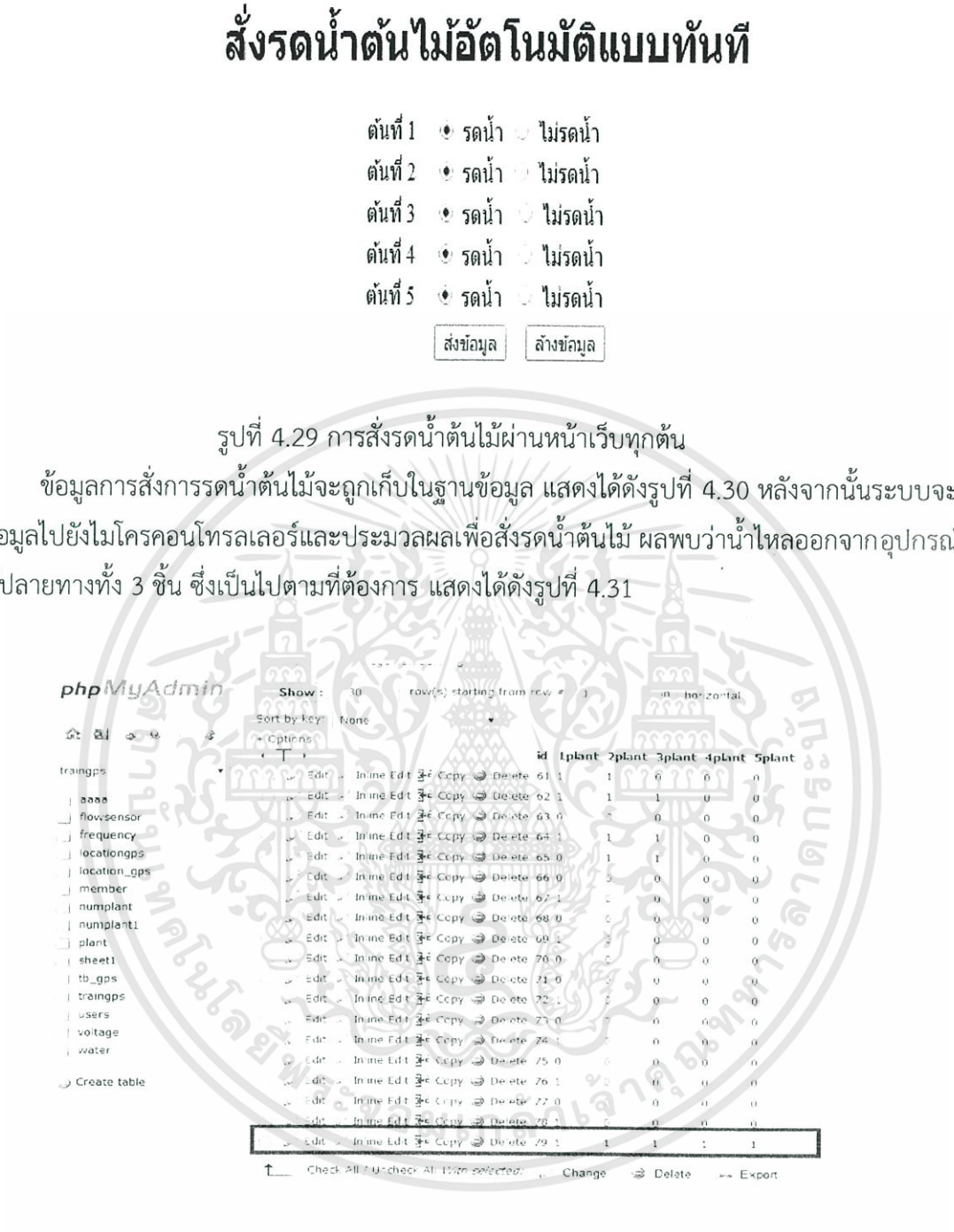
การทดสอบการทำงานรวมของระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติสั่งการผ่านเว็บบราวเซอร์ โดยวงจรทั้งหมดประกอบไปด้วยวงจรรีเลย์, วงจรตรวจจับการไหลของน้ำ, วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับรับข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์, พาวเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์, โซลินอยด์วาล์ว, เซนเซอร์วัดความชื้น, วงจรส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สาย และส่วนอุปกรณ์ปลายทางสำหรับรดน้ำต้นไม้ทั้ง 3 ต้น แสดงได้ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 วงจรรวมของระบบ

เริ่มจากการสั่งรดน้ำต้นไม้ผ่านหน้าเว็บเพจ โดยในที่นี้จะเลือกรดน้ำต้นไม้ทุกต้น แสดงได้ดังรูปที่ 4.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

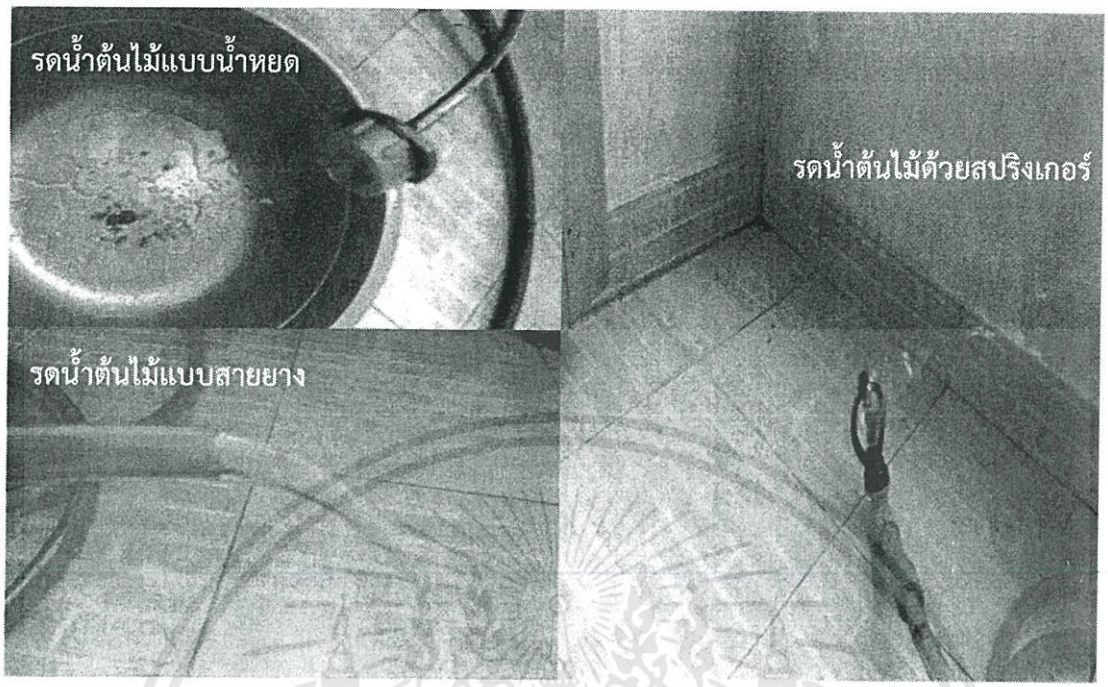


รูปที่ 4.29 การสั่งรดน้ำต้นไม้ผ่านหน้าเว็บทุกต้น

ข้อมูลการสั่งการรดน้ำต้นไม้จะถูกเก็บในฐานข้อมูล แสดงได้ดังรูปที่ 4.30 หลังจากนั้นระบบจะทำการส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์และประมวลผลเพื่อสั่งรดน้ำต้นไม้ ผลพบว่าน้ำไหลออกจากอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ปลายทางทั้ง 3 ชิ้น ซึ่งเป็นไปตามที่ต้องการ แสดงได้ดังรูปที่ 4.31

รูปที่ 4.30 ข้อมูลรดน้ำต้นไม้ทุกต้นหลังเก็บในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 ผลการสั่งการเปิดก๊อกน้ำจากเว็บบราวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จในการจัดทำระบบสั่งการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติผ่านเว็บบราวเซอร์ โดยสามารถสั่งการรดน้ำต้นไม้ 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบที่ 1 รดน้ำแบบสปริงเกอร์, แบบที่ 2 รดน้ำแบบสายยาง และแบบที่ 3 รดน้ำแบบหยด ซึ่งระบบจะทำการจ่ายน้ำไปยังต้นไม้แต่ละต้นตามคำสั่งของผู้ใช้จากหน้าเว็บบราวเซอร์ และมีวงจรตรวจจับการไหลของน้ำเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการจ่ายน้ำในกรณีที่โซลินอยด์วาล์วไม่ทำงานหรือน้ำไม่ไหล นอกจากนี้ค่าความชื้นของต้นไม้แต่ละต้นจะถูกส่งผ่านโมดูลไร้สายไปจัดเก็บในฐานข้อมูลเพื่อประมวลผลสั่งการรดน้ำต้นไม้ตามระดับค่าความชื้นในดินอีกทางหนึ่งด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เมื่อเซนเซอร์วัดความชื้นได้รับผลกระทบจากแสงแดดและฝน อาจทำให้เซนเซอร์วัดความชื้นเกิดความเสียหายและเกิดความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าแรงดันได้ ควรมีการออกแบบเซนเซอร์วัดความชื้นให้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมให้มากกว่านี้

2. เมื่อใช้แบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นานไป ไฟที่ใช้ในการจ่ายจะลดลงไป จึงต้องมีการเปลี่ยนแบตเตอรี่อยู่เป็นประจำ

3. โซลินอยด์วาล์วที่ใช้ในระบบต้องการไฟเลี้ยง 12 VDC และกินกระแสไฟที่สูงมาก จึงจำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟที่สามารถขับกระแสให้เพียงพอต่อความต้องการของโซลินอยด์วาล์ว

4. เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบต้องการไฟเลี้ยงที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการออกแบบแหล่งจ่ายไฟให้ครอบคลุมช่วงไฟเลี้ยงที่ต้องการให้ครบถ้วน และควรใช้แหล่งจ่ายไฟที่เหมาะสมมากกว่าเพาเวอร์ซัพพลาย เนื่องจากพาวเวอร์ซัพพลายมีขนาดใหญ่มากเกินไป

5. แรงดันไฟที่ออกมาจากขา RA2 ของ PIC16F688 ภายในวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่เพียงพอต่อการทำงานของรีเลย์ จึงได้ใช้วงจรเพิ่มแรงดันเพื่อให้รีเลย์สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] เดชฤทธิ์ มณีธรรม. "การศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์."
http://www.duinothumb.com/articles/intromicrocontroller. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ.2556]

[2] สำเริง เต็มราม. "การศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์." http://embedded-lab.com/blog/?p=379. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ.2556]

[3] สันติ อิ่มใจจิตต์. "ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์."
http://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=uten-microcontroller&month=02-2012&date=11&group=7&gblog=1. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ.2556]

[4] นายปรัชญา ศิริภูรี. "บทที่ 2 โครงสร้างของภาษา C."
http://itd.htc.ac.th/st_it50/it5016/nidz/index.html. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ.2556]

[5] บ้านอิเล็กทรอนิกส์. "รีเลย์คืออะไร." http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=28. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ.2556]

[6] KMITL. "โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid)."
http://webserv.kmitl.ac.th/s1010958/web/php/Solenoidvalves.php. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ.2556]

[7] Articles. "โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid)."
http://www.engineerfriend.com/2012/articles/solenoid-valves/. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ.2556]

[8] SeeedStudio Bazaar. "Grove - Moisture Sensor."
http://www.electronshik.ru/pdf/pdf/s/sen92355p.pdf. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ.2556]

[9] ThaiEasyElec. "UART / TTL / RS232 / MAX232 / MAX3232 คืออะไร."
http://www.thaieasyelec.com/electronics-in-chapter/UART-TTL-RS232-MAX232-MAX3232.html. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ.2556]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] ThaiEasyElec. "Zigbee คืออะไร." http://www.thaieasyelec.com/electronics-in-chapter/what-is-zigbee.html. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2557]

[11] ThaiEasyElec. *"การใช้งาน CCSC ผ่าน MPLAB เบื้องต้น."* http://www.thaieasyelec.com/basic-electronics/how-to-use-ccs-mplab.html. [สืบค้นข้อมูลวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ.2556]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้