การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดินบริเวณน้ำท่วมถึง

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN EARTH LEAKAGE WARNING SYSTEM FOR FLOODED AREA

โดย

นายเจษฎาวุธ ดอเลาะ

นายปฏิภาณ พนิตภราดร

นายอติวิชญ์ ประชุมทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดินบริเวณน้ำท่วมถึง

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN EARTH LEAKAGE WARNING SYSTEM FOR FLOODED AREA

โดย

นาย เจษฎาวุธ ดอเลาะ

นาย ปฏิภาณ พนิตภราดร

นาย อติวิชญ์ ประชุมทอง

b.00266049

i.

TB00235

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN EARTH LEAKAGE WARNING SYSTEM FOR FLOODED AREA

JASSADAWUT DOLOH

PATIPAN PANITPARADORN

ATIVIT PRACHUMTHONG

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2560

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดิน บริเวณน้ำท่วมถึง

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN EARTH LEAKAGE WARNING SYSTEM FOR FLOODED AREA

โดย

นาย เจษฎาวุธ ดอเลาะ

นาย ปฏิภาณ พนิตภราดร

นาย อติวิชญ์ ประชุมทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดิน บริเวณน้ำท่วมถึง

ผู้จัดทำ

1. นาย เจษฎาวุธ ดอเลาะ
2. นาย ปฏิภาณ พนิตภราดร
3. นาย อติวิชญ์ ประชุมทอง

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดินบริเวณน้ำท่วมถึง

นาย เจษฎาวุธ ดอเลาะ

นาย ปฏิภาณ พนิตภราดร

นาย อติวิชญ์ ประชุมทอง

ผศ.ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและการประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนในการสร้างระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดินบริเวณน้ำท่วมถึง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงความสามารถของการใช้ระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดินให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถใช้ในพื้นที่วงกว้างได้โดยประยุกต์เทคนิคนี่เข้ากับอุปกรณ์ที่ลอยน้ำได้เช่น เรือบังคับที่ติดเซนเซอร์วัดไฟฟ้ารั่วไหลและระบบสนับสนุนความจริงเสมือนทำให้สามารถวัดไฟฟ้ารั่วไหลบริเวณผิวของน้ำได้ในบริเวณกว้างโครงงานนี้เริ่มต้นพัฒนาโดยการออกแบบระยะของโพรบเซนเซอร์ที่เหมาะสมและใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนเข้ามาเพื่อให้สามารถแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์โดยการทำให้ข้อมูลแสดงผลแบบเรียลไทม์ได้นั้นทำโดยการส่งข้อมูลที่วัดได้จากเซนเซอร์ไปยังแหล่งเก็บข้อมูลคลาวน์โดยผ่านโมดูลสื่อสารไร้สายจากนั้นทำการสร้างแอนดรอยด์แอปพลิเคชันเพื่อแสดงผลทางหน้าจอสมาร์ทโฟน การพัฒนานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความปลอดภัยและป้องกันเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์เช่นการบาดเจ็บและการสูญเสียชีวิตที่เกิดจากการไฟฟ้าดูดในช่วงน้ำท่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN EARTH LEAKAGE WARNING SYSTEM FOR FLOODED AREA

Mr.Jassadawut Doloh

Mr.Patipan Panitparadorn

Mr.Ativit Prachumthong

Assistant.Prof.Dr.Nirudh Jirasuwankul

ABSTRACT

This project proposes the design and application of Augmented Reality (AR) to embed into an earth leakage warning system for flooded area. The project aims to improve an ability of conventional earth leakage warning system having more usable and extensible in wide area. When applied the technique with a floating drone, i.e., controllable boat implemented with the earth leakage sensor and AR's marker, it is possible to measure step voltage over water surface in wide area and perspective view can be made. This project starts the development by design a fixed probe and manually movable with AR. To make real-time data measurement, the earth leakage detects and transmits the measured value via a Wi-Fi module to cloud database and finally to android application with AR on smart phone. This particular development aims to create a safer environment and ultimately prevent unfortunate incidents such as injuries and loss of lives caused by electrocution during a flood

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยจากหลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำเสนอแนะแนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอดจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคุณปุณยวีร์ ฉายศิริ ที่ได้กรุณาให้ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์มาด้วยดีตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการโครงงานที่คอยช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์และการแก้ไขปัญหาด้วยดีมาโดยตลอด

นอกจากนั้นผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ คุณนครศักดิ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้เบิกใช้เครื่องมือ ตลอดจนคุณกมลวรรณเจ้าหน้าที่ห้องธุรการที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกใบเสร็จของโครงงาน

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจจนทำให้โครงงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน	3
1.5 แผนการดำเนินโครงงาน	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้ารั่วไหล (Earth Leakage)	5
2.1.1 มาตรฐานไฟฟ้ารั่ว	6
2.1.2 Step Voltage	7
2.1.3 Touch Voltage	8
2.1.4 ความนำไฟฟ้าของน้ำ	9
2.1.5 กฎของโอห์ม	10
2.2 วงจรเรียงกระแส (Rectifier circuit)	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การทำงานวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ 11
2.3 Zener Diode 14
2.3.1 การทำงานของซีเนอร์ไดโอด 15
2.3.2 การพังทลายของซีเนอร์ไดโอด 15
2.3.3 การใช้งานซีเนอร์ไดโอด 16
2.3.4 วงจรคลิปเปอร์ (Clipper Circuit) 16
2.4 Particle Photon 20
2.5 Internet of Things (IoT) 20
2.5.1 การแบ่งกลุ่ม Internet of Things 21
2.6 ระบบปฏิบัติการ Android 22
2.6.1 ประวัติความเป็นมา 22
2.6.2 ประเภทของชุดซอฟต์แวร์ 23
2.6.3 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Architecture) 23
2.6.4 องค์ประกอบของแอนดรอยด์แอพพลิเคชัน 26
2.6.5 Activity Life Cycle 27
2.7 Android SDK 29
2.8 ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality) 29
2.9 Vuforia 32
2.9.1 Vuforia Target Manager 32
2.9.2 Image Targets 33
2.10 Unity 33
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างอุปกรณ์ 36
3.1 การทดลองศึกษาระยะโพรบเซ็นเซอร์ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การหาความต้านทานน้ำ 36
3.1.2 การทดลองหาการกระจายแรงดันเมื่อมีไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำท่วม 37
3.2 การออกแบบวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ 42
3.3 การส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลคลาวด์ 43
3.4 การเขียนแอปพลิเคชัน AR 45
3.4.1 สร้าง Image Targets 45
3.4.2 เขียนแอปพลิเคชัน AR บนโปรแกรม Unity 45
บทที่ 4 ผลการทดลองและผลจำลองทางคอมพิวเตอร์ 53
4.1 บทนำ 53
4.2 ผลการทดลองจากการใช้วงจรตรวจวัดเมื่อมีไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำเพื่อเปรียบแรงดันขาเข้าและออก 53
จากวงจร
4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ 56
4.3.1 ขนาดแหล่งจ่ายไฟที่เกิดการรั่วไหลลงสู่น้ำ 56
4.3.2 ความต้านทานของน้ำ 58
4.3.3 ความลึกของน้ำ 59
4.4 การประมาณหาระยะทางจากจุดที่เกิดไฟฟ้ารั่วไหล 61
4.5 การทดสอบแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) 63
บทที่ 5 บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา 66
5.1 บทสรุป 66
5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ 66
5.3 แนวทางการพัฒนา 67
เอกสารอ้างอิง 68
ภาคผนวก ก 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 76

ประวัติผู้เขียน 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กราฟของกระแสไฟฟ้าและเวลาที่มีผลต่อร่างกาย	6
2.2 ศักย์ไฟฟ้าแบบก้าว (Step Voltage)	8
2.3 ศักย์ไฟฟ้าสัมผัส (Touch Voltage)	9
2.4 กราฟความต้านทานของน้ำกับอุณหภูมิ	9
2.5 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	11
2.6 การทำงานครึ่งคลื่นบวกของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	12
2.7 การทำงานครึ่งคลื่นลบของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	12
2.8 การเปรียบเทียบแรงดันที่ป้อนเข้าและออกจากวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	13
2.9 กราฟแรงดันขาออกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ	13
2.10 โครงสร้างซีเนอร์ไดโอด	14
2.11 สัญลักษณ์ซีเนอร์ไดโอด	14
2.12 กราฟลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของซีเนอร์ไดโอด	15
2.13 กราฟคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแรงดันและกระแส	16
2.14 วงจรตัดยอดระดับสัญญาณแบบอนุกรม	17
2.15 รูปสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของวงจรตัดยอดแบบอนุกรม	18
2.16 วงจรตัดยอดระดับสัญญาณแบบขนาน	18
2.17 รูปสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของวงจรตัดยอดแบบขนาน	19
2.18 วงจรคลิปเปอร์ตัดสัญญาณ 2 ด้านแบบใช้ซีเนอร์ไดโอด	19
2.19 รูปสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของวงจรตัดยอดสัญญาณ 2 ช่วง	19
2.20 Particle Photon	20
2.21 Network Layer ของ Internet of Things	21
2.22 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	24
2.23 Activity Life Circle ของ Android	28
2.24 ตัวอย่างการใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน	30
2.25 หลักการของระบบสนับสนุนความจริงเสมือน	31
2.26 Vuforia	32
2.27 Unity	33
2.28 โปรแกรม Unity	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การวัดความต้านทานน้ำประปา 36
3.2 การวัดความต้านทานน้ำขุ่น 37
3.3 กรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ห่างกัน 38
3.4 กรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ชิดกัน 40
3.5 Circuit Diagram 42
3.6 Circuit Diagram with Photon 43
3.7 วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ 44
3.8 โค้ดในการส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์ 44
3.9 การสร้าง Image Targets 45
3.10 Import vuforia to unity project 46
3.11 Import Image Targets 46
3.12 สร้าง Object บน Unity 47
3.13 Script Text 47
3.14 Unity Project 52
3.15 Build Application 52
4.1 แรงดันไฟฟ้าที่รั่วไหลในน้ำ ที่ระยะ 2.5 cm 54
4.2 แรงดันไฟฟ้าที่รั่วไหลในน้ำ ที่ระยะ 7.5 cm 55
4.3 แรงดันไฟฟ้าที่รั่วไหลในน้ำ ที่ระยะ 17.5 cm 55
4.4 กราฟเปรียบเทียบแรงดันอินพุทและแรงดันเอาท์พุทที่ออกจากวงจร 56
4.5 กราฟเปรียบเทียบแรงดันรั่วไหลในน้ำเมื่อแหล่งจ่ายมีขนาดต่างกัน 58
4.6 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าในน้ำขุ่นและน้ำใส 59
4.7 กราฟเปรียบเทียบเมื่อวัดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำในบริเวณที่มีระดับความลึกมีความต่างกัน 61
4.8 กราฟประมาณระยะทาง 62
4.9 Marker 63
4.10 การทดสอบแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน 63
4.11 การทดสอบแอปพลิเคชันAR 64
4.12 การทดสอบแอปพลิเคชันAR 64
4.13 การทดสอบแอปพลิเคชันAR 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	4
2.1 ขอบเขตของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อร่างกาย (ที่ย่านความถี่ 15 Hz ถึง 100 Hz สำหรับกระแสไหลผ่านจากมือถึงเท้า)	6
2.2 ความต้านทานและความนำไฟฟ้าของน้ำที่ต่างชนิดกัน	10
3.1 ผลการทดลองกรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ห่างกัน	38
3.2 ผลการทดลองกรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ชิดกัน	40
4.1 การการทดลองเปรียบแรงดันขาเข้าและแรงดันที่ออกจากวงจร	53
4.2 การทดลองขนาดแหล่งจ่ายไฟที่มีผลต่อขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ	57
4.3 การทดลองความต้านของน้ำที่มีผลต่อขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลที่เกิดขึ้นในน้ำ	58
4.4 การทดลองระดับน้ำที่มีผลต่อขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลที่เกิดขึ้นในน้ำ	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในอดีตประเทศได้ประสบเหตุการณ์อุทกภัยหลายครั้งในแต่ละภูมิภาคซึ่งเกิดจากสาเหตุพายุและมรสุมต่างๆส่งผลให้มีฝนตกหนักเป็นสาเหตุให้เกิดน้ำท่วมขังตามบริเวณพื้นที่ต่างๆ ไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน มีผู้ได้รับความเดือดร้อนจากอุทุกภัยมากมาย ทั้งการเดินทาง อาหาร ที่อยู่อาศัย และการเกิดน้ำท่วมขังนั้นยังส่งผลให้เกิดอันตรายจากการอพยพของสัตว์ต่างๆ เช่น งู เข้ามาอาศัยภายในบริเวณบ้านเรือน และอีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญทำให้มีผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุทกภัย คือ ไฟฟ้าดูด เนื่องจากมีไฟฟ้ารั่วในน้ำ ซึ่งเป็นภัยที่เราไม่สามารถรู้ตัวได้ทันทั้งการถูกไฟฟ้าดูดระหว่างเส้นทางการเดินทางและโดยเฉพาะอย่างยิ่งไฟฟ้าที่ดูดภายในบ้านของตัวเองซึ่งผู้ประสบภัยทุกคนควรตะหนักถึงอันตรายนี้ และควรป้องกันไว้ ซึ่งการป้องกันไฟฟ้าดูดที่ดีที่สุดก็คือ ไม่เข้าไปอยู่ในบริเวณที่ไฟฟ้ารั่วในน้ำนั่นเอง แม้ว่าไฟฟ้าดูดจะทำอันตรายรุนแรงตั้งแต่ 10 มิลลิแอมแปร์แต่กระแสขนาดต่ำกว่านี้อาจทำให้ผู้สัมผัสอ่อนแรงลงจนก้าวขาแทบไม่ได้เมื่อถูกไฟฟ้าดูดเป็นเวลานานในขณะที่กระแสไฟฟ้าขนาดเพียงนี้ผู้ถูกไฟฟ้าดูดอาจไม่รู้เลยว่าตนเองถูกไฟฟ้าดูดอยู่เพราะการสัมผัสน้ำตลอดเวลาอาจจะทำให้ประสาทสัมผัสเคยชินกับการกระตุ้นของกระแสไฟฟ้าโดยรัศมีของขนาดกระแสไฟฟ้ารั่วไม่สามารถกำหนดแน่นอนเพราะขึ้นกับคุณสมบัติของน้ำ ซึ่งวิธีป้องกันเบื้องต้นไม่ให้เกิดไฟฟ้ารั่วในบ้านที่ถูกน้ำท่วมคือ ตัดไฟฟ้าทุกส่วนที่สัมผัสกับน้ำท่วม ซึ่งการที่ทราบได้นั้นว่าบริเวณใดมีไฟฟ้ารั่วบ้างนั้นโดยที่ไม่เอาตัวเองเข้าไปเสี่ยงถูกไฟฟ้าดูดเพราะเรามองไม่เห็นกระแสไฟฟ้า และ อุปกรณ์ตรวจไฟฟ้ารั่ว เช่น ไขควงตรวจไฟฟ้าโดยทั่วไปไม่ได้ออกแบบไม่ให้มีการตรวจไฟฟ้าในน้ำรวมทั้งรัศมีการตรวจสอบยังต่ำอีกด้วย ดังนั้นจึงได้มีคิดค้นและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วในน้ำ ที่สามารถจะทราบได้ว่าบริเวณใดมีไฟฟ้ารั่วและไม่ควรเข้าใกล้สามารถวัดกระแสไฟฟ้าในน้ำท่วมที่กระแสขนาดต่างๆ รวมทั้งระบุพิกัดเพื่อการเตือนระยะไกลให้ระวังไฟฟ้าดูดและการเตือนระยะอันตรายที่ไม่ควรเข้าใกล้

เนื่องจากเทคโนโลยีต่างๆในปัจจุบันก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน AR เป็นเทคโนโลยีหนึ่งบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนที่มีความทันสมัย มีการใช้งานได้ง่ายสะดวกสบาย จึงได้มีการประยุกต์เข้ากับวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วในน้ำเข้ากับระบบสนับสนุนความจริงเสมือน AR ซึ่งทำให้สามารถทราบขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วในน้ำผ่านอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่องผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนซึ่งจะสามารถทราบได้ทันทีว่าบริเวณน้ำท่วมนั้นมีไฟฟ้ารั่วหรือไม่ ถ้ามีจะมีขนาดเท่าใดเป็นอันตรายหรือไม่ ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน AR ตรวจจับไฟฟ้ารั่วในบริเวณน้ำท่วม จึงมีประโยชน์อย่างมากในกรณีที่เกิดน้ำท่วมเพื่อที่จะป้องกันอันตรายไฟฟ้ารั่วในน้ำซึ่งอาจจะส่งผลให้ได้รับบาดเจ็บและอาจถึงชีวิตจากไฟฟ้าดูด โดยจะสามารถทราบได้ทันทีว่าบริเวณที่เกิดน้ำท่วมจุดใดๆมีไฟฟ้ารั่วหรือไม่โดยที่ตนเองมีความปลอดภัย ดังนั้นในอนาคตหากเกิดอุทกภัยทำให้เกิดน้ำท่วมขังซึ่งอาจทำให้เกิดไฟฟ้ารั่ว เราสามารถใช้ประโยชน์จากระบบความจริงเสมือน AR ตรวจจับไฟฟ้ารั่วในบริเวณน้ำท่วม เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูดในบริเวณน้ำท่วมขัง ซึ่งจะสามารถลดจำนวนผู้เสียชีวิตและได้รับบาดเจ็บจากการถูกไฟฟ้าดูดเนื่องจากอุทกภัยได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ
2. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augment Reality)
3. เพื่อออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในพื้นที่น้ำท่วมถึง
4. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมระบบสนับสนุนความจริงเสมือน

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

1. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วในพื้นที่น้ำท่วมถึง
2. ออกแบบและสร้างระบบตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลโดยแสดงผลผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟนโดยใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality)
3. ผลจากเครื่องตรวจจับไฟฟ้ารั่วจะแสดงค่าแรงดันที่วัดได้
4. ออบแบบความยาวของ Probe Sensor ที่ลึกลงไปจากผิวน้ำเพื่อวัดไฟฟ้ารั่วในน้ำไม่เกิน 5 ซม. เนื่องจากเมื่อเกิดการรั่วไหลไฟฟ้าในน้ำ กระแสไฟฟ้าที่ผิวน้ำจะมีปริมาณมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน

1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับไฟฟ้ารั่วไหลลงดินและมาตรฐานไฟฟ้ารั่วและศึกษาวงจรที่ใช้ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในพื้นที่น้ำท่วมถึง
2. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augment Reality) และการเขียนโปรแกรมลงในสมาร์ทโฟน
3. ออกแบบและสร้างวงจรที่ใช้ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในพื้นที่น้ำท่วมถึง
4. ทดสอบวงจรที่ใช้ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในพื้นที่น้ำท่วมถึง
5. เขียนโปรแกรมระบบสนับสนุนความจริงเสมือนที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในพื้นที่น้ำท่วมถึง
6. ทดสอบระบบสนับสนุนความจริงเสมือนบนสมาร์ทโฟน
7. บันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้เพื่อนำไปปรับปรุงอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในพื้นที่น้ำท่วมถึง
8. สรุปผลการทดลอง
9. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน							
	ภาคเรียนที่ 1					ภาคเรียนที่ 2		
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาข้อมูลเรื่องไฟฟ้ารั่วไหล								
2.ศึกษาข้อมูลเรื่องระบบสนับสนุนความจริงเสมือน								
3.ออกแบบวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วในน้ำ								
4.ทดลองและปรับปรุงวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วในน้ำ								
5.เขียนโปรแกรมระบบสนับสนุนความจริงเสมือน								
6.ทดลองระบบสนับสนุนความจริงเสมือนบนสมาร์ทโฟน								
7.สรุปผลการทดลองและปรับปรุงระบบสนับสนุนความจริงเสมือน								
8.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์								

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน

1. สร้างอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำที่มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม
2. สร้างอุปกรณ์ตรวจจับและแจ้งเตือนไฟฟ้ารั่วด้วยเทคนิคใหม่ผ่านเทคโนโลยี AR ร่วมกับ Smart Phone
3. สามารถพัฒนาต่อยอดทักษะการเขียนโปรแกรมสำหรับการสร้างระบบสนับสนุนความจริงเสมือน(Augment Reality)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้ารั่วไหล (Earth Leakage)

กระแสไฟฟ้ารั่ว หรือไฟรั่ว หมายถึง การที่กระแสไฟฟ้าได้รั่วไหลจากวงจรไฟฟ้าไปที่ผิวของสายไฟฟ้า หรือโครง (ผิว หรือโครงที่เป็นโลหะเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า) ของอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือรั่วไปที่ผิวของโครง หรือผนังของจุดติดตั้งระบบ ไฟฟ้า เช่น เสาโลหะโคมไฟส่องสว่าง เสาโลหะกล้อง CCTV เป็นต้น ทำให้จุดเหล่านั้นมีกระแสไฟฟ้า หรือแรงดันไฟฟ้า ซึ่งถ้าคนไปสัมผัสอาจทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

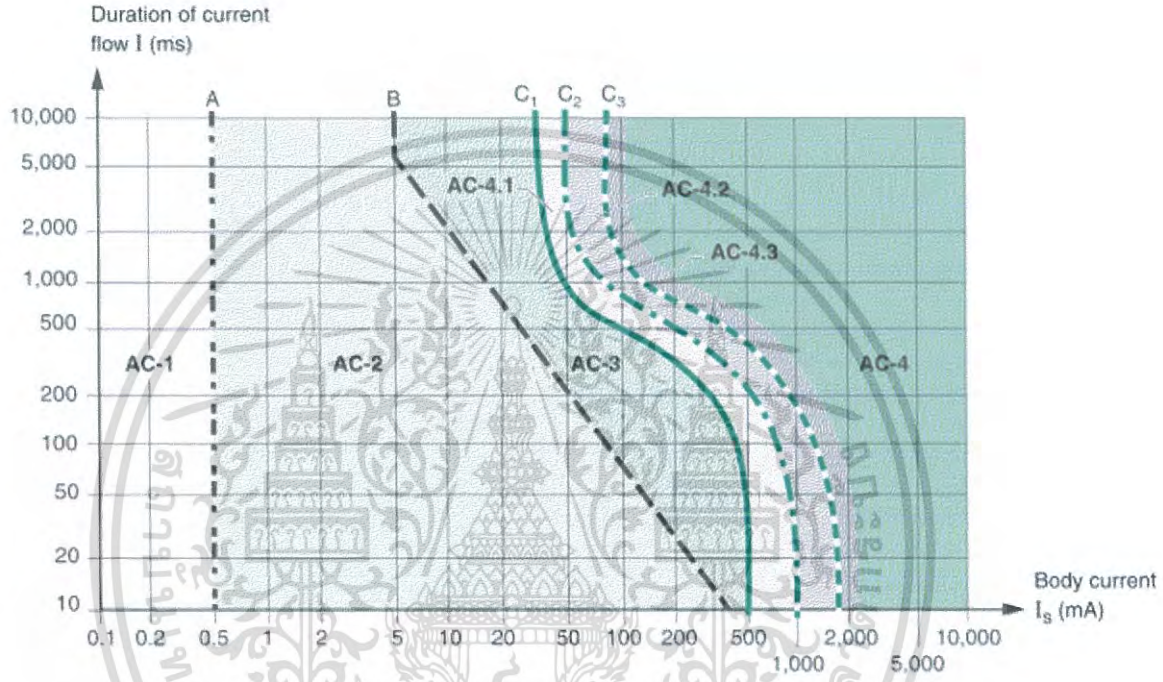
กระแสไฟฟ้ารั่วเกิดได้หลายสาเหตุ เริ่มตั้งแต่การติดตั้งเดินสายไฟที่ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน การขาดการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า การใช้งานที่ไม่ถูกต้อง ตลอดไปจนถึงการเสื่อมสภาพของฉนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้มาเป็นเวลานาน เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการที่ฉนวนที่ใช้ห่อหุ้ม ใช้พัน หรือใช้คั่นส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้า เกิดชำรุด หรือเสื่อมสภาพ ทำให้ตัวนำ หรือจุดเหล่านั้นมีแรงดันไฟฟ้า แล้วไปสัมผัสกับโครงโลหะของอุปกรณ์ไฟฟ้าจึงเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วขึ้น

อันตรายจากการถูกไฟฟ้าดูดความเป็นอันตรายของกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับ ปริมาณของกระแสไฟฟ้าและระยะเวลาที่ถูกไฟดูด ความรุนแรงของไฟดูดนั้นถึงขั้นเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ถึงแม้มีกระแสไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยก็อาจจะสามารถส่งผลกระทบต่อร่างกายคนเราได้อย่างมาก เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเป็นปริมาณไฟฟ้าที่ไหลต่อวินาที มีปริมาณวัดเป็นหน่วยแอมแปร์ กระแสที่ไหลผ่านร่างกายจะส่งผลกระทบหลายอย่าง ผลกระทบจากไฟฟ้าช็อตส่วนใหญ่จะส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ของเนื้อเยื่อและการกระตุ้นของกล้ามเนื้อและระบบประสาท ซึ่งการกระตุ้นของกล้ามเนื้อและระบบประสาทนั้นจะส่งผลให้กล้ามเนื้อได้รับความเจ็บปวดและฟื้นตัวช้าและยังส่งผลต่อระบบหัวใจ ยิ่งถ้ากระแสมากขึ้นก็จะทำให้กล้ามเนื้อหัวใจหยุดเต้นได้ นอกจากนี้ความต้านทานผิวหนังก็สามารถช่วยป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

ร่างกายของคนเราจะมีค่าความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าโดยประมาณ 99% ความต้านทานของคนเราจะอยู่ที่ผิวหนัง โดยมือที่แห้งจะมีความต้านทานประมาณ 100000 โอห์ม เนื่องจากมีชั้นด้านนอกที่หนาของเซลล์ที่ตายแล้ว โดยความต้านทานภายในร่างกายจะมีประมาณ 300 โอห์ม แต่ถ้าผิวหนังมีความชื้นความต้านของผิวหนังก็จะลดลง นอกจากนี้กรณีที่ได้รับแรงดันไฟฟ้าสูง เกิดบาดแผลที่ผิวหนังและร่างกายอยู่ในน้ำ ความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวหนังจะไม่มีผลต่อการได้รับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ดูด ผิวหนังจะเป็นตัวเก็บประจุให้กระแสไฟฟ้าไหลได้รวดเร็วและมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 มาตรฐานไฟฟ้ารั่ว ความเป็นอันตรายของกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับ ปริมาณของกระแสไฟฟ้าและระยะเวลาที่ถูกไฟดูด ความรุนแรงของไฟดูดนั้นถึงขั้นเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ โดยผลของกระแสไฟฟ้าสลับที่มีต่อมนุษย์ ตามมาตรฐาน IEC 60479-1 ที่ย่านความถี่ 15 Hz ถึง 100 Hz สำหรับกระแสไหลผ่านจากมือ ถึงเท้า



รูปที่ 2.1 กราฟของกระแสไฟฟ้าและเวลาที่มีผลต่อร่างกาย

ตารางที่ 2.1 ขอบเขตของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อร่างกาย (ที่ย่านความถี่ 15 Hz ถึง 100 Hz สำหรับกระแสไหลผ่านจากมือถึงเท้า)

โซน	ขอบเขต	ผลของกระแสต่อร่างกาย
AC-1	กระแส 0.1 mA จนถึง 0.5 mA (เส้นกราฟ a)	อาจจะรับรู้ได้และไม่มีผลต่อร่างกาย
AC-2	กระแส 0.5 mA ไปจนถึง เส้นกราฟ b	รับรู้ได้และกล้ามเนื้อมีการหดตัว แต่ ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต
AC-3	เส้นกราฟ b ไปจนถึง เส้นกราฟ c1	กล้ามเนื้อมีการหดตัวอย่างรุนแรง ระบบการหายใจลำบาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		มีผลต่อ การทำงานของหัวใจ เช่น หัวใจเริ่ม เต้นผิดปกติ
AC-4	จากเส้นกราฟ c1 เป็นต้นไป	เป็นอันตรายต่อระบบการหายใจ ระบบหัวใจและเกิดแผลไหม้ หรือเซลล์ถูกทำลาย ความรุนแรงจะ เพิ่มขึ้นตามปริมาณกระแสและระยะเวลาที่มากขึ้น อันตรายถึงขั้น เสียชีวิต

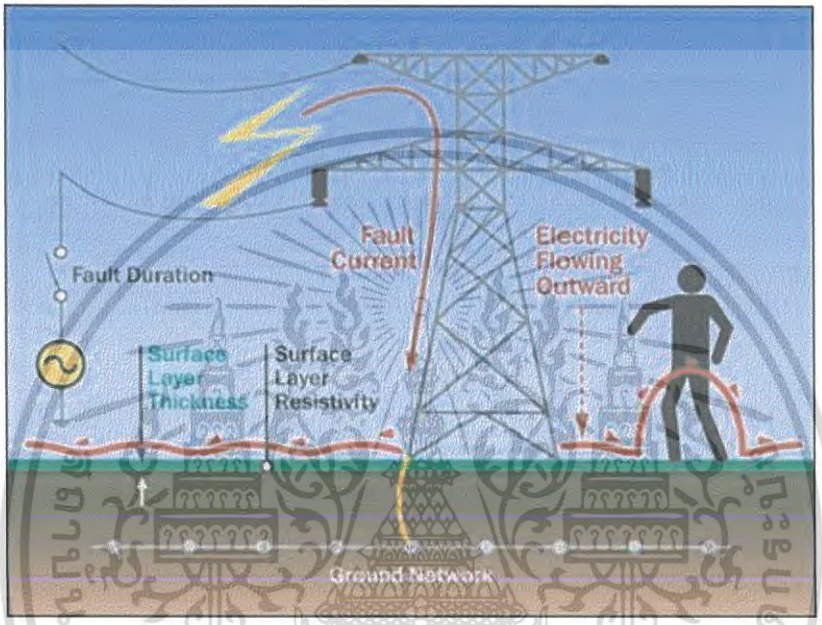
2.1.2 Step Voltage ศักย์ไฟฟ้าแบบก้าว คือ ความต่างศักย์ระหว่างขาที่กางออกของบุคคลที่ยืนอยู่ในบริเวณที่มีแรงดันไฟฟ้าซึ่งอาจเกิดจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหลผ่านความต้านทานของบริเวณนั้นๆเกิดเป็นแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งบริเวณนั้น ค่าของของความต่างศักย์แบบก้าวนั้นจะเป็นไปตามเส้นกราฟการกระจายแรงดันระยะทางระหว่างจุดสองจุดหรือระยะที่เท้ากางออก ดังนั้นจะเป็นอันตรายหากมีบุคคลไปอยู่ในอยู่บริเวณใกล้ๆที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วออกมาแล้วยืนกางขาออกเพราะอาจได้รับอันตรายจากศักย์ไฟฟ้าแบบก้าว

ยกตัวอย่างเช่นเมื่อมีกระแสลัดวงจรเกิดขึ้นที่เสาส่งหรือสถานีไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าลัดวงจรจะไหลลงดินโดยจะกระจายตามความต้านทานของดินทำให้โดยการกระจายแรงดันที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน แรงดันที่ตกในดินบริเวณรอบๆพื้นดินจะสามารถทำให้เกิดอันตรายต่อบุคคลที่ไปยืนอยู่ในบริเวณนั้นๆ

ในกรณีของศักย์ไฟฟ้าก้าวหรือความต่างศักย์ก้าว ไฟฟ้าจะไหลก็ต่อเมื่อมีความต่างของศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้นระหว่างขาทั้งสองของมนุษย์โดยศักย์ไฟฟ้าที่อยู่ในดินจะจ่ายกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขาหนึ่งไปสู่อีกขาหนึ่งโดยผ่านร่างกายมนุษย์ทำให้ได้รับอันตราย อันตรายจากความต่างศักย์ก้าวสามารถเกิดที่บริเวณใดๆก็ได้ในบริเวณนั้นยิ่งมีกระแสไฟฟ้าไหลลงดินมากอันตรายก็จะยิ่งมากขึ้นเช่นกัน ความต้านทานและชั้นของดินในบริเวณนั้นก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับอันตรายที่เกิดขึ้น หากดินมีความต้านทานมากความต่างศักย์ไฟฟ้าก้าวก็จะมีค่ามากและหากดินชั้นบนมีค่าความต้านทานมากและดินชั้นล่างมีความต้านทานน้อยจะทำให้ความต่างศักย์ก้าวมีค่าสูงสุดใกล้เคียงกับดินและทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลมาขึ้นมาชั้นบนได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีน้ำท่วมและมีกระแสไฟฟ้ารั่วบริเวณกว้างจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลลงน้ำและน้ำมีความต้านทานค่าหนึ่งทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมบริเวณนั้นหากมีบุคคลเข้าไปเคลื่อนไหวในบริเวณนั้นๆที่มีไฟฟ้ารั่วอาจได้รับอันตรายจากศักย์ไฟฟ้าก้าวเนื่องจากการเคลื่อนไหวทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายเกิดอันตรายต่อชีวิตได้



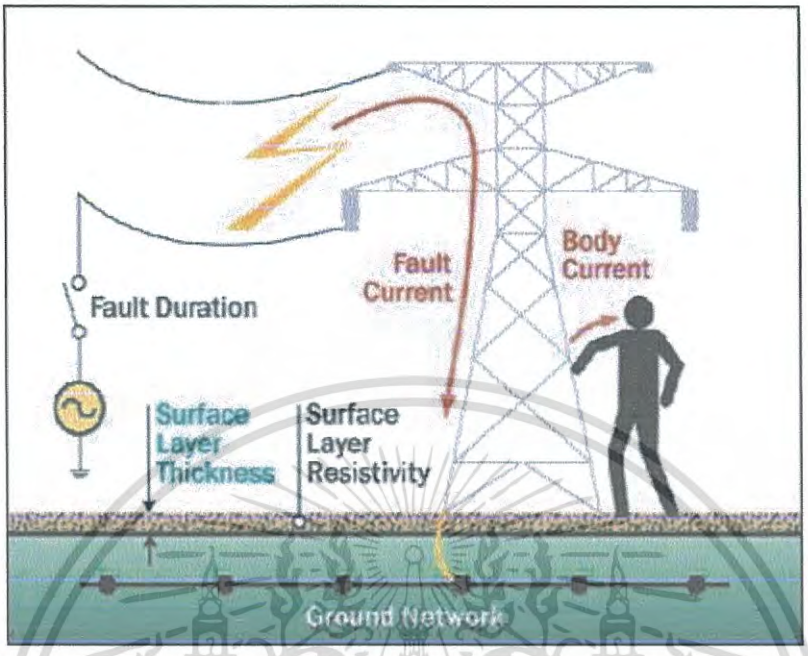
รูปที่ 2.2 ศักย์ไฟฟ้าแบบก้าว (Step Voltage)

2.1.3 Touch Voltage ศักย์ไฟฟ้าสัมผัส คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าสัมผัสระหว่างวัตถุที่มีศักย์ไฟฟ้ากับเท้าของคนที่ไปสัมผัสกับวัตถุนั้น เมื่อมีกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่สถานีไฟฟ้าหรือเสาส่งไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจะไหลลงดินผ่านโครงเหล็กต่างๆ หากมีบุคคลใดที่ไปสัมผัสโครงเหล็กนั้นหรืออุปกรณ์ที่อยู่ใกล้เคียงบริเวณที่เกิดไฟฟ้ารั่วนั้นก็จะได้รับอันตรายจากความต่างศักย์สัมผัส

ยกตัวอย่าง ถ้าหากมีคนหนึ่งไปสัมผัสกับโครงเสาส่งไฟฟ้าขณะที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรกระแสไฟฟ้าที่ลัดวงจรจะไหลผ่านมือที่สัมผัสผ่านร่างกายมนุษย์ลงสู่ดินแทนที่จะไหลผ่านโครงเหล็กต่อไปเนื่องจากร่างกายมนุษย์มีความต้านทานน้อยกว่าทำให้อาจเกิดอันตรายถึงชีวิตต่อมนุษย์

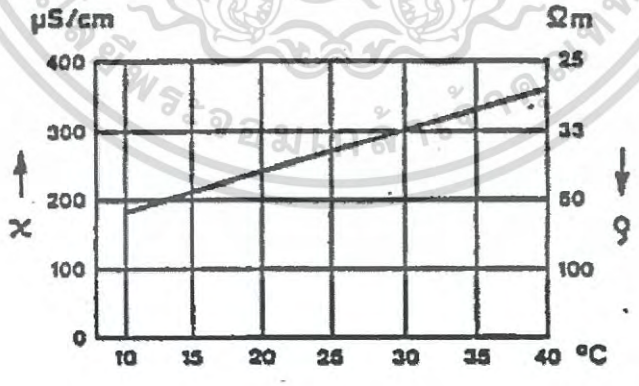
กรณีการเกิดน้ำท่วมขณะเกิดไฟฟ้ารั่วไหลขึ้นลงน้ำเมื่อมีมีคนลงไปในน้ำก็จะสัมผัสกับน้ำโดยตรงที่มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ทำให้ได้รับอันตรายจากความต่างศักย์สัมผัสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ศักย์ไฟฟ้าสัมผัส (Touch Voltage)

2.1.4 ความนำไฟฟ้าของน้ำ ความต้านทานของน้ำที่เป็นน้ำประปาจะอยู่ระหว่างช่วง 10 โอห์มมิเตอร์ ถึง 50 โอห์มมิเตอร์ ซึ่งจะนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 200 uS/cm ถึง 1000 uS/cm โดยความนำไฟฟ้าของน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิที่เกิดขึ้นช่วงนั้น ตามกราฟที่เกิดขึ้นด้านล่าง



รูปที่ 2.4 กราฟความต้านทานของน้ำกับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้น้ำที่มีส่วนผสมต่างกันหรือต่างชนิดกันจะมีความต้านทานต่างกันตามตาราง

ตารางที่ 2.2 ความต้านทานและความนำไฟฟ้าของน้ำที่ต่างชนิดกัน

ชนิดของน้ำ	ความต้านทาน (MegOhm)	ความนำไฟฟ้า (uS/cm)
น้ำประปาบริสุทธิ์ ที่ 13 องศาเซลเซียส	56	178
น้ำประปาบริสุทธิ์ ที่ 39 องศาเซลเซียส	34	291
น้ำประปาบริสุทธิ์ ที่ 42 องศาเซลเซียส	32.5	306
น้ำในสระว่ายน้ำที่มีความบริสุทธิ์	300	
น้ำในสระว่ายน้ำปนเปื้อนสารเคมีเล็กน้อย	33	300
น้ำในสระว่ายน้ำปนเปื้อนสารเคมีสูง	10...30	1000...333
น้ำฝนในเมือง	33	300
น้ำฝนในเมืองหลังจากฝนตกใหม่ๆ	333	30
น้ำในอ่างอาบน้ำที่ปนฟองสบู่ 20 องศา	44	223
น้ำในอ่างอาบน้ำที่ปนฟองสบู่ 39 องศา	27	336

2.1.5 กฎของโอห์ม ขนาดกระแสไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความต้านทานระหว่างสองจุดนั้น ความต้านทานมากกระแสจะผ่านน้อย ความต้านน้อยกระแสจะผ่านมาก และขนาดกระแสจะขึ้นกับความต่างศักย์ได้สมการเป็น

$$I = \frac{V}{R} \tag{2.1}$$

โดยที่ V คือความต่างศักย์ มีหน่วยเป็น โวลต์, I คือกระแสในวงจร หน่วยเป็น แอมแปร์ และ R คือความต้านทานในวงจร หน่วยเป็น โอห์ม

หลักการการคำนวณหากระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำท่วม

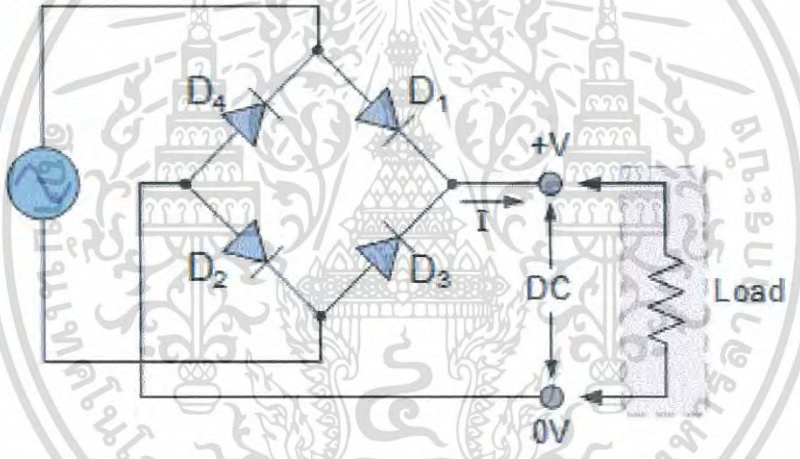
ในการคำนวณหากระแสไฟฟ้ารั่วในน้ำท่วมนั้นบริเวณใดๆนั้นจำเป็นต้องทราบแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นเกิดขึ้นในบริเวณโดยการวัดความต่างศักย์ที่ตกคร่อมบริเวณนั้นจากนั้นต้องทราบว่าความต้านทานของน้ำตอนที่เกิดน้ำท่วมนั้นมีค่าประมาณเท่าใดจึงนำมาคำนวณด้วยสมการของโอห์มเพื่อหาปริมาณกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในบริเวณนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรเรียงกระแส (Rectifier circuit)

วงจรเรียงกระแส คือ วงจรไฟฟ้าที่มีความสามารถในการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสตรงหรือให้กระแสไฟฟ้าผ่านไปในทิศทางเดียว มีสองชนิดคือ วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น (Half-wave Rectifier Circuit) และวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น (Full wave Rectifier Circuit)

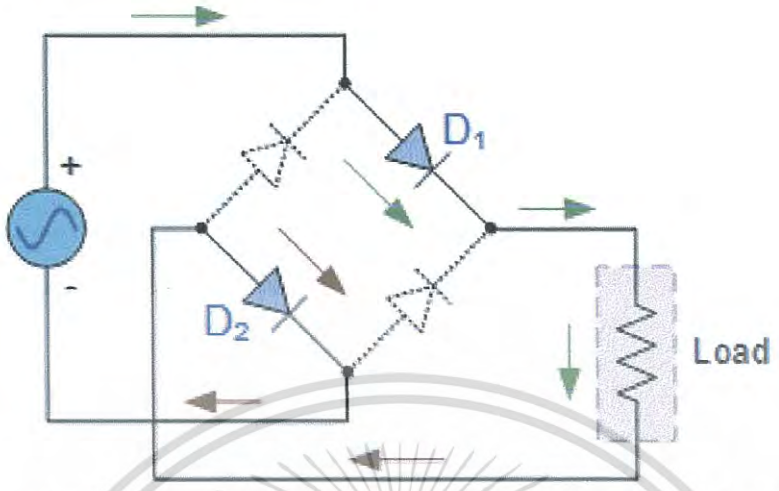
วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (The Diode Bridge Rectifier) เป็นวงจรไฟฟ้าที่นำสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับทั้งช่วงบวกและช่วงลบที่ป้อนเข้ามาเรียงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดย การใช้ไดโอด 4 ตัว ได้วงจรดังรูป



รูปที่ 2.5 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

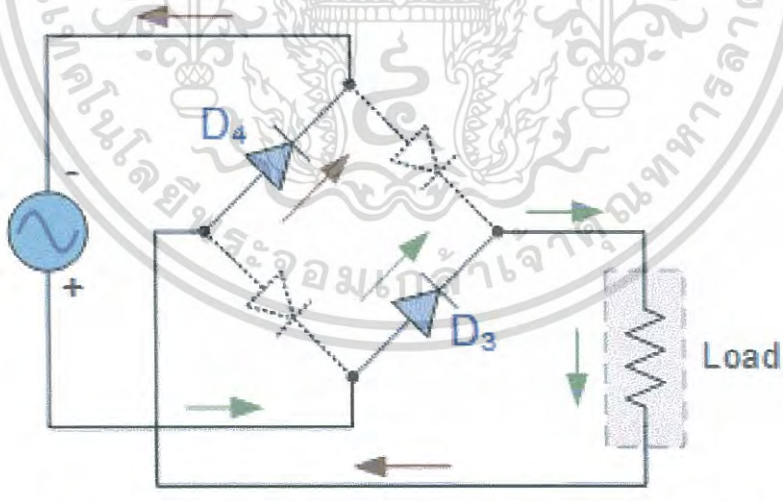
2.2.1 การทำงานวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ การทำงานของวงจร วงจรจะทำงานโดยไดโอดผลัดกันนำกระแสครั้งละ 2 ตัว โดยเมื่อวงจรได้รับแรงดันฝั่งบวกของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ไดโอด D1 และ D2 จะนำกระแสไฟฟ้าและไหลผ่านโหลดดังรูป ส่วนไดโอด D3 และ D4 จะไม่ทำงานเพราะถูกไบอัสกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การทำงานครึ่งคลื่นบวกของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

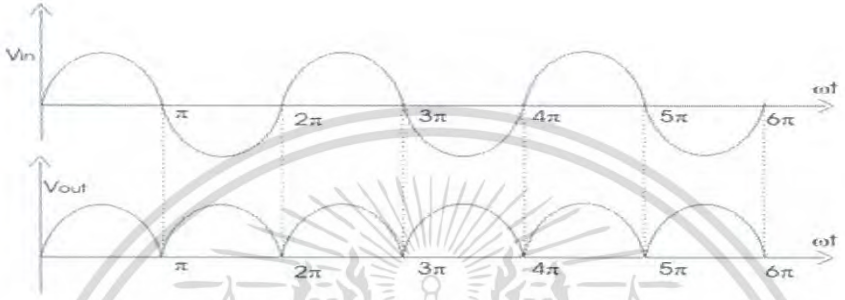
ส่วนเมื่อวงจรได้รับแรงดันฝั่งลบของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ไดโอด D3 และ D4 จะนำกระแสไฟฟ้าและไหลผ่านโหลดดังรูป ส่วนไดโอด D1 และ D2 จะถูกไบอัสกลับทำให้ไม่นำกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2.7 การทำงานครึ่งคลื่นลบของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าแรงดันเมื่อออกจากวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์จะตกคร่อมโหลดในทิศทางเดียวทำให้แปลงสัญญาณจากกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรงได้ เมื่อเปรียบเทียบแรงดันที่ป้อนเข้าและออกจากวงจรจะได้ดังรูป

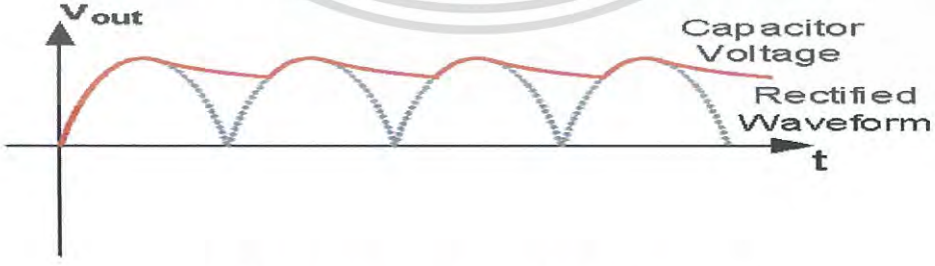


รูปที่ 2.8 การเปรียบเทียบแรงดันที่ป้อนเข้าและออกจากวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

จะได้ขนาดแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงที่ออกจากวงจรเรียงกระแสเมื่อเทียบกับแรงดันอินพุทกระแสสลับ คือ

$$V_{D.C} = \frac{2V_{max}}{\pi} = 0.637V_{max} = 0.9V_{RMS}$$

ทั้งนี้เราสามารถปรับปรุงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากวงจรให้มีความราบเรียบมากขึ้นโดยการต่อตัวเก็บประจุคร่อมไปที่โหลดเพื่อทำหน้าคายประจุในช่วงที่ไดโอดไม่นำกระแสจะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีความราบเรียบมากขึ้น



รูปที่ 2.9 กราฟแรงดันขาออกเมื่อต่อตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Zener Diode

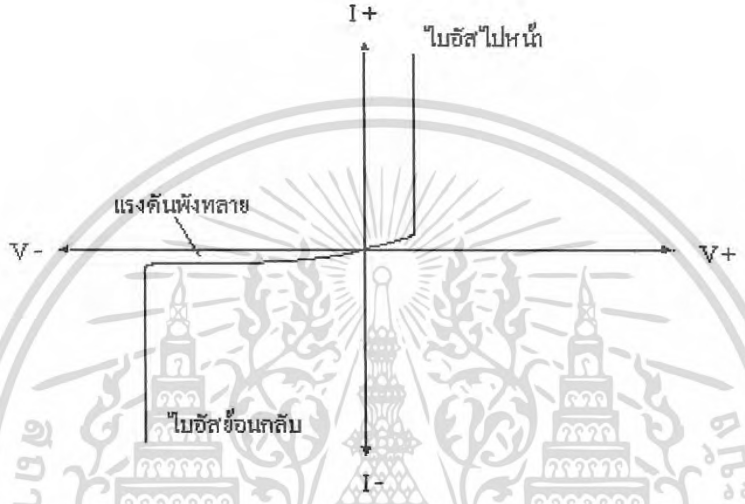
ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) เป็นไดโอดชนิดหนึ่งซึ่งสร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่รักษาแรงดันให้คงที่ มีโครงสร้างเหมือนไดโอดทั่วไปคือมีสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดP และ ชนิดN มีขาแอโนด (A)และ แคโทด(K) เช่นเดียวกับไดโอดอีกด้วย โดยสิ่งที่ซีเนอร์ไดโอดแตกต่างกับไดโอดธรรมดานั้นคือ ซีเนอร์ไดโอดเป็นไดโอดที่ผลิตขึ้นจากสารซิลิกอนที่มีปริมาณความหนาแน่นของสารเจือปนในส่วนทั้งสองของสาร P และ N มีค่าสูงหรือต่ำกว่าปกติ พร้อมกับมีการผลิตเฉพาะตัว

รูปที่ 2.10 โครงสร้างซีเนอร์ไดโอด

รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ซีเนอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การทำงานของซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดจะนำไปใช้งานในช่วงไบอัสกลับที่ค่าเบรคดาวน์ ที่เรียกว่า ซีเนอร์เบรคดาวน์ (Zener Breakdown) ซึ่งมักจะเรียกว่าแรงดันซีเนอร์เบรคดาวน์ (Zener Breakdown Voltage) แรงดันที่ตกคร่อมตัวซีเนอร์ไดโอดจะเป็นตัวควบคุมและรักษาแรงดันให้คงที่



รูปที่ 2.12 กราฟลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของซีเนอร์ไดโอด

2.3.2 การพังทลายของซีเนอร์ไดโอด การพังทลายของซีเนอร์ไดโอดแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ การพังทลายแบบอะวาเลนช์และการพังทลายแบบซีเนอร์

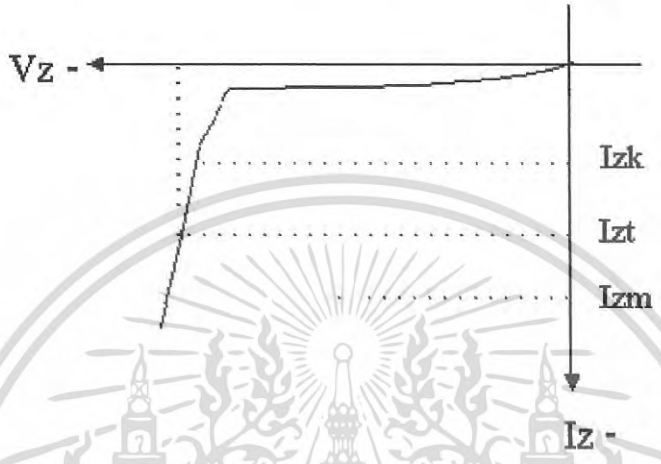
การพังทลายแบบอะวาเลนช์ คือเมื่อไดโอดได้รับไบอัสกลับแรงดันสูงสุดจนทำให้มีกระแสไหลย้อนกลับผ่านไดโอดจำนวนมากทำให้รอยต่อของไดโอดทะลุ

การพังทลายแบบซีเนอร์ เป็นการพังทลายที่เกิดขึ้นกับแรงดันไบอัสกลับค่าต่ำๆ ซึ่งกำหนดได้จากการโด๊ปสารกึ่งตัวนำที่ใช้ผลิตซีเนอร์ไดโอด การพังทลายแบบซีเนอร์นี้จะมีกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดจำนวนหนึ่ง ซึ่งต้องจำกัดไม่ให้เกินค่าพิกัดสูงสุดและจะเกิดสภาวะที่แรงดันตกคร่อมซีเนอร์ไดโอดมีค่าคงที่เรียกว่า แรงดันซีเนอร์ คุณสมบัติข้อนี้สามารถนำซีเนอร์ไดโอดไปเป็นวงจรควบคุมแรงดันไฟตรงให้คงที่ได้

คุณลักษณะการพังทลาย จากกราฟคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแรงดันและกระแสดังรูป VZ เป็นแรงดันเบรกดาวน์หรือแรงดันซีเนอร์ ในการพังทลายของซีเนอร์ไดโอดเมื่อได้รับไบอัสกลับ เมื่อเพิ่มแรงดันไบอัสกลับจนถึงค่าแรงดันซีเนอร์จะมีกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดมากขึ้น ที่จุดเอียงของกราฟจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดเท่ากับ IZ (knee current) ซึ่งเป็นกระแสบริเวณเส้นโค้งดังรูปด้านบน และถ้าซีเนอร์ไดโอดได้รับแรงดันย้อนกลับสูงขึ้นอีก กระแสจะเพิ่มขึ้นแต่แรงดันซีเนอร์จะคงที่ แต่ถ้าเพิ่มกระแสเกินกว่าค่ากระแสซีเนอร์สูงสุด IZm(maximum current) แรงดันซีเนอร์จะไม่คงที่และเสียหายได้



รูปที่ 2.13 กราฟคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแรงดันและกระแส

2.3.3 การใช้งานซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายงานเช่น วงจรคลิป (Clipping Circuit) เป็นวงจรรักษาแรงดันให้คงที่ ในการใช้งานทุกครั้งจะต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมกับซีเนอร์ไดโอด เพื่อป้องกันกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด (IZ) เกินค่าพิกัดซึ่งจะทำให้ซีเนอร์ไดโอดเสียหายได้ ตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมกับซีเนอร์ไดโอดจะต้องคำนวณหาค่าความต้านทานที่เหมาะสมเพื่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

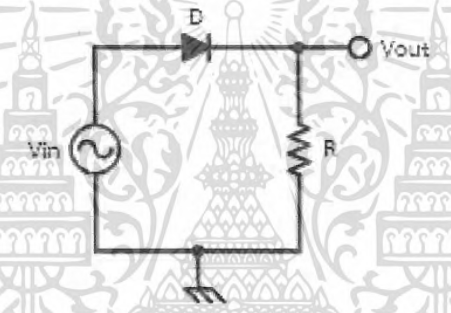
2.3.4 วงจรคลิปเปอร์ (Clipper Circuit) หรือเรียกอีกอย่างว่า วงจรลิมิตเตอร์(Limiter Circuit) เป็นวงจรตัดรูปคลื่นสัญญาณไฟสลับที่ส่งเข้ามาให้มีรูปคลื่นไฟสลับที่เอาต์พุทเปลี่ยนแปลงไปตามต้องการ โดยตัดรูปคลื่นในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Wave Shaping) อุปกรณ์ตัวหลักที่นำมาใช้ทำงานเป็นวงจรคลิปเปอร์ เป็นพวกอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด และทรานซิสเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้ามาเป็นรูปคลื่นสัญญาณไฟสลับ เมื่อส่งผ่านวงจรคลิปเปอร์ สัญญาณจะถูกตัดทิ้งไปบางส่วนเหลือสัญญาณออกเอาต์พุทไม่เท่าเดิม สัญญาณออกเอาต์พุทอาจเหลือมากถูกตัดทิ้งไปน้อย หรืออาจเหลือน้อยถูกตัดทิ้งไปมากขึ้นอยู่กับการจัดวงจรคลิปเปอร์ และสามารถนำแหล่งจ่ายไฟตรงเข้าร่วมในการตัดรูปคลื่นด้วย

วงจรคลิปเปอร์ที่นิยมใช้งานสามารถแบ่งลักษณะวงจรไดโอดในการตัดสัญญาณออกได้ตามการจัดวางตัวไดโอดไว้ในวงจรเป็น 2 ลักษณะ คือ วงจรคลิปเปอร์แบบไดโอดต่ออนุกรม (Series Diode Clipper Circuit) และวงจรคลิปเปอร์แบบไดโอดต่อขนาน (Shunt Diode Clipper Circuit)

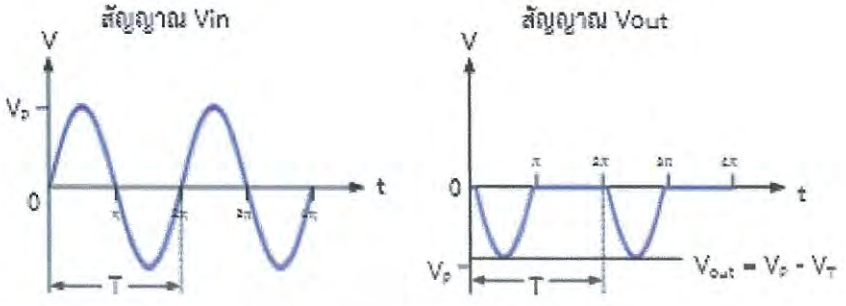
วงจรคลิปเปอร์แบบไดโอดต่ออนุกรม (Series Diode Clipper Circuit)



รูปที่ 2.14 วงจรตัดยอดระดับสัญญาณแบบอนุกรม

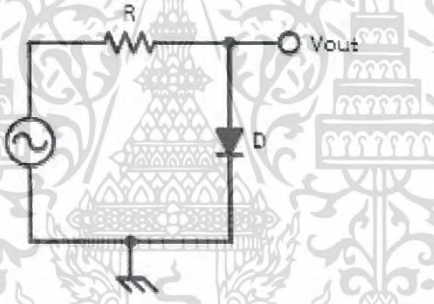
เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเข้าไป ถ้าให้ในช่วงครึ่งคลื่นแรกสัญญาณเป็นบวกทำให้ไดโอดได้รับการไบอัสตรงและอยู่ในสภาวะนำกระแส กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไดโอด (D) และตัวต้านทาน (R) ไปครบวงจรได้ โดยจะมีแรงดันบางส่วนตกคร่อมที่ตัวไดโอดซึ่งมีค่าเท่ากับค่า VT ของไดโอด ส่วนแรงดันที่เหลือก็จะส่งไปยังเอาท์พุท (Vout) ในขณะที่ครึ่งคลื่นถัดมาสัญญาณจะเป็นลบทำให้ไดโอดได้รับการไบอัสกลับเป็นผลให้ไดโอดอยู่ในสภาวะไม่นำกระแสเปรียบเสมือนสวิตช์ที่เปิดวงจร ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร จึงไม่มีแรงดันไฟฟ้าส่งผ่านไปที่เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 รูปสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของวงจรตัดยอดแบบอนุกรม

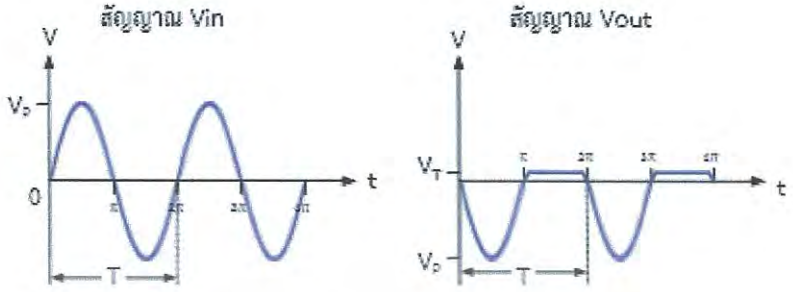
วงจรคลิปเปอร์แบบไดโอดต่อขนาน (Shunt Diode Clipper Circuit)



รูปที่ 2.16 วงจรตัดยอดระดับสัญญาณแบบขนาน

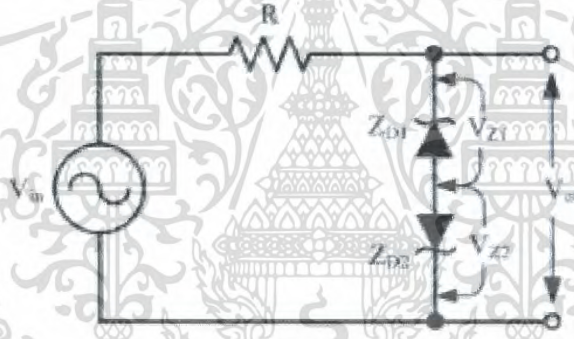
เมื่อป้อนสัญญาณอินพุท (Vin) เข้ามา ถ้าให้ในช่วงครึ่งคลื่นแรกสัญญาณเป็นบวกทำให้ไดโอด ได้รับการไบอัสตรงและอยู่ในสภาวะนำกระแส กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทาน (R) และไดโอด (D) ไปครบวงจรได้ โดยจะมีแรงดันบางส่วนตกคร่อมที่ตัวไดโอดซึ่งมีค่าเท่ากับค่า VT ของไดโอด ส่วนแรงดันที่เหลือก็จะตกคร่อมที่ตัวต้านทาน (VR) แรงดันไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปยังเอาท์พุท (Vout) จึงเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ ตกคร่อมไดโอด (VT) ในขณะที่ครึ่งคลื่นถัดมาสัญญาณจะเป็นลบทำให้ไดโอดได้รับการไบอัสกลับเป็นผลให้ไดโอดอยู่ในสภาวะไม่นำกระแส เปรียบเสมือนสวิตช์ที่เปิดวงจรทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร แรงดันที่ตกคร่อมตัวท้านทานจึงเท่ากับศูนย์ไปด้วย แรงดันไฟฟ้าจากอินพุททั้งหมดจะส่งผ่านไปที่เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



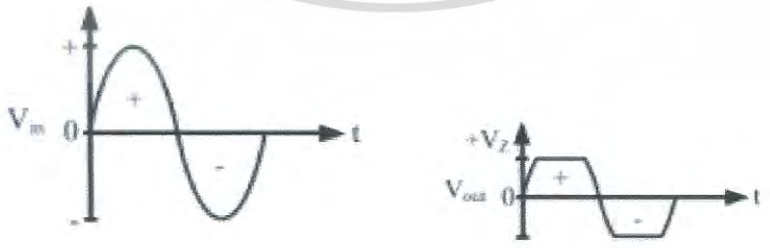
รูปที่ 2.17 รูปสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของวงจรตัดยอดแบบขนาน

วงจรคลิปเปอร์ตัดสัญญาณ 2 ช่วง



รูปที่ 2.18 วงจรคลิปเปอร์ตัดสัญญาณ 2 ด้านแบบใช้ซีเนอร์ไดโอด

(Positive -Negative Clipper) เป็นวงจรตัดสัญญาณแบบขนานที่ต่อไดโอดเข้าวงจร 2 ตัว ตัดสัญญาณบางส่วนทั้งซีกบวก และซีกลบ



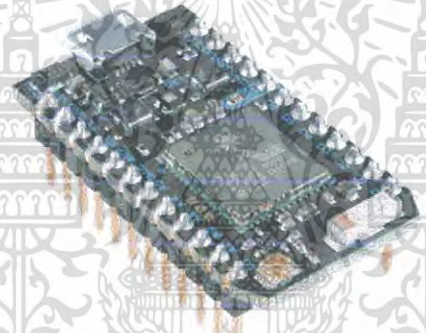
รูปที่ 2.19 รูปสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของวงจรตัดยอดสัญญาณ 2 ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Particle Photon

Particle Photon เป็นอุปกรณ์ Wi-Fi ขนาดเล็กสำหรับสร้างอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตหรือที่เรียกว่า Internet of Thing ใช้งานง่ายมีประสิทธิภาพและมีการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลคลาวด์ ภายในบอร์ดประกอบไปด้วย Cypress Wi-Fi Chip และไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M3 ที่มีประสิทธิภาพคล้ายกับ Spark Core แต่ใช้งานได้ดีกว่า

เครื่องมือที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมลงบนบอร์ด Photon ได้รับการออกแบบมาให้ได้งานง่ายโดยมีการเขียนโค้ดเหมือนการเขียนโค้ดของบอร์ด Arduino โดยที่ผู้พัฒนาสามารถเขียนโปรแกรมผ่านทางเว็บไซต์หรือ Desktop IDE



รูปที่ 2.20 Particle Photon

2.5 Internet of Things (IoT)

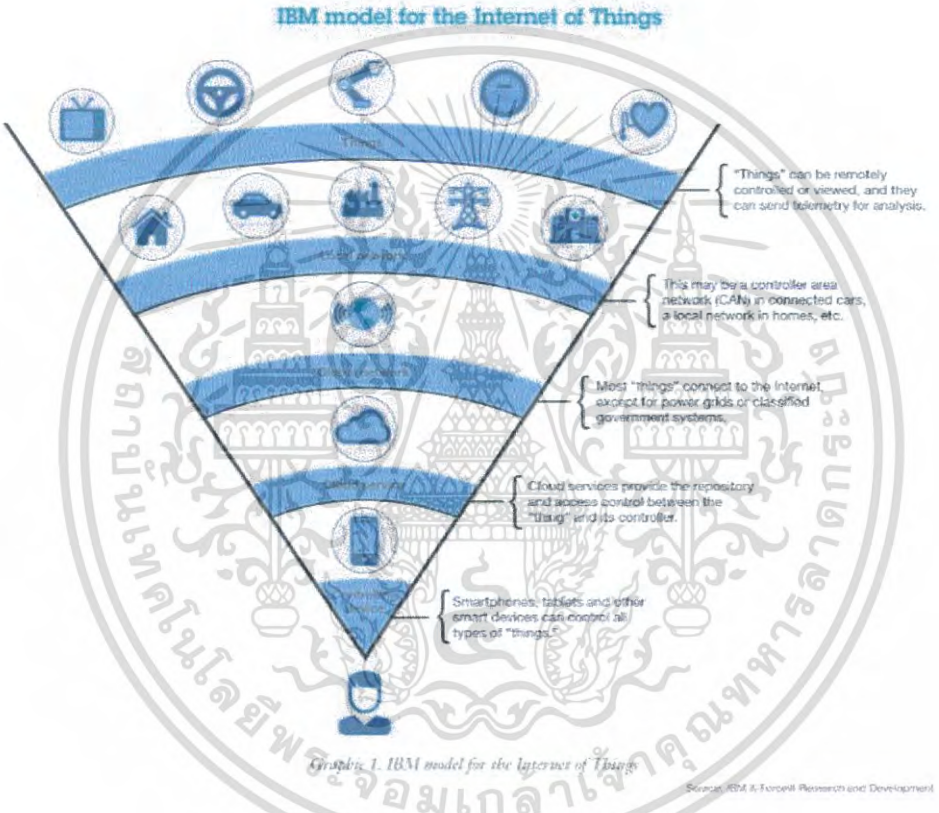
Internet of Things (IoT) หมายถึง การที่อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆเช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการแพทย์ เป็นต้น เชื่อมต่อกันผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทำให้สามารถสั่งการควบคุมอุปกรณ์เหล่านี้จากระยะไกล การใช้ IoT เป็นการเชื่อมต่อโลกของความเป็นจริงเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพและความถูกต้องมากกว่าการทำงานด้วยมนุษย์

เทคโนโลยี IoT จะทำงานได้ต้องอาศัยการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ประเภท RFID และ Sensors ซึ่งเป็นตัวช่วยในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งข้อมูลถึงกันได้ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ IoT ในหลายด้าน เช่น Smart Home , Heart Monitoring , DNA Analysis Monitoring เป็นต้น

IoT มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า M2M ย่อมาจาก Machine to Machine คือเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตที่เชื่อมต่ออุปกรณ์กับเครื่องมือต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน



รูปที่ 2.21 Network Layer ของ Internet of Things

2.5.1 การแบ่งกลุ่ม Internet of Things ปัจจุบันมีการแบ่งกลุ่ม Internet of Things ตามการใช้งานเป็น 2 กลุ่มได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Industrial IoT คือ แบ่งจาก local network ที่มีหลายเทคโนโลยีที่แตกต่างกันในโครงข่าย Sensor nodes โดยตัวอุปกรณ์ IoT Device ในกลุ่มนี้จะเชื่อมต่อแบบ IP network เพื่อเข้าสู่อินเตอร์เน็ต

Commercial IoT คือ แบ่งจาก local communication ที่เป็น Bluetooth หรือ Ethernet (wired or wireless) โดยตัวอุปกรณ์ IoT Device ในกลุ่มนี้จะสื่อสารภายในกลุ่ม Sensor nodes เดียวกันเท่านั้นหรือเป็นแบบ local devices เพียงอย่างเดียวอาจไม่ได้เชื่อมสู่อินเตอร์เน็ต

2.6 ระบบปฏิบัติการ Android

Android คือ ระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์ เริ่มมีการพัฒนาโดยบริษัทแอนดรอยด์ ต่อจากนั้นบริษัทแอนดรอยด์ถูกซื้อกิจการโดยบริษัทกูเกิลเพื่อนำไปพัฒนาต่อ ภายหลังถูกพัฒนาในชื่อของ Open Handset Alliance ทางบริษัทกูเกิลได้เปิดให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ต่างๆ ด้วยภาษาจาวา และควบคุมอุปกรณ์ผ่านทางชุด Java libraries ที่กูเกิลพัฒนาขึ้น ซอฟท์แวร์ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นระบบที่มีโครงสร้างแบบเรียงทับซ้อน โดยใช้ลินุกซ์ เคอร์เนล(Linux Kernel) เป็นพื้นฐานของระบบ และใช้ภาษา Java ในการพัฒนา มี Android SDK เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2.6.1 ประวัติความเป็นมา เริ่มต้นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ถูกพัฒนามาจากบริษัทแอนดรอยด์ (Android Inc.) เมื่อปี พ.ศ 2546 โดยมีนาย แอนดี้ รูบิน (Andy Rubin) เป็นผู้คิดค้นระบบปฏิบัติการนี้ และถูกบริษัทกูเกิลซื้อกิจการเมื่อ เดือนสิงหาคม ปี พ.ศ 2548 โดยบริษัทแอนดรอยด์ได้กลายเป็นมาบริษัทย่อยของบริษัทกูเกิล ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนามาจากการนำแกนกลางของระบบปฏิบัติการลินุกซ์(Linux Kernel) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ถูกออกแบบมาทำงานเป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์มาพัฒนาต่อยอดเพื่อให้กลายเป็นระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์พกพา (Mobile Operating System)

เมื่อเดือน พฤศจิกายน ปี พ.ศ 2550 บริษัทกูเกิล ได้ก่อตั้งสมาคม OHA (Open Handset Alliance) เป็นหน่วยงานกลางในการกำหนดมาตรฐานกลาง ของอุปกรณ์พกพาและระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีสมาชิกในช่วงก่อนจัดตั้งจำนวน 34 ราย ประกอบด้วยบริษัทชั้นนำที่ดำเนินธุรกิจด้านการสื่อสาร เช่น โรงงานผลิตอุปกรณ์พกพา, บริษัทพัฒนาโปรแกรม, ผู้ให้บริการสื่อสารและผู้ผลิตอะไหล่อุปกรณ์ด้านสื่อสาร จากนั้น เมื่อเดือนตุลาคม ปี พ.ศ 2551 บริษัท กูเกิลได้เปิดตัวมือถือตัวแรกที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีชื่อว่า T-Mobile G1 หรืออีกชื่อคือ HTC Dream โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์รุ่น 1.1 และหลังจากนั้นได้มีการพัฒนาระบบปฏิบัติการเป็นลำดับ ต่อมาได้มีการออกผลิตภัณฑ์จากบริษัทต่างๆออกมามากมาย ตามการพัฒนาของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่มีอยู่อย่างต่อเนื่อง

2.6.2 ประเภทของชุดซอฟต์แวร์ เนื่องจากแอนดรอยด์ (Android) เปิดให้นักพัฒนาเข้าไปดูรหัสต้นฉบับได้ทำให้มีผู้พัฒนาจากหลายฝ่ายนำเอารหัสต้นฉบับมาปรับ และสร้างแอนดรอยด์ในแบบฉบับของตนเองขึ้น สามารถแบ่งประเภทของแอนดรอยด์ออกได้เป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้

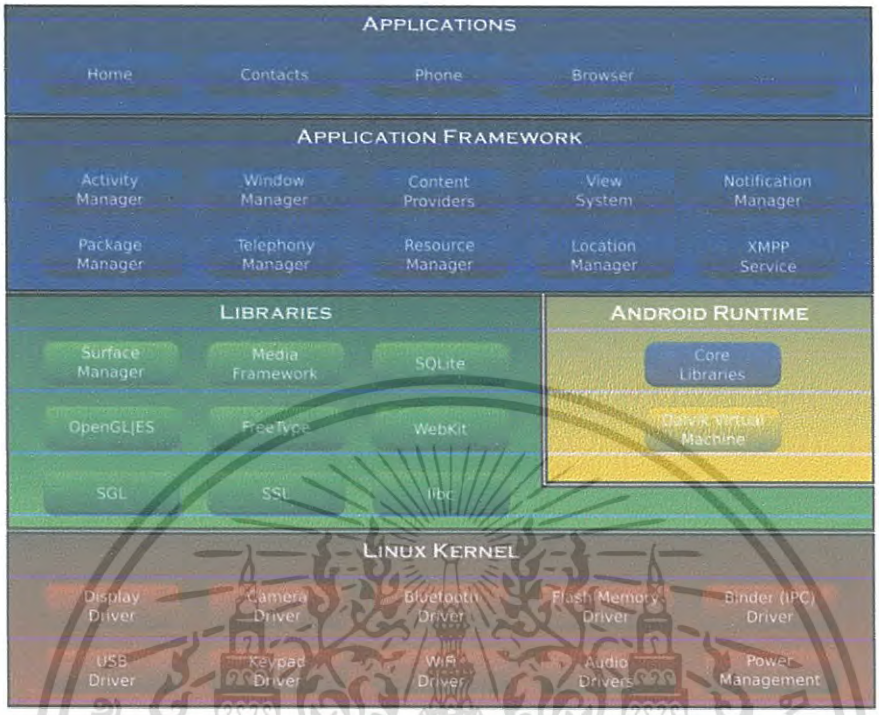
1. Android Open SourceProject (AOSP) เป็นแอนดรอยด์ประเภทแรกที่กูเกิล เปิดให้สามารถนำไปติดตั้งในอุปกรณ์ต่างๆ ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

2. Open Handset Mobile (OHM) เป็นแอนดรอยด์ที่ได้รับการพัฒนาร่วมกับกลุ่มบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์พกพา ที่เข้าร่วมกับกูเกิลในชื่อ Open Handset Alliances (OHA) บริษัทพวกนี้จะพัฒนาแอนดรอยด์ในแบบฉบับของตนออกมา โดยรูปร่าง การแสดงผล และฟังก์ชั่นการใช้งาน มีความเป็นเอกลักษณ์ และมีลิขสิทธิ์เป็นของตน และได้รับสิทธิ์ในการมีบริการเสริมต่างๆ จากกูเกิล เรียกว่า Google Mobile Service (GMS) เป็นบริการเสริมที่ทำให้แอนดรอยด์มีประสิทธิภาพ เป็นไปตามจุดประสงค์ของแอนดรอยด์ แต่การจะได้ GMS นั้น ผู้ผลิตจะต้องทำการทดสอบระบบ และขออนุญาตกับทางกูเกิลก่อน จึงจะนำเครื่องวางจำหน่ายได้

3. Cooking หรือ Customize เป็นแอนดรอยด์ที่นักพัฒนานำเอารหัสต้นฉบับจากแหล่งต่างๆ มาปรับในแบบฉบับของตนเอง โดยจะต้องทำการปลดล็อคสิทธิ์การใช้งานอุปกรณ์ เครื่องก่อนจึงจะสามารถติดตั้งได้ แอนดรอยด์แบบนี้ถือเป็นประเภทที่มีความสามารถมากที่สุดเท่าที่อุปกรณ์เครื่องนั้นๆ จะรองรับได้เพราะได้รับการปรับแต่งให้เข้ากับอุปกรณ์นั้นๆ จากผู้ใช้งานจริง

2.6.3 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Architecture) ถูกออกแบบเป็นลำดับโดยแต่ละชั้นซึ่งจะเรียกใช้ บริการจากชั้นที่อยู่ล่างกว่าจากระดับชั้นนั้นๆ ซึ่งโครงสร้างของระบบ จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ชั้น คือ ชั้นลินุกซ์ เคอร์เนล (Linux Kernal), ชั้นไลบรารี่ (Library), ชั้นแอปพลิเคชั่น เฟรมเวิร์ค (Application Framework) และชั้นแอปพลิเคชั่น (Application)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1. ชั้นแอพพลิเคชัน (Application) เป็นชั้นที่อยู่บนสุดของโครงสร้างสถาปัต Android ซึ่งเป็นส่วนของแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน เช่น แอพพลิเคชันรับ/ส่งอีเมล์, ปฏิทิน, แผนที่, รายชื่อผู้ติดต่อ เป็นต้น ซึ่งแอพพลิเคชันอยู่ในรูปแบบไฟล์ .apk

2. ชั้นแอพพลิเคชันเฟรมเวิร์ค (Application Framework) ชั้นนี้จะอนุญาตให้นักพัฒนาสามารถเข้าเรียกใช้งาน โดยผ่าน API (ApplicationProgrammingInterface) ซึ่ง Android ได้ออกแบบไว้เพื่อลดความซับซ้อนในการใช้งาน applicationcomponent โดยชั้นนี้ประกอบด้วยแอพพลิเคชันเฟรมเวิร์คดังนี้

1) ViewSystem เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานในการสร้างแอพพลิเคชัน เช่น lists, grids, textboxes, buttons และ embeddablewebbrowser

2) LocationManager เป็นส่วนที่จัดการเกี่ยวกับค่าตำแหน่งของเครื่องอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่

3) ContentProvider เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการเข้าถึงข้อมูลที่มีการใช้งานร่วมกัน (Sharedata)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างแอพพลิเคชันที่แตกต่างกัน เช่น ข้อมูลผู้ติดต่อ (Contact)

4) ResourceManager เป็นส่วนที่จัดการข้อมูลต่างๆ ที่ไม่ใช่ส่วนของโค้ดโปรแกรม เช่น รูปภาพ, localizedstrings, layout ซึ่งจะอยู่ในไดเร็คทอรี res/

5) NotificationManager เป็นส่วนที่ควบคุมอีเวนต์ (Event) ต่างๆ ที่แสดงบนแถบสถานะ (Statusbar) เช่น ในกรณีที่ได้รับข้อความหรือสายที่ไม่ได้รับและการแจ้งเตือนอื่นๆ เป็นต้น

6) ActivityManager เป็นส่วนควบคุม LifeCycle ของแอพพลิเคชัน

3.ชั้นไลบรารี (Library) Android ได้รวบรวมกลุ่มของไลบรารีต่างๆ ที่สำคัญไว้มากมาย เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับนักพัฒนาและง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรม ตัวอย่างของไลบรารีที่สำคัญเช่น

1) Surface Manager คือไลบรารีจัดการส่วนแสดงผลที่มีความสามารถในการผสมกราฟิกทั้ง 2 และ 3 มิติ จากแอพพลิเคชั่นต่างๆเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถสร้างแอฟเฟ็ค เช่น วินโดว์ที่มองทะลุไปข้างหลังได้

2) Media Libraries คือไลบรารีที่จัดเตรียมบริการในการเล่นและบันทึกเสียง วีดีโอ และรูปภาพในฟอร์แมตต่างๆ เช่น MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG และ PNG เป็นต้น

3) SQLite คือ Database Engine ที่มีประสิทธิภาพและขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถจัดเก็บข้อมูลต่างๆของแอพพลิเคชั่นไว้ในรูปแบบของฐานข้อมูล

4) WebKit คือไลบรารีที่ใช้แสดงเนื้อหาเว็บเพจ ซึ่งเป็นตัวเดียวกับที่ใช้ใน Google Chromeและ Apple Safari รวมถึงเว็บบราวเซอร์ในถือ iPhone และมือถือตระกูล S60

5) Android Runtime Android Runtime ประกอบด้วย Core Library สำหรับภาษาจาวา และ Dalvik Virtual Machine ในแบบของแอนดรอยด์ถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และมีหน่วยความจำที่จำกัด ในแอนดรอยด์นั้นแต่ละแอพพลิเคชั่นจะรันอยู่ในโพรเซส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของตัวเองและมี Dalvik VM ของตัวเองอยู่ด้วย ดังนั้นโค้ดของแต่ละแอพพลิเคชั่นจะรันอยู่ใน VM ที่แยกกัน สำหรับ Core Library เป็น Java Library ส่วนใหญ่จะเหมือนกับใน Java Standard Edition (Java SE) ที่ใช้พัฒนาแอพพลิเคชั่นบน PC แต่บางไลบรารีที่มีใน Java SE จะไม่มีในแอนดรอยด์

4.ชั้นแอนดรอยด์รันไทม์ (Android Runtime) ชั้นนี้จะเป็นชั้นย่อยที่ถูกแบ่งมาจากชั้นไลบรารี ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

1) DalvikVM (VirtualMachine) ส่วนนี้ถูกเขียนด้วยภาษา Java เพื่อใช้เฉพาะการใช้งานในอุปกรณ์เคลื่อนที่ DalvikVM จะแตกต่างจาก JavaVM (VirtualMachine) คือ DalvikVM จะรันไฟล์ .dex ที่คอมไพล์มาจากไฟล์ .class และ .jar โดยมี tool ที่ชื่อว่า dx ทาหน้าที่ในการบีบอัดคลาส Java ทั้งนี้ไฟล์ .dex จะมีขนาดกะทัดรัดและเหมาะสมกับอุปกรณ์เคลื่อนที่มากกว่า .class เพื่อต้องการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2) CoreJavaLibrary ส่วนนี้เป็นไลบรารีมาตรฐาน แต่ก็มีความแตกต่างจากไลบรารีของ JavaSE (JavaStandardEdition) และ JavaME (JavaMobileEdition)

5.ชั้นลีนุกซ์เคอร์เนล (LinuxKernel) ระบบ Android นั้นถูกสร้างบนพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ Linux โดยในชั้นนี้จะมีฟังก์ชันการทำงานหลายๆ ส่วน แต่โดยส่วนมากแล้วจะเกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์โดยตรง เช่น การจัดการหน่วยความจา (MemoryManagement) การจัดการโพรเซส (ProcessManagement) การเชื่อมต่อเครือข่าย (Networking) เป็นต้น

2.6.4 องค์ประกอบของแอนดรอยด์แอพพลิเคชัน (Android Application Components)

2.6.4.1 Activity (User Interface) คือ สิ่งที่ใช้ในการแสดงผล ออกมาเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เห็น และได้ ใช้งาน โดยในแต่ละ Application นั้น อาจจะมี activity เดียว หรือ หลายๆ activity ก็ได้ หรืออาจจะไม่มี Activity เลยก็ได้ และสิ่งที่อยู่ใน activity นั้นจะเรียกว่า view ซึ่งก็มีอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น buttons, text fields, scroll bars, menu items, check boxes และอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4.2 Service (Service Provider) คือ ส่วนที่ไม่มีการแสดงผล โดยเป็นการทำงานในลักษณะเบื้องหลัง (Background Process) มีการทำงานต่างๆ เช่น ติดต่อรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย คำนวณค่าทางคณิตศาสตร์ แล้วทำการส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปยังส่วนของ Activity

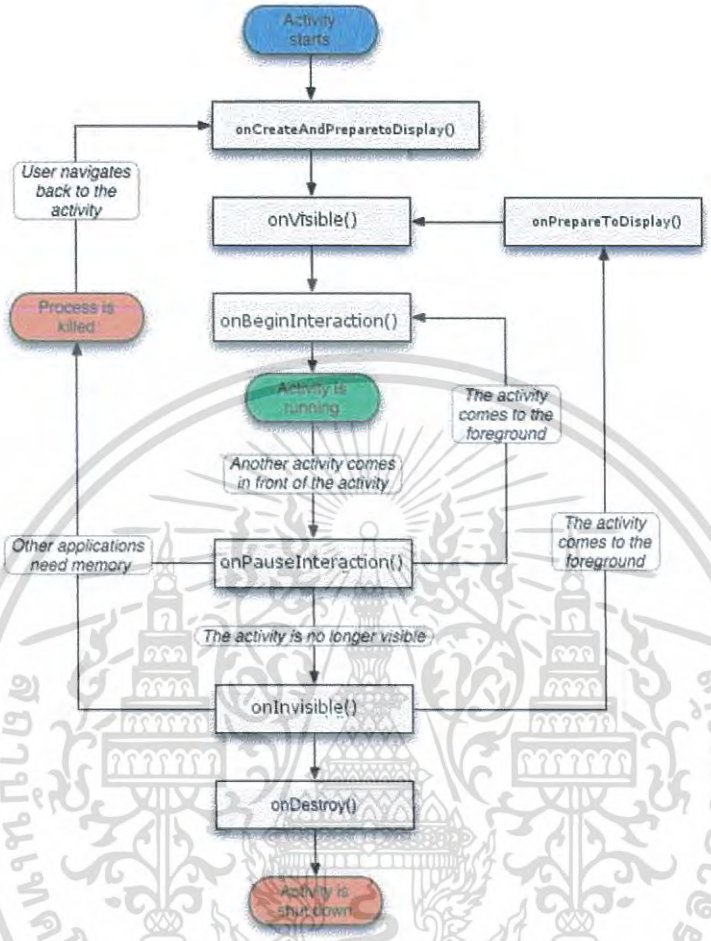
2.6.4.3 Broadcast receiver (Data Provider) คือ ส่วนที่รับข้อมูลจากส่วนต่างๆและนำข้อมูลเหล่านั้นมาดำเนินการต่อโดยไม่มีส่วนแสดงผล เช่น เมื่อมีสายเข้า เมื่อมีข้อความเข้า เมื่อแบตเตอรี่ต่ำ เป็นต้น Broadcast receiver จะทำการเรียกใช้ส่วน Activity เพื่อแสดงผลให้กับผู้ใช้หรือเรียกใช้สิ่งที่เรียกว่า Notification Manager โดนจะแสดงผลเป็นการสัญญาณเตือนในรูปแบบต่างๆ เช่น การสั่น การส่งเสียง ไฟกระพริบ เป็นต้น

2.6.4.4 Content provider (System Event Listener) คือ ส่วนของกลุ่มข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยแอพพลิเคชั่น เพื่อให้แอพพลิเคชั่นอื่นๆสามารถนำไปใช้ได้ โดยการจัดเก็บข้อมูลของ content provider นั้นจะอยู่ในลักษณะของ ไฟล์, ฐานข้อมูล SQLite และอื่นๆ

2.6.5 Activity Life Cycle คือ ส่วนที่มีหน้าที่ในการสร้างและควบคุมการทำงานของหน้าจอ เพื่อตอบโต้กับผู้ใช้งาน โดยในการทำงานจะสามารถตอบโต้กับผู้ใช้งานได้เพียงครั้งละ 1 Activity ไม่สามารถที่จะตอบโต้ทีละหลายๆActivityได้ และ Activity แต่ละตัวมี Life Cycle เป็นของตนเองโดยแบ่งสถานะได้ดังนี้

- Running เป็นสถานะที่ Activity กำลังทำงาน
- Pause เป็นสถานะที่ Activity หยุดการทำงานชั่วคราว แต่ยังคงแสดงผลบนหน้าจออยู่
- Stop เป็นสถานะที่ Activity หยุดการทำงาน
- Kill เป็นสถานะที่ Activity ถูกลบโดยเมื่อ Activity อยู่ในสถานะ Pause หรือ Stop จะสามารถลบ Activity ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 Activity Life Circle ของ Android

onCreate(Bundle) เรียกใช้เมื่อมีการสร้าง Activity ครั้งแรก เป็นส่วนสำคัญในการสร้างหน้าจอการทำงานและการควบคุมต่างๆ

onRestart() เรียกใช้หลังจากที่ Activity อยู่ในสถานะ Stop เพื่อให้กลับมาใช้งานอีกครั้ง

onStart() เรียกใช้เพื่อให้ Activity เริ่มการแสดงผล

onResume() เรียกใช้เพื่อให้ Activity ที่อยู่ในสถานะ Pause กลับมาทำงานได้

onPause() เรียกใช้เมื่อต้องการหยุดการทำงานของ Activity ชั่วคราว

onStop() เรียกใช้เมื่อต้องการหยุดการทำงานของ Activity

onDestroy() เรียกใช้เมื่อต้องการลบ Activity และยังมี method ที่สำคัญอีก 2 ตัว คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

onSaveInstanceState(Bundle) จะถูกเรียกก่อน onPause() เพื่อเก็บสถานะต่างๆ ของ Activity ไว้ใช้เมื่อ Activity นี้ได้กลับมาทางานอีกครั้ง

onRestoreInstanceState(Bundle) จะถูกเรียกก่อน onResume() เพื่อนำสถานะต่างๆ ของ Activity ที่เก็บไว้มาใช้งาน

2.7 Android SDK

การพัฒนา Application Android นั้นต้องใช้ภาษา JAVA ในการเขียนโปรแกรม โดยต้องมีการติดตั้งส่วนเสริมที่มีชื่อว่า ADT หรือ Android Development Tools ซึ่งเป็นส่วนเสริมที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและ โดยที่โปรแกรม Android SDK เป็นโปรแกรมที่รวบรวมไลบรารี่ต่างๆที่จำเป็นต่อการพัฒนาแอพพลิเคชั่นและมี Emulator ที่สามารถจำลองระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อใช้ทดสอบแอพพลิเคชั่นแอนดรอยด์ได้ Android SDK เป็นโปรแกรมที่ทางบริษัท Google ทำขึ้นเพื่อให้ผู้ที่มีความสนใจในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น สามารถดาวน์โหลดไปใช้พัฒนาแอพพลิเคชั่นได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และด้วยเหตุผลนี้ทำให้แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่มีแอพพลิเคชั่นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.8 ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality)

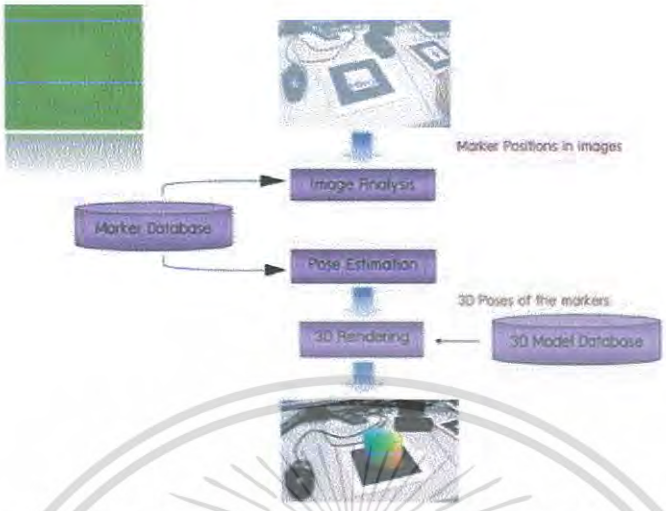
Augmented Reality หรือ AR เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็น จริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) ผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง เทคโนโลยี AR แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบที่ใช้ภาพสัญลักษณ์และแบบที่ใช้ระบบพิกัดในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างข้อมูลบนโลกเสมือนจริง ซึ่งในทางเทคนิคแล้วภาพสัญลักษณ์ที่ใช้ จะนิยมเรียกว่า “Marker” หรืออาจจะเรียกว่า *“AR Code”* ก็ได้ โดยใช้กล้องเว็บแคมในการรับภาพ เมื่อซอฟท์แวร์ที่เราใช้งานอยู่ประมวลผลรูปภาพเจอสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ก็จะแสดงข้อมูลภาพสามมิติที่ถูกระบุไว้ในโปรแกรมให้เห็น เราสามารถที่จะหมุนดูภาพที่ปรากฏได้ทุกทิศทางหรือเรียกว่าหมุนได้ 360 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน

2.8.1 หลักการของระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality) แนวคิดหลักของเทคโนโลยีเสมือนจริง คือการพัฒนาเทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงและความเสมือนจริง เข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ เช่น เว็บแคม คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งภาพเสมือนจริงนั้นจะ แสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ หน้าจอโทรศัพท์มือถือ บนเครื่องฉายภาพ หรือบนอุปกรณ์แสดงผลอื่นๆ โดยภาพเสมือนจริงที่ ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ทันที ทั้งในลักษณะที่เป็นภาพ นิ่งสามมิติ ภาพเคลื่อนไหว หรืออาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบ ขึ้นกับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบว่าให้ออกมาแบบใด โดยกระบวนการภายในของเทคโนโลยีเสมือนจริง ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 หลักการของระบบสนับสนุนความจริงเสมือน

1) การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหา Marker จากภาพที่ได้จากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของ Marker เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของ Marker การวิเคราะห์ภาพ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัย Marker เป็นหลักในการทำงาน (Marker based AR) และการวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่างๆ ที่อยู่ใน ภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less based AR)

2) การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) ของ Marker เทียบกับกล้อง

3) กระบวนการสร้างภาพสองมิติ จากโมเดลสามมิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพโดยใช้ค่าตำแหน่ง เชิง 3 มิติ ที่คำนวณได้จนได้ภาพเสมือนจริง

2.8.2 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality) ประกอบด้วย

1) AR Code หรือตัว Marker ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของวัตถุ

2) Eye หรือ กล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือ หรือ ตัวจับ Sensor อื่นๆ ใช้มองตำแหน่งของ AR Code แล้วส่งข้อมูลเข้า AR Engine

3) AR Engine เป็นตัวส่งข้อมูลที่อ่านได้ผ่านเข้าซอฟต์แวร์หรือส่วนประมวลผล เพื่อแสดงเป็นภาพต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) Display หรือ จอแสดงผล เพื่อให้เห็นผลข้อมูลที่ AR Engine ส่งมาให้ในรูปแบบ ของภาพ หรือ วีดีโอ หรืออีกวิธีหนึ่ง เราสามารถรวมกล้อง AR Engine และ จอภาพ เข้าด้วยกันในอุปกรณ์เดียว เช่น โทรศัพท์มือถือ หรืออื่นๆ

2.9 Vuforia

Vuforia คือ ซอฟต์แวร์แพลตฟอร์มสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality) โดยผู้ที่พัฒนาแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือนสามารถเพิ่มฟังก์ชันการประมวลผลต่างๆลงในแอปพลิเคชันได้โดยง่าย เพื่อทำให้แอปพลิเคชันสามารถรับรู้ได้ถึงรูปภาพหรือวัตถุแล้วแสดงผลออกมาในโลกแห่งความเป็นจริงได้ แพลตฟอร์มVuforiaสนับสนุนการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนความจริงเสมือนสำหรับอุปกรณ์ Andriod , IOS และ UWP

รูปที่ 2.26 Vuforia

2.9.1 Vuforia Target Manager เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสร้างและจัดการฐานข้อมูลของ Image Targets ได้แบบออนไลน์โดยสามารถกำหนดการเข้าถึงการจัดการฐานข้อมูลได้ผ่าน license keys Vuforia สนับสนุนฐานข้อมูล 3 ประเภทสำหรับเก็บ Targets

1. Device Database เป็น local database ของ Image Targets หรือ Object Targets ซึ่งเก็บอยู่ในอุปกรณ์ของผู้ใช้

2. VuMark Database เป็น local database ของ VuMarks ซึ่งเก็บอยู่ในอุปกรณ์ของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Cloud Database เป็นฐานข้อมูลของ Image Targets ที่เก็บไว้แบบออนไลน์

2.9.2 Image Targets คือรูปภาพที่ Vuforia SDK ใช้ตรวจจับและติดตามโดยที่รูปภาพนี้จะต่างเครื่องหมายแบบดั้งเดิมคือไม่จำเป็นต้องอยู่ในรูปแบบรหัสข้อมูลหรือQR Code แต่จะใช้เป็นรูปภาพใดก็ได้ SDK จะตรวจจับรูปภาพนั้นเปรียบเทียบกับรูปภาพในฐานข้อมูลเมื่อตรวจพบ Image Targets แล้ว SDK จะทำการติดตามภาพนั้นตราบเท่าที่ยังมีส่วนของภาพอยู่ในมุมมองของกล้องอย่างน้อยหนึ่งส่วน

2.10 Unity

Unity คือ เครื่องมือที่ใช้สร้างเกมหรือที่เรียกว่า Game Engine ซึ่งใช้สร้างเกม 3 มิติ หรือเกมส์ 2 มิติ โปรแกรม Unity สามารถทำงานได้บน 2 แพลตฟอร์มคือ Window และ OSX และสามารถ Export งานเพื่อนำไปใช้ได้หลายแพลตฟอร์มเช่น Window, OSX, Android, IOS เป็นต้น

Unity จะมองทุกอย่างเป็น GameObject ไม่ว่าจะเป็นต้นไม้ ก้อนหิน หรือสัตว์ โดยที่ GameObject จะทำงานร่วมกับ Component ซึ่งจะทำให้ GameObject สามารถเคลื่อนไหวหรือเปล่งเสียงได้

รูปที่ 2.27 Unity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1 ส่วนประกอบของ Unity

1. GameObject คือวัตถุต่างๆที่อยู่ในเกมส์ เช่น รถ, สัตว์, คน, บ้าน, ก้อนหิน เป็นต้น

2. Component คือคุณลักษณะหรือความสามารถต่างๆ ของ Object เช่น การเคลื่อนไหว, การส่งเสียง เป็นต้น

3. Asset คือ คุณลักษณะภายนอกที่เสริมการทำงานของ Component

4. Scene คือ ฉากแต่ละฉากซึ่งประกอบด้วย Game Object หลายๆ ตัวรวมกัน

2.10.2 ส่วนประกอบของโปรแกรม Unity

รูปที่ 2.28 โปรแกรม Unity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Project เป็นส่วนที่ใช้ในการเก็บทรัพยากร ต่างๆก่อนนำไปสร้างเกม เช่น - สคริปท์ต่างๆ ที่ใช้กำหนดควบคุมตัวเกม - 3D โมเดล ใช้เป็นตัวละครหรือวัตถุต่างๆ ในเกม - Textures หรือ พื้นผิวต่างๆ - ไฟล์เสียง หรือวีดีโอ - Prefabs - อื่นๆ

2. Hierarchy คือส่วนที่บอกลำดับชั้น ของ Object ต่างๆ ที่อยู่ใน Scene นั้นๆซึ่งมีทั้ง Object แบบเดี่ยว และ Object ที่เป็นแม่ลูกกัน ซึ่ง เมื่อมีการจัดการอะไรบางอย่างกับ Object แม่ Object ที่เป็นลูกนั้นก็จะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การสร้าง Object มีวิธีการคือลาก Object ต่างๆ ที่อยู่ ใน Project มาใส่ไว้ในส่วนของ Hierarchy หลังจาก นั้นจะปรากฏวัตถุที่ลากจาก Project มาวางบน Hierarchy ปรากฏขึ้นบน Scene ซึ่ง Object ต่างๆ เหล่านี้ สามารถเพิ่ม/แก้ไข/ลบ ได้โดยไม่ กระทบกับ Object ที่อยู่ใน Project

3. Scene เป็นส่วนที่บ่งบอกว่าในฉากที่กำลังทำงาน มี Object อะไรบ้าง สามารถจัดการ Object ต่างๆ เช่น กล้อง แสง เอฟเฟค หรือโมเดล 3 มิติ ได้จากส่วนนี้

4. Game คือส่วนที่แสดงการทำงานของเกมใน Scence ทำให้มองเห็นภาพ เหตุการณ์ และ การทำงานของ วัตถุ ต่างๆ ภายใน Scence ที่สร้างขึ้น

5. Inspector เป็นส่วนที่บ่งบอกถึงคุณสมบัติต่างๆ ของ Object ซึ่งสามารถจัดการคุณสมบัติต่างๆ ของ Object ได้ในกรอบของ Inspector

โดยที่โปรแกรม Unity สามารถใช้งานร่วมกับ Vuforia ในการสร้างแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้างอุปกรณ์

3.1 การทดลองศึกษาระยะโพรบเซ็นเซอร์

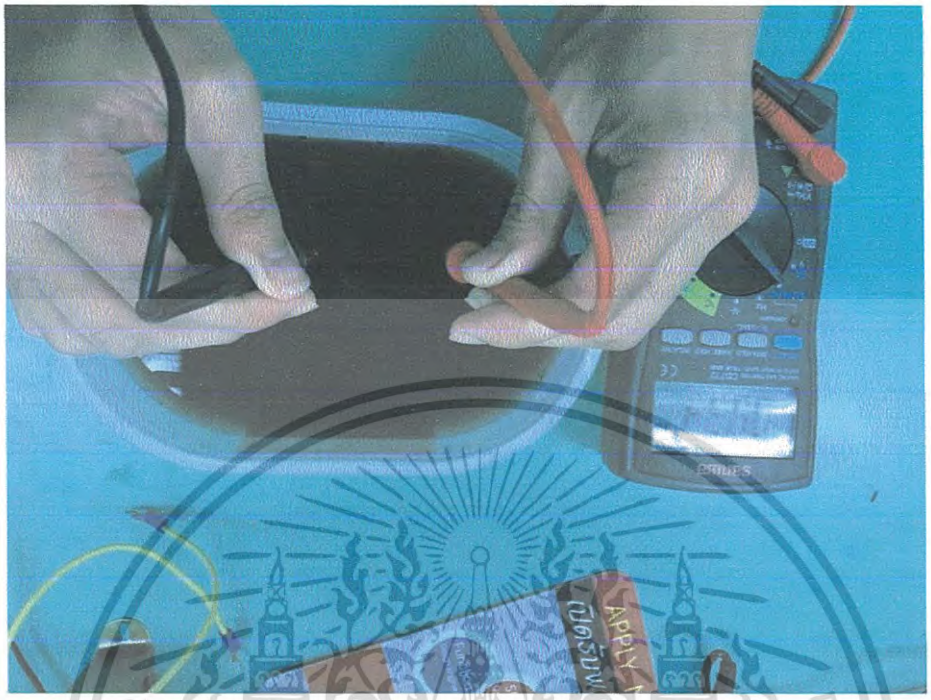
การทดลองศึกษาระยะโพรบเซ็นเซอร์เป็นการทดลองเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบระยะโพรบเซ็นเซอร์ให้สามารถวัดค่ากระแสได้ละเอียดมากที่สุดและยังทำให้รู้ถึงการกระจายตัวของกระแสรั่วไหลในน้ำอีกด้วยซึ่งจำเป็นต้องมีการออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่รั่วไหลในน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ จากนั้นทำการวัดแรงดันที่ระยะโพรบเซ็นเซอร์ค่าต่างๆ

3.1.1 การหาความต้านทานน้ำ ในการหาระยะโพรบเซ็นเซอร์จำเป็นต้องทราบความต้านทานในน้ำชนิดต่างๆที่มีผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าค่าต่างกันเพื่อนำไปคำนวณค่ากระแสรั่วไหลในน้ำ การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในน้ำชนิดต่างๆกัน ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส พบว่า

รูปที่ 3.1 การวัดความต้านทานน้ำประปา

จากการทดลองค่าความต้านทานไฟฟ้าของน้ำประปาอยู่ที่ 50 - 100 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การวัดความต้านทานน้ำขุ่น

จากการทดลองค่าความต้านทานไฟฟ้าของน้ำขุ่นอยู่ที่ 40 - 90 kΩ

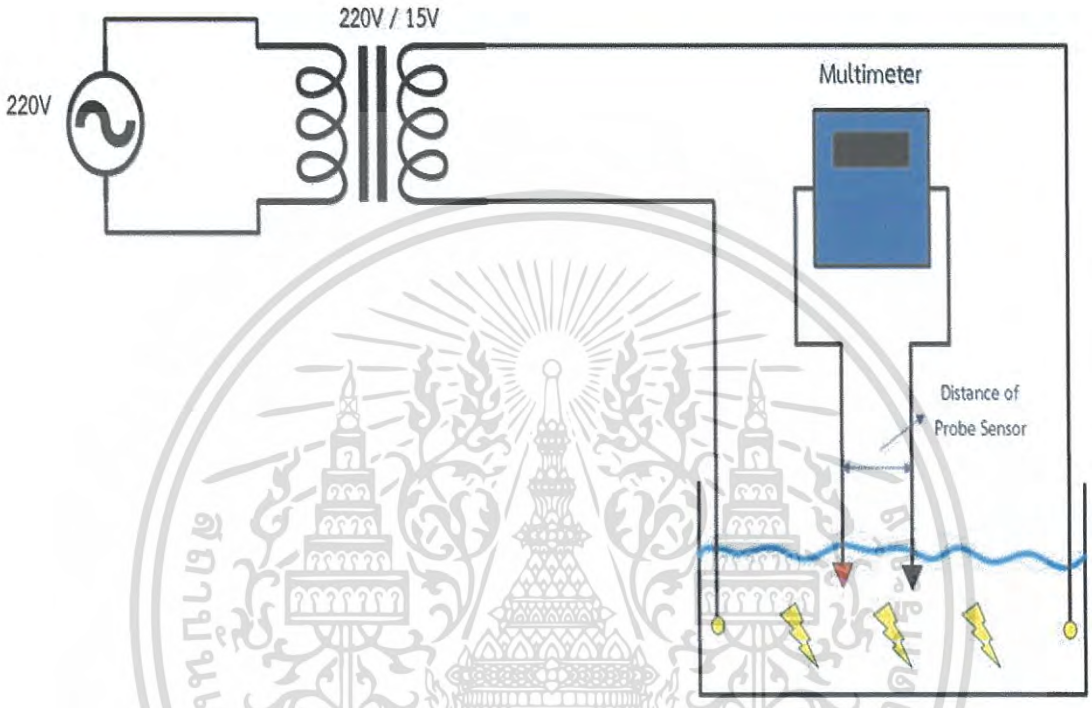
ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานจะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับระยะของโพรบที่ใช้วัดโดย ถ้าโพรบกว้างค่าความต้านทานจะมีค่ามากขึ้นและน้ำขุ่นจะมีค่าความต้านทานน้อยกว่าน้ำประปา เนื่องจากมีสิ่งเจือปนอยู่มาก

ซึ่งความต้านทานในน้ำจะมีผลต่อกระแสที่เกิดขึ้นในน้ำท่วมโดยเป็นส่วนกลับกัน ยิ่งความต้านทานในน้ำมากกระแสจะยิ่งเกิดขึ้นน้อยลง ความต้านทานในน้ำน้อยกระแสก็จะยิ่งเกิดมากขึ้น และจะเห็นว่าระยะโพรบเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดจะเป็น ตัวกำหนดความต้านทานของน้ำด้วย

3.1.2 การทดลองหาการกระจายแรงดันเมื่อมีไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำท่วม จะทำการทดลองโดยปล่อยแหล่งจ่ายไฟฟ้า 15 V ลงในน้ำประปา จากนั้นวัดหาการกระจายแรงดันที่จุดต่างๆโดยการปรับระยะโพรบของมัลติมิเตอร์ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ตอนย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.กรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ห่างกัน



รูปที่ 3.3 กรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ห่างกัน

ค่าที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองกรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ห่างกัน

Distance of Probe Sensor (cm)	Voltage (V)
1	0.362
2	0.601
3	1.020
4	1.420

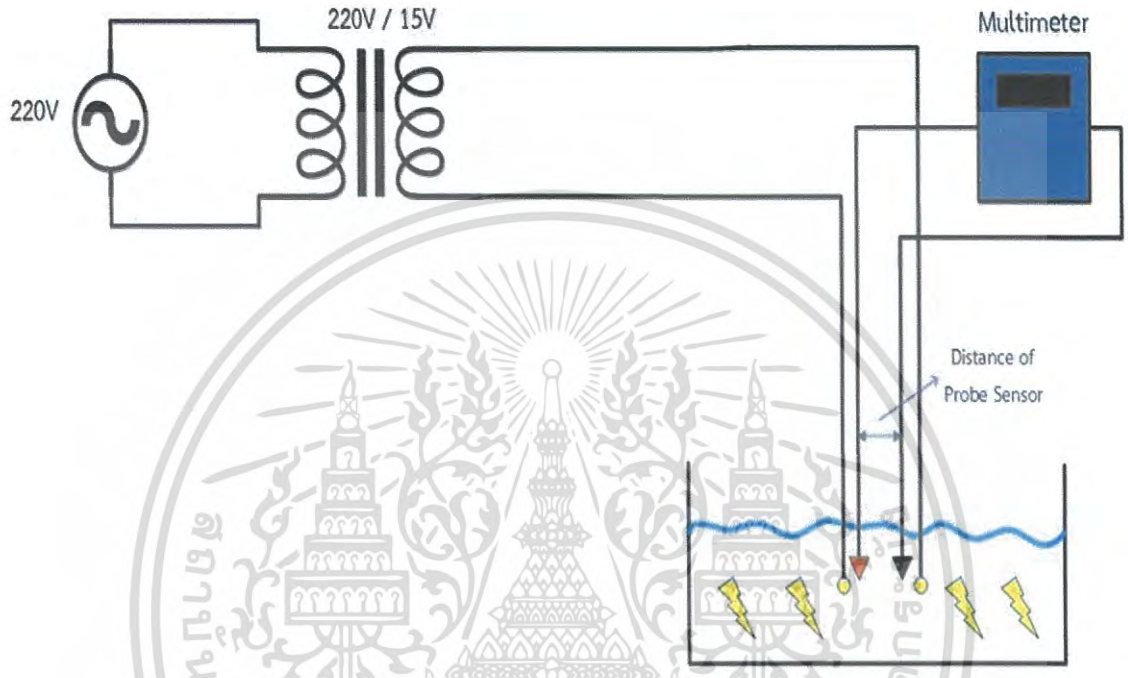
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	1.726
6	1.996
7	2.282
8	2.421
9	2.582
10	2.921
11	3.212
12	3.578
13	3.950
14	4.520
15	5.620

การทดลองข้างต้นพบว่าที่ระยะโพรบเซ็นเซอร์ยิ่งเข้าใกล้จุดที่เกิดไฟฟ้ารั่วมากค่าที่อ่านได้ก็จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกระยะโพรบที่น้อยซึ่งสามารถจับค่าแรงดันได้ดีกว่าโพรบที่ห่างกันระยะไกลเพราะเพราะแรงดันที่เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำจะเกิดขึ้นมากบริเวณใกล้แหล่งจ่าย การที่มีโพรบน้อยจะสามารถเข้าใกล้แหล่งจ่ายได้ง่ายกว่าซึ่งจะวัดค่าได้ละเอียดกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.กรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ชิดกัน



รูปที่ 3.4 กรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ชิดกัน

ค่าที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองกรณีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ชิดกัน

Distance of Probe Sensor (cm)	Voltage (V)
1	1.310
2	2.561
3	4.313
4	2.983

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

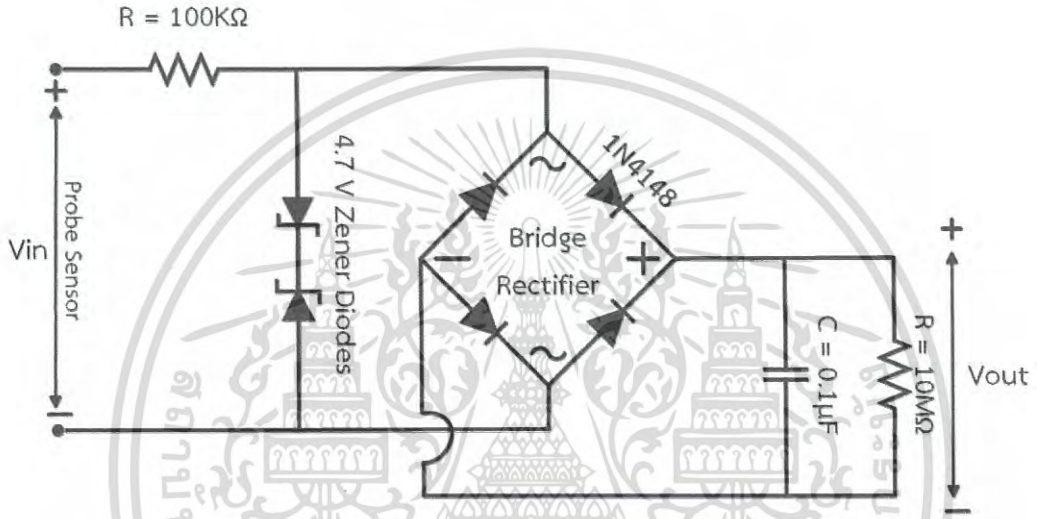
5	3.061
6	2.902
7	2.723
8	2.476
9	2.223
10	2.025
11	1.983
12	1.749
13	1.988
14	2.127
15	1.532

จากการทดลองข้างต้นพบว่าในช่วงแรกที่ระยะโพรบเซ็นเซอร์น้อยๆค่าที่อ่านได้จะมีค่ามากเนื่องจากอยู่ใกล้จุดเกิดไฟฟ้ารั่วและจะมีค่ามากที่สุดเมื่อโพรบเซ็นเซอร์อยู่ที่บริเวณจุดเกิดไฟฟ้ารั่ว และเมื่อระยะของโพรบเซ็นเซอร์มากขึ้นค่าที่วัดได้ก็จะมีค่าน้อยลงเนื่องจากโพรบเซ็นเซอร์อยู่ห่างจากจุดเกิดไฟฟ้ารั่ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกระยะโพรบที่น้อยซึ่งสามารถจับค่าแรงดันได้ดีกว่าโพรบที่ห่างกันระยะไกลเพราะแรงดันที่เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำจะเกิดขึ้นมากบริเวณใกล้แหล่งจ่าย การที่มีโพรบน้อยจะสามารถเข้าใกล้แหล่งจ่ายได้ง่ายกว่าซึ่งจะวัดค่าได้ละเอียดกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ

การออกแบบวงจรเพื่อตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำดังรูปที่ 3.5 โดยทางผู้วิจัยได้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นในการวัดสัญญาณแรงดันเนื่องจากวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นสามารถแปลงแรงดันกระแสสลับเป็นแรงดันกระแสตรงได้ทำให้นำไปใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายและนอกจากนี้ยังมีวงจร Clipper ทำหน้าที่จำกัดแรงดันไม่ให้เกินที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับได้



รูปที่ 3.5 Circuit Diagram

ส่วนประกอบของวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ

1.Resistor 100 kΩ ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดเกินค่าพิกัดซึ่งจะทำให้ซีเนอร์ไดโอดเสียหายได้

2.Zener Diode 1N4732A 4.7 V จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่จำกัดแรงดันไม่ให้เกิน 3.3 V

3.Full Bridge Rectifier ประกอบด้วย ไดโอด 1N4148 จำนวน 4 ตัว ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรง

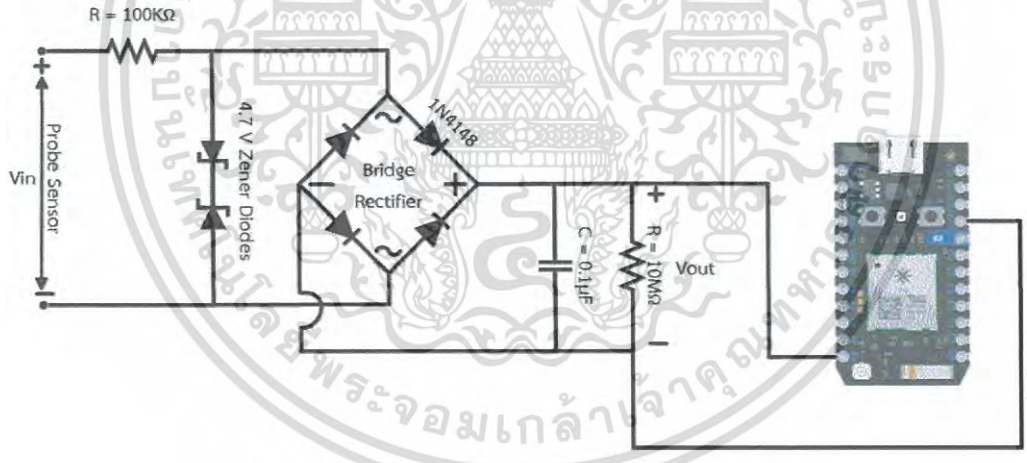
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.Capacitor 0.1 μF ทำหน้าที่เก็บประจุไว้ในช่วงเวลาไดโอดนำกระแสและทำหน้าที่คายประจุผ่านตัวต้านทานโหลดในช่วงเวลาที่ไดโอดไม่นำกระแส การทำงานของวงจรกรองจะทำการกรองแรงดันไฟตรงที่ยังไม่เรียบให้มีความราบเรียบยิ่งขึ้น

5.Resistor 10 MΩ ทำหน้าที่เป็นโหลด

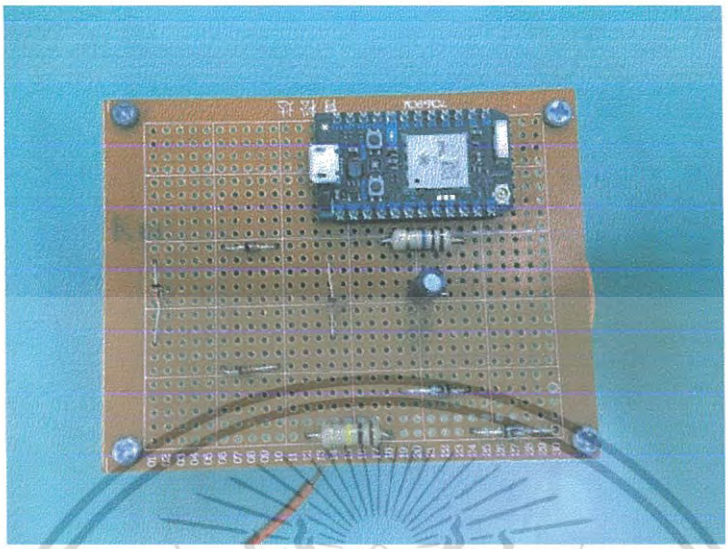
3.3 การส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลคลาวด์

การส่งข้อมูลที่วัดได้จากวงจรวัดไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำไปยังฐานข้อมูลคลาวด์โดยใช้เทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) คือการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้ Particle Photon ซึ่งเป็น Wi-Fi Module สำหรับการทำ IoT ทำให้สามารถส่งข้อมูลที่วัดได้ไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลของ Particle Cloud โดยการต่อแรงดันทางด้านขาออกเข้ากับขา Analog Input (A0) ของ Photon และแรงดันทางด้านลบเข้ากับกราวน์ของ Photon



รูปที่ 3.6 Circuit Diagram with Photon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ

เขียนโค้ดบน Particle Web IDE โดยใช้คำสั่ง Particle.variable() ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้ส่งข้อมูลไปยังคลาวด์

```
1
2   int analogPin = A0;
3   double VoltageInput,VoltageCalibrated,DistanceInput;
4
5   void setup() {
6       Serial.begin(9600); //Start Serial
7       Particle.variable("Voltage", VoltageCalibrated); //send VoltageCalibrated to particle cloud
8       Particle.variable("Distance", DistanceInput); //send DistanceInput to particle cloud
9   }
10
11  void loop() {
12      VoltageInput = analogRead(analogPin);                   //Read Analog Pin
13      VoltageCalibrated = (VoltageInput/4096) *3.3;           //Voltage Calibration
14      DistanceInput = ((VoltageCalibrated) *(-9))+20;
15      Serial.println(VoltageCalibrated);
16      Serial.println(DistanceInput);
17      delay(10);
18  }
```

รูปที่ 3.8 โค้ดในการส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเขียนแอปพลิเคชัน AR

ในการเขียนแอปพลิเคชัน AR ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Unity ร่วมกับ Vuforia เนื่องจาก Vuforia เป็น AR SDK ที่ใช้งานร่วมกับ Unity ได้ดีที่สุดและใช้งานง่ายและสามารถเขียนแอปพลิเคชันได้หลายแพลตฟอร์มเช่น Android, IOS เป็นต้น

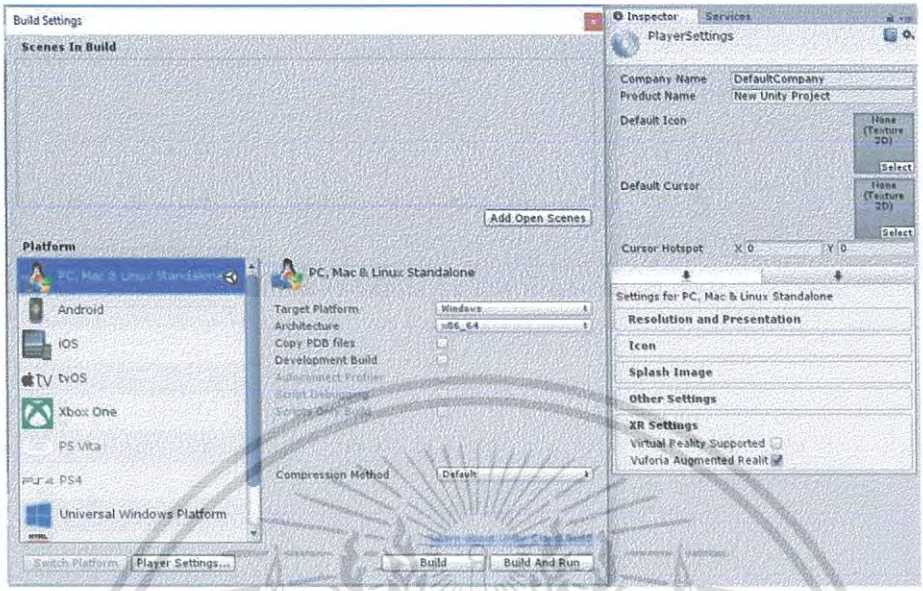
3.4.1 สร้าง Image Targets การสร้าง Image Targets เพื่อใช้เป็น Marker สำหรับแอปพลิเคชัน ARโดยการเข้าไปที่ส่วน Develop บนเว็บไซต์ Vuforia จากนั้นเข้าไปที่ Target Manager เพื่อทำการสร้างฐานข้อมูล Image Targets

รูปที่ 3.9 การสร้าง Image Targets

3.4.2 เขียนแอปพลิเคชัน AR บนโปรแกรม Unity

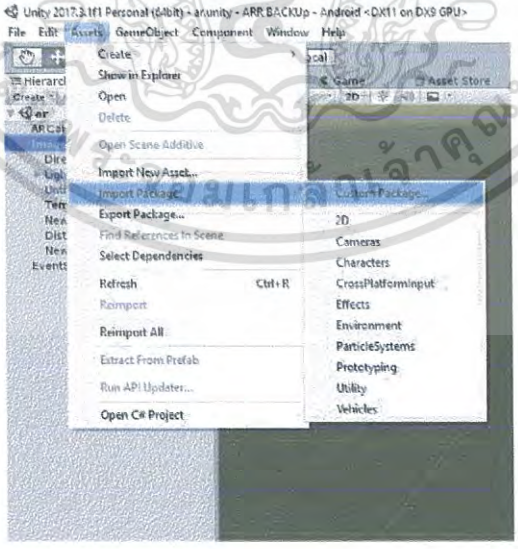
1.เปิดใช้ Vuforia บน Unity โดยการคลิกที่ File>Build Settings>Player Settings>XR Setting เลือก Vuforia Augmented Reality จะเป็นการ Import Vuforia AR SDK ลงใน project

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 Import vuforia to unity project

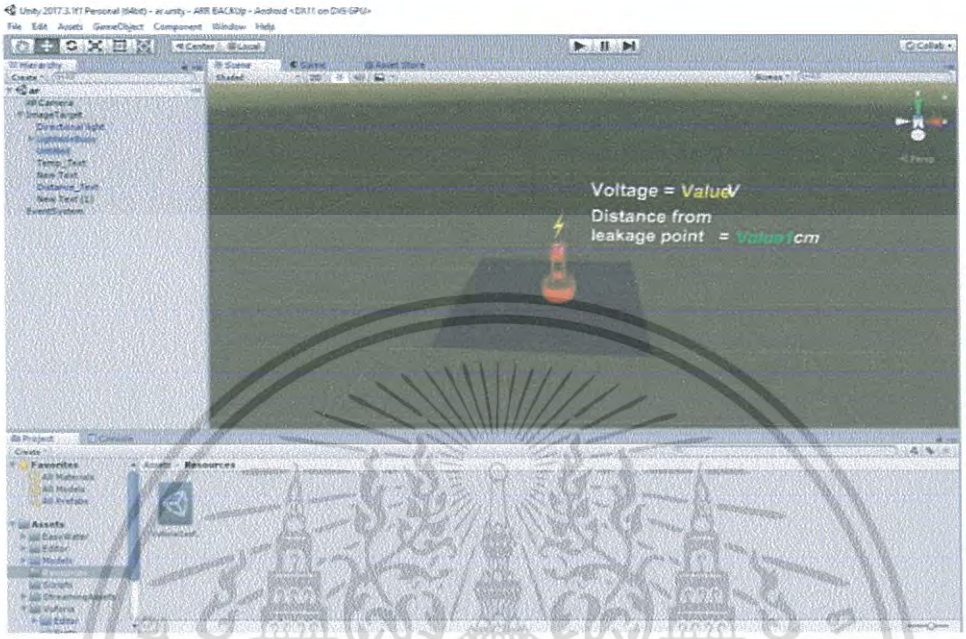
2. Import Image Targets ที่สร้างจากเว็บไซต์ Vuforia โดยการ Download Database จากเว็บไซต์ จากนั้นคลิกที่ Assets>Imports Package>Custom Package เลือก Image Targets ที่ทำการดาวน์โหลดไว้



รูปที่ 3.11 Import Image Targets

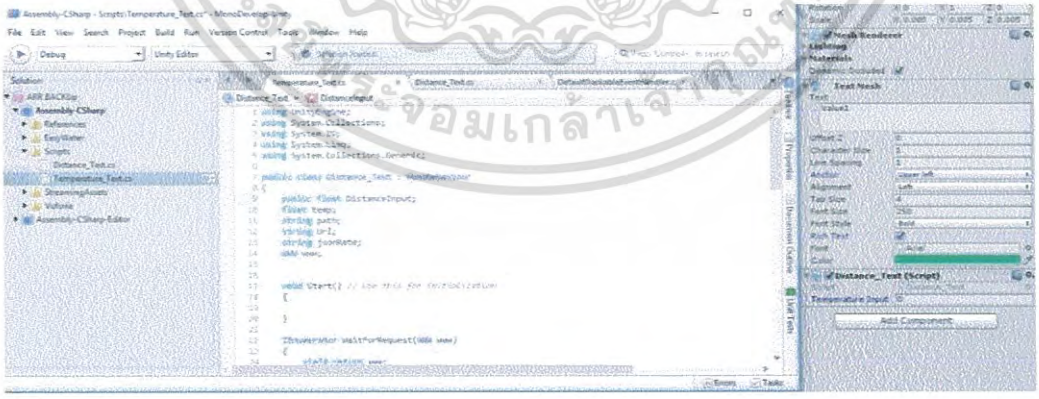
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ทำการสร้าง Object ต่างๆที่ต้องการให้แสดงผลบนแอปพลิเคชัน



รูปที่ 3.12 สร้าง Object บน Unity

4. เขียน Script คำสั่งรับค่าจากฐานข้อมูลคลาวด์โดยใช้ฟังชันก์ JSONUtility จากนั้น Add Component ไปที่ Text Voltage และ Distance



รูปที่ 3.13 Script Text

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดสำหรับรับค่าแรงดัน

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Collections.Generic;

public class Voltage_Text : MonoBehaviour
{
    public float VoltageInput;
    float Voltage;
    string path;
    string Url;
    string jsonRate;
    WWW www;

    void Start() // Use this for initialization
    {
    }

    IEnumerator WaitForRequest(WWW www)
    {
        yield return www;

        // check for errors
        if (www.error == null)
        {
            string work = www.text;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        _Particle fields = JsonUtility.FromJson<_Particle>(work);
        string jsonRate = fields.result;

        temp = float.Parse (jsonRate);
        //VoltageInput = Mathf.FloorToInt(temp);
        VoltageInput = temp;
        //Debug.Log (VoltageInput);
    } else {

    }
}

// Update is called once per frame
void Update()
{

    string url = "https://api.particle.io/v1/devices/3a001d000647343138333038/Voltage?
access_token=043d73e9979595ece20aeb0afba7f92f9169cfc5";
    www = new WWW(url);
    StartCoroutine(WaitForRequest(www));

    GetComponent<TextMesh>().text = VoltageInput.ToString("f2");
}
[System.Serializable]
public class _Particle{
    public string name;
    public string result;
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดสำหรับรับค่าระยะทาง

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Collections.Generic;

public class Distance_Text : MonoBehaviour
{
    public float DistanceInput;
    float Distance;
    string path;
    string Url;
    string jsonRate;
    WWW www;

    void Start() // Use this for initialization
    {

    }

    IEnumerator WaitForRequest(WWW www)
    {
        yield return www;

        // check for errors
        if (www.error == null)
        {
            string work = www.text;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            _Particle fields = JsonUtility.FromJson<_Particle>(work);
            string jsonRate = fields.result;

            temp = float.Parse (jsonRate);
            //DistanceInput = Mathf.FloorToInt(temp);
            DistanceInput = temp;
            //Debug.Log (DistanceInput);
        } else {

        }
    }
    // Update is called once per frame
    void Update()
    {

        string url = "https://api.particle.io/v1/devices/3a001d000647343138333038/Distance
?access_token=043d73e9979595ece20aeb0afba7f92f9169cfc5";
        www = new WWW(url);
        StartCoroutine(WaitForRequest(www));

        GetComponent<TextMesh>().text = DistanceInput.ToString("f2");
    }
    [System.Serializable]
    public class _Particle{
        public string name;
        public string result;
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดสำหรับรับค่าระยะทาง

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Collections.Generic;

public class Distance_Text : MonoBehaviour
{
    public float DistanceInput;
    float Distance;
    string path;
    string Url;
    string jsonRate;
    WWW www;

    void Start() // Use this for initialization
    {

    }

    IEnumerator WaitForRequest(WWW www)
    {
        yield return www;

        // check for errors
        if (www.error == null)
        {
            string work = www.text;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            _Particle fields = JsonUtility.FromJson<_Particle>(work);
            string jsonRate = fields.result;

            temp = float.Parse (jsonRate);
            //DistanceInput = Mathf.FloorToInt(temp);
            DistanceInput = temp;
            //Debug.Log (DistanceInput);
        } else {

        }
    }
    // Update is called once per frame
    void Update()
    {

        string url = "https://api.particle.io/v1/devices/3a001d000647343138333038/Distance
?access_token=043d73e9979595ece20aeb0afba7f92f9169cfc5";
        www = new WWW(url);
        StartCoroutine(WaitForRequest(www));

        GetComponent<TextMesh>().text = DistanceInput.ToString("f2");
    }
    [System.Serializable]
    public class _Particle{
        public string name;
        public string result;
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Build Application เป็นแพลตฟอร์มแอนดรอยด์

รูปที่ 3.14 Unity Project

รูปที่ 3.15 Build Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและผลจำลองทางคอมพิวเตอร์

4.1 บทนำ

จากการออกแบบวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วในน้ำเมื่อนำวงจรไปตรวจวัดในบริเวณที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหล วงจรจะนำค่าแรงดันกระแสสลับที่วัดได้มาเปลี่ยนเป็นกระแสตรงและแสดงผลออกมา สำหรับปริมาณกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ขนาดแหล่งจ่ายไฟฟ้า ชนิดของน้ำ ปริมาณน้ำในบริเวณนั้น เพราะเมื่อทำการวัดแรงดันในน้ำที่ระยะเดียวกัน แต่มีปัจจัยเหล่านี้ต่างกันค่าที่วัดได้จะมีค่าไม่เท่ากัน และเมื่อนำวงจรตรวจจับกระแสไฟฟ้ารั่วไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีระบบสนับสนุนความจริงเสมือน จำเป็นต้องมีการควบคุมแรงดันเพื่อไม่ให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย ทั้งนี้ในการประมาณระยะทางจากจุดวัดกับจุดที่มีการปล่อยกระแสไฟฟ้ารั่วไหลจึงต้องมีข้อจำกัดในการกำหนดสภาวะของน้ำ ปริมาณน้ำและขนาดแหล่งจ่าย โดยการทดลองทั้งบท4นี้ใช้แหล่งจ่าย 15V และ 24V เป็นจุดกำเนิดไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ เนื่องจากกระแสที่เริ่มเป็นอันตรายต่อมนุษย์เท่ากับ 0.5 mA และ ความต้านทานร่างกายมนุษย์ประมาณ 500000 โอห์ม ดั้งนั้นแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ต้องไม่เกิน 25V

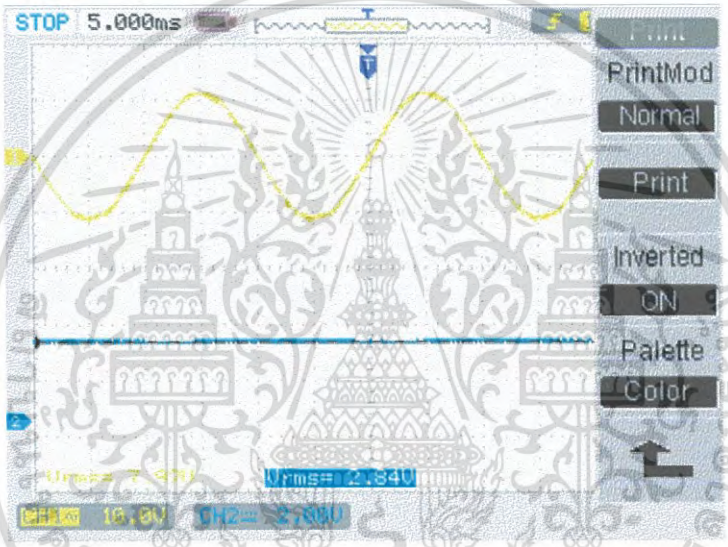
4.2 ผลการทดลองจากการใช้วงจรตรวจวัดเมื่อมีไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำเพื่อเปรียบแรงดันขาเข้าและออกจากวงจร

ตารางที่ 4.1 การทดลองเปรียบแรงดันขาเข้าและแรงดันที่ออกจากวงจร

Distance(cm)	Input Voltage(V)	Output Voltage(V)
0	24	3.34
2.5	7.92	2.84
5	5.06	2.69
7.5	3.20	2.38

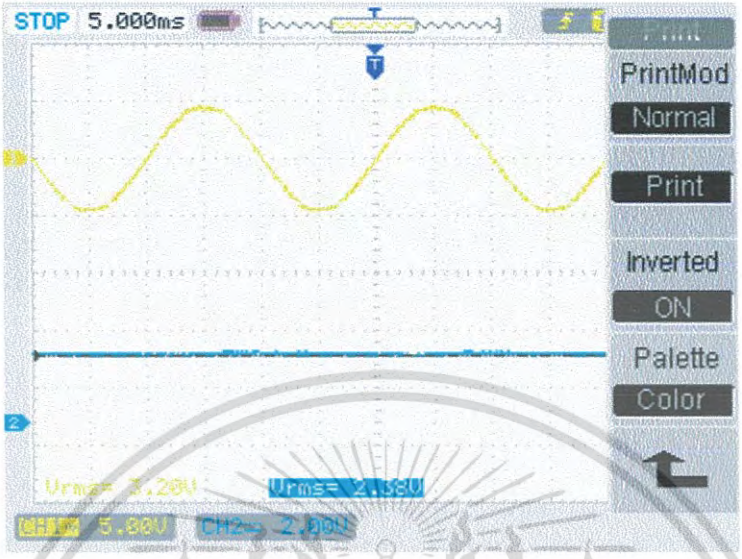
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	2.47	2.1
12.5	1.92	1.76
15	1.55	1.37
17.5	1.33	1.11
20	1.2	0.986
22.5	1.13	0.907



รูปที่ 4.1 แรงดันไฟฟ้าที่รั่วไหลในน้ำ ที่ระยะ 2.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

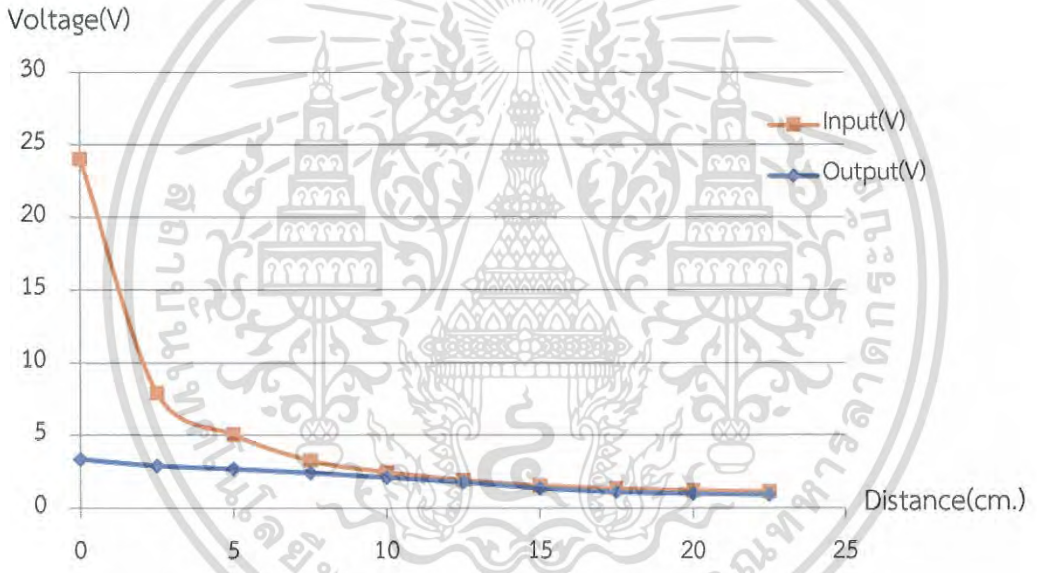


รูปที่ 4.2 แรงดันไฟฟ้าที่รั่วไหลในน้ำ ที่ระยะ 7.5 cm

รูปที่ 4.3 แรงดันไฟฟ้าที่รั่วไหลในน้ำ ที่ระยะ 17.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าอุปกรณ์ตรวจจับวัดไฟฟ้ารั่วในน้ำเมื่อนำมาใช้งานจริง พบว่าอุปกรณ์จะเริ่มมีการตัดสัญญาณเมื่อค่าแรงดันที่ตรวจวัดได้มีค่ามากกว่า 2 โวลต์และเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เพิ่มขึ้นวงจรจะค่อยๆตัดสัญญาณแรงดันให้มีค่าค่อยๆลู่เข้าค่าแรงดันที่จำกัดของตัวซีเนอร์ไดโอดนั่นก็คือ 4.7 โวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันสูงสุดที่รับได้ หรือเมื่อแปลงเป็นแรงดันที่เฉลี่ยที่ได้คือ 3.34 โวลต์ ที่สามารถแปลงเป็นแรงดันกระแสตรงได้สูงสุด ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้ารั่วในน้ำที่วัดได้ ต่ำกว่า 2 โวลต์ อุปกรณ์จะยังไม่มีการเริ่มตัดสัญญาณซึ่งสามารถแปลงค่าได้ใกล้เคียงกับแรงดันที่วัดได้ ซึ่งได้ค่าแรงดันขาออกประมาณ 90% ของแรงดันขาเข้าซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี เมื่อนำผลการทดลองมาพลอตกราฟเปรียบเทียบจะได้กราฟคือ



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบแรงดันอินพุทและแรงดันเอาท์พุทที่ออกจากวงจร

4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ

4.3.1 ขนาดแหล่งจ่ายไฟที่เกิดการรั่วไหลลงสู่น้ำ เมื่อทำการทดลองใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ารั่วขนาด 24 โวลต์ และ 15 โวลต์ จ่ายลงสู่น้ำชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากันและทำการวัดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลที่ระยะต่างๆจะได้เป็นดังตาราง

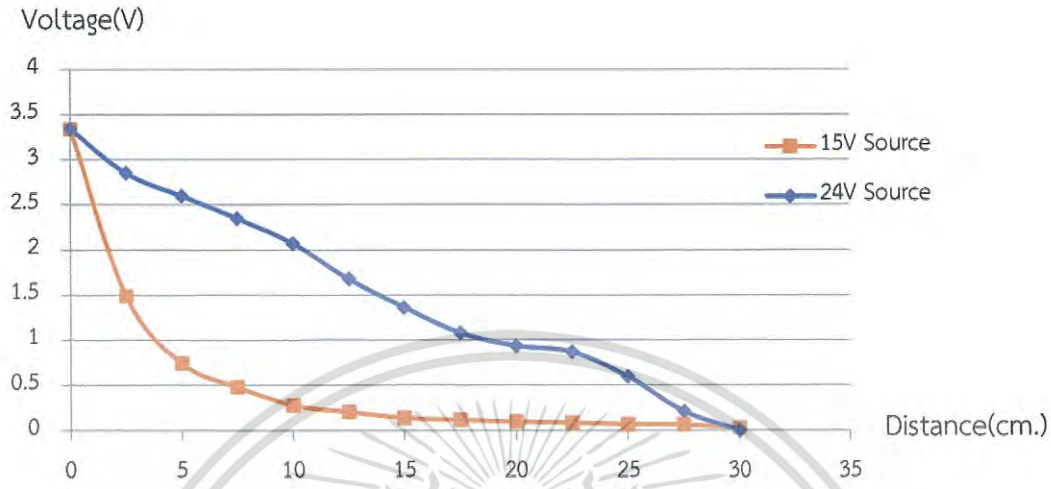
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดลองขนาดแหล่งจ่ายไฟที่มีผลต่อขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ

Distance(cm.)	Volt	
	15V Source	24V Source
0	3.34	3.34
2.5	1.49	2.85
5	0.743	2.6
7.5	0.478	2.35
10	0.277	2.07
12.5	0.203	1.68
15	0.138	1.36
17.5	0.115	1.08
20	0.096	0.936
22.5	0.086	0.868
25	0.071	0.596
27.5	0.065	0.209
30	0.029	0

จากตารางจะเห็นว่าที่ระยะห่างการวัดเดียวกันจะเห็นว่าทุกๆจุดของการวัดสำหรับแหล่งจ่ายแรงดัน 24 โวลต์ จะให้แรงดันมากกว่าแหล่งจ่ายแรงดัน 15 โวลต์ เมื่อนำมาพล็อตกราฟเปรียบเทียบจะเห็นได้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบแรงดันรั่วไหลในน้ำเมื่อแหล่งจ่ายมีขนาดต่างกัน

4.3.2 ความต้านทานของน้ำ เมื่อทำการทดลองใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 24 โวลต์ จ่ายลงสู่น้ำที่มีความลึก 3เซนติเมตรโดยใช้น้ำขุ่นจากลำคลองเปรียบเทียบเทียบกับน้ำประปาที่มีความสะอาดมากกว่า และทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากวงจรที่ระยะต่างๆ จะได้ผลการทดลองเป็น

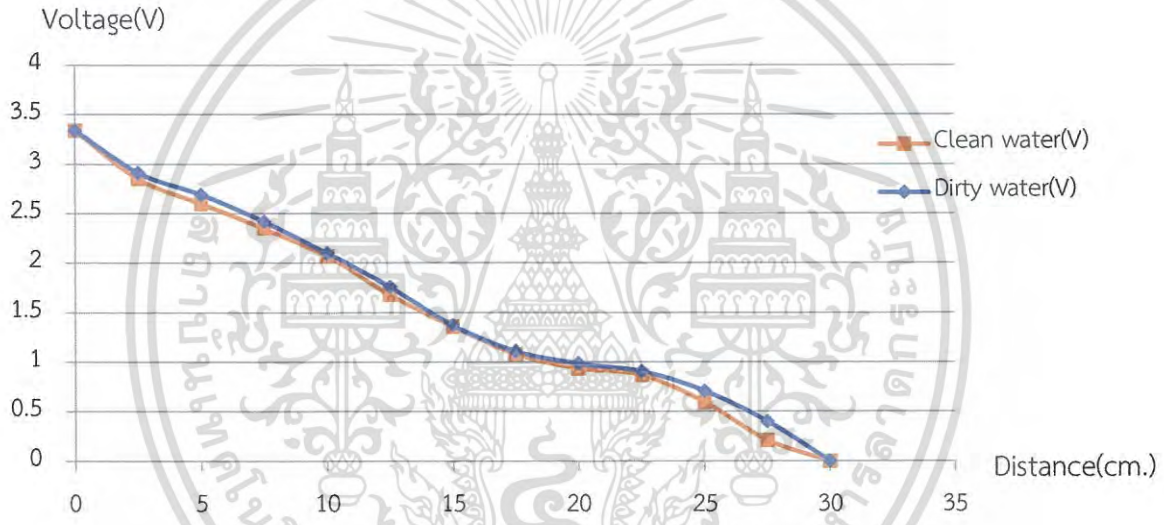
ตารางที่ 4.3 การทดลองความต้านทานของน้ำที่มีผลต่อขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลที่เกิดขึ้นในน้ำ

Distance(cm.)	Clean water(V)	Dirty water(V)
0	3.34	3.34
2.5	2.85	2.91
5	2.6	2.69
7.5	2.35	2.42
10	2.07	2.1
12.5	1.68	1.76
15	1.36	1.37
17.5	1.08	1.11
20	0.936	0.986
22.5	0.868	0.907

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25	0.596	0.708
27.5	0.209	0.4
30	0	0

จากผลการการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าที่ระยะเดียวกันถึงแม้ค่าที่วัดได้จะใกล้เคียงกันแต่แรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำขุ่นจะให้ค่าแรงดันมากกว่าในน้ำสะอาดที่ทุกๆระยะการวัดเมื่อวาดกราฟจะได้ดังรูป



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าในน้ำขุ่นและน้ำใส

4.3.3 ความลึกของน้ำ เมื่อทำการทดลองใช้แหล่งจ่าย 24 โวลต์จ่ายลงในน้ำสะอาดในปริมาณที่มีความลึกต่างกันโดยเปรียบเทียบที่ความลึก 10 เซนติเมตรและ 3เซนติเมตร และพบว่าจะได้ผลการทดลองคือ

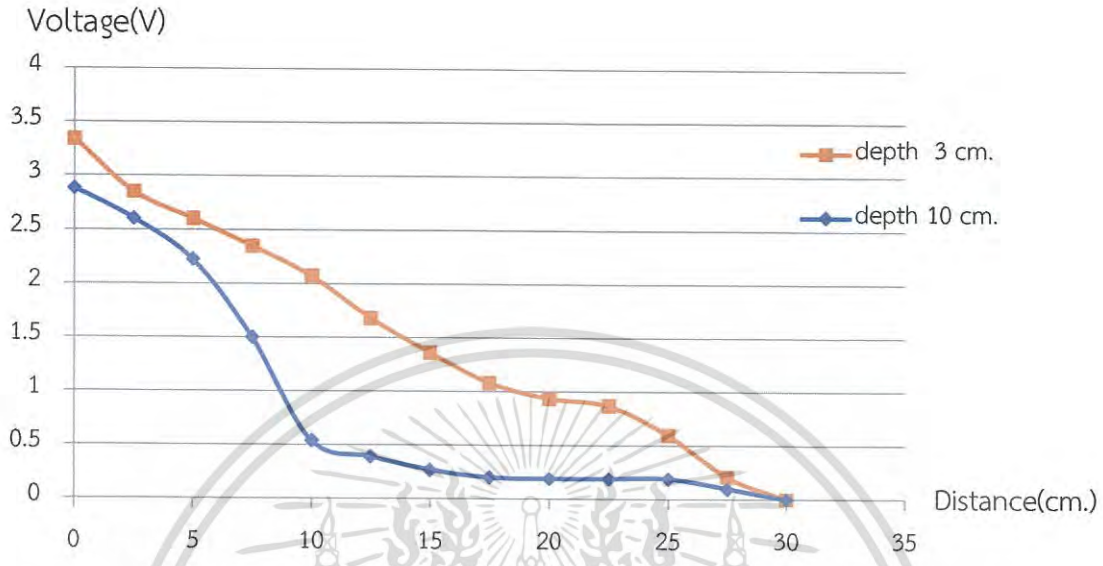
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดลองระดับน้ำที่มีผลต่อขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลที่เกิดขึ้นในน้ำ

Distance(cm.)	Volt(V)	
	ความลึก 3 cm.	ความลึก 10 cm.
0	3.34	2.88
2.5	2.85	2.6
5	2.6	2.22
7.5	2.35	1.5
10	2.07	0.54
12.5	1.68	0.39
15	1.36	0.27
17.5	1.08	0.2
20	0.936	0.19
22.5	0.868	0.19
25	0.596	0.19
27.5	0.209	0.1
30	0	0

จากผลการทดลองจะเห็นว่าที่บริเวณที่มีความลึกของน้ำต่างกันจะให้แรงดันไฟฟ้ารั่วไหลที่ขนาดต่างกันซึ่งบริเวณที่มีความลึกกว่าจะให้แรงดันน้อยกว่าบริเวณที่มีความตื้นเมื่อวัดแรงดันรั่วไหลในน้ำที่ระยะเดียวกันและลักษณะการกระจายแรงดันจะแตกต่างกันโดยยิ่งบริเวณที่มีความลึกมากแรงดันที่รั่วไหลจะไม่สามารถกระจายตัวไปได้ไกลมากในทางกลับกันบริเวณที่มีความตื้นจะสามารถกระจายแรงดันที่รั่วไหลไปได้ไกลกว่า เมื่อนำมาวาดกราฟเปรียบเทียบกันจะได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

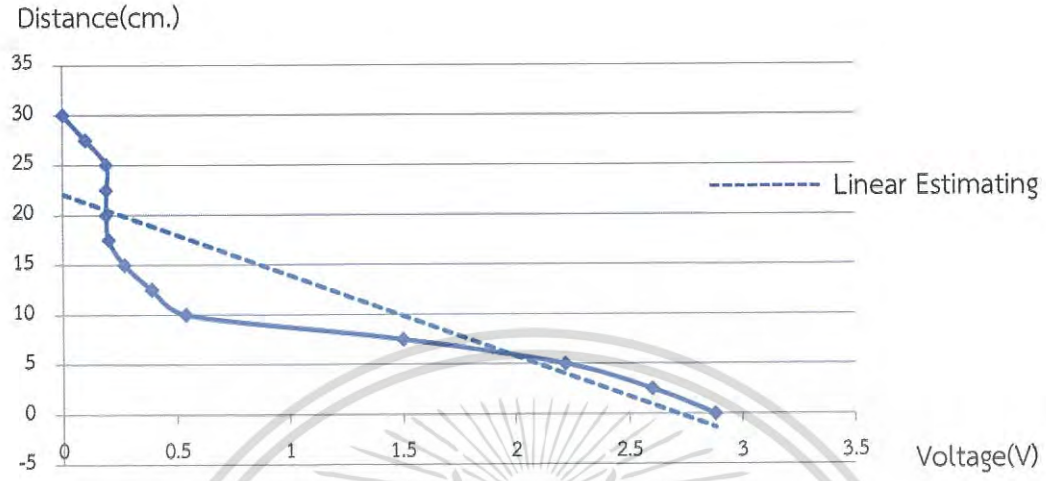


รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบเมื่อวัดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำในบริเวณที่มีระดับความลึกมีความต่างกัน

4.4 การประมาณหาระยะทางจากจุดที่เกิดไฟฟ้ารั่วไหล

จากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเป็นตัวกำหนดที่ส่งผลให้การกระจายตัวนั้นไม่เหมือนกันซึ่งเราไม่สามารถทราบได้ว่าในสถานการณ์จริงนั้นมีสภาพน้ำ ระดับน้ำหรือแรงดันที่รั่วไหลออกมาเป็นขนาดเท่าใดทั้งนี้ทั้งนั้นเราจึงได้ทำการประมาณหาระยะทางโดยกำหนดที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าคงที่ 24 โวลต์และระดับความลึกของน้ำที่ 10 cm ดังนั้นจึงนำผลการทดลองจากตารางที่ 4.3 มาสร้างกราฟประมาณระยะทางโดยจะได้กราฟดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟประมาณระยะทาง

จะเห็นว่าจากผลการทดลองเมื่อมาวาดกราฟพบว่าการประมาณเป็นสมการเส้นตรงมีความใกล้เคียงความจริงมากที่สุด จะได้สามารถประมาณจากโปรแกรมได้เป็น

$$y = -7.1221x + 20$$

เมื่อ

X= แรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำที่วัดได้

Y= ระยะจากจุดวัดได้ถึงแหล่งจ่ายโดยประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดสอบแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR)

จากการเขียนแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality) ทำการทดสอบการแสดงผลของข้อมูลแรงดันและระยะทางจากจุดที่เกิดไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำแบบเรียลไทม์ โดยการใช้สมาร์ทโฟนส่องไปยัง Marker ที่ได้สร้างไว้

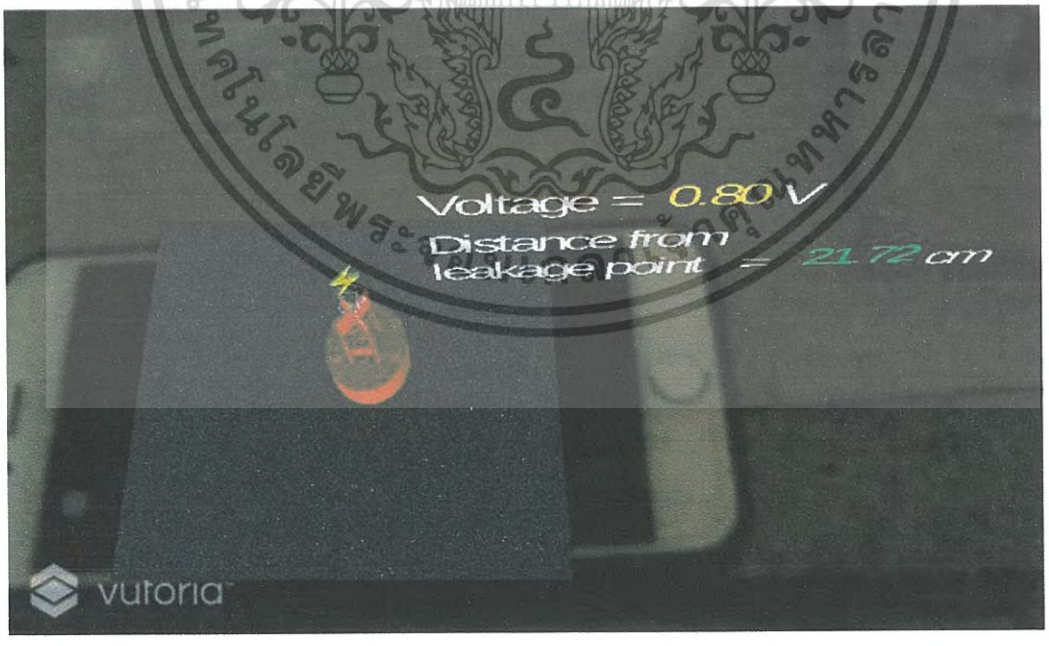
รูปที่ 4.9 Marker

รูปที่ 4.10 การทดสอบแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

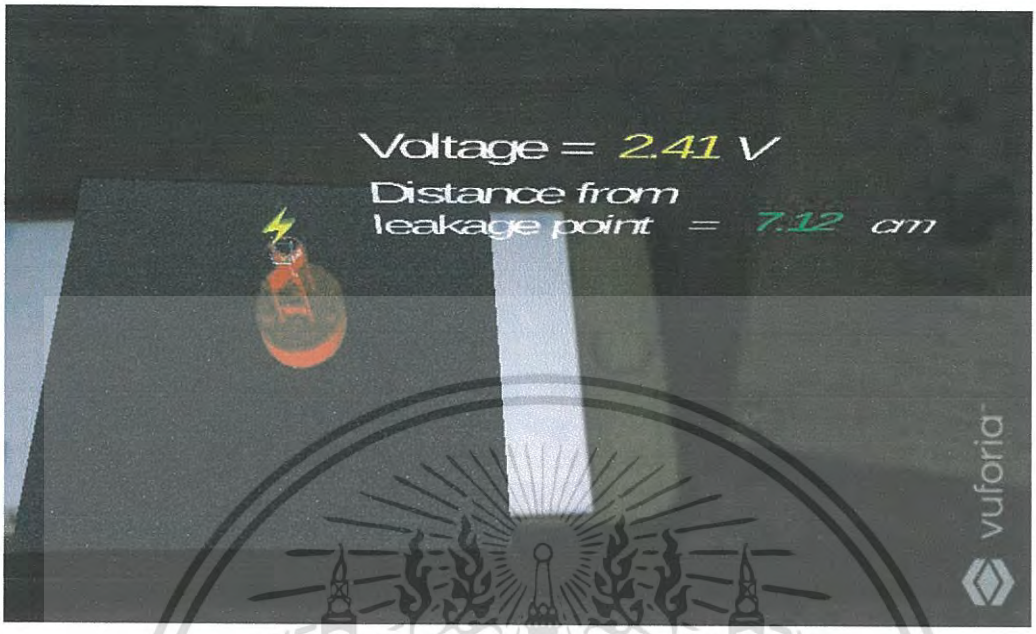
ผลการทดสอบแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน

รูปที่ 4.11 การทดสอบแอปพลิเคชันAR



รูปที่ 4.12 การทดสอบแอปพลิเคชันAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 การทดสอบแอปพลิเคชันAR

จากการทดสอบพบว่าแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลข้อมูลแรงดันและระยะทางจากจุดที่เกิดไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำได้แบบเรียลไทม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา

5.1 บทสรุป

ประเทศไทยได้ประสบปัญหาเหตุการณ์อุทกภัยมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ปัญหาอุทกภัยนี้ได้เป็นเหตุให้ผู้คนถึงแก่ความตายเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการเสียชีวิตจากการโดนไฟฟ้าในน้ำดูด ดังนั้นกลุ่มของพวกเราจึงสนใจที่จะแก้ปัญหาการเสียชีวิตจากการโดนไฟฟ้าดูดในเหตุการณ์อุทกภัย

โครงงานวิจัยนี้ได้ออกแบบสร้างอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ อุปกรณ์นี้สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในน้ำ นอกจากนี้อุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำยังสามารถคำนวณระยะห่างระหว่างจุดกำเนิดแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำได้อีกด้วย จากนั้นจะส่งค่าแรงดันไฟฟ้าและระยะห่างดังกล่าวไปยัง Application บน Android โดยใช้ Wi-Fi Module เป็นตัวส่งค่าต่างๆ

อุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำนี้มีประโยชน์อย่างมากในการป้องกันการเสียชีวิตจากการโดนไฟในน้ำดูด และยังสามารถตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำได้อย่างง่ายโดยไม่ต้องเข้าไปใกล้กับจุดที่มีไฟฟ้ารั่วไหลซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตโดยใช้ Application บน android เป็นตัวอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าและระยะห่างระหว่างจุดกำเนิดแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ

5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ

จากการดำเนินการทดลองตลอดโครงงานวิจัย มีข้อเสนอแนะและปัญหาดังนี้

1. Wi-Fi Module เป็นตัวที่ส่งค่าแรงดันไฟฟ้าไปยัง Application บน android สามารถรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ไม่เกิน 3.3 V ถ้าหากรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมากกว่า 3.3 V จะส่งผลให้ตัว Wi-Fi Module เกิดความเสียหายได้
2. จากข้อที่ 1 จึงจำเป็นต้องสร้างวงจรคลิปเปอร์ (Clipper Circuit) เพื่อจำกัดแรงดันไม่ให้เกิน 3.3 V แต่วงจรคลิปเปอร์ (Clipper Circuit) ที่สร้างขึ้นนี้เกิดการจำกัดแรงดันคลาดเคลื่อนจากวงจรคลิปเปอร์ (Clipper Circuit) ในอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

โครงงานวิจัยนี้สามารถทำการพัฒนาและเพิ่มความสามารถในการตรวจวัดไฟฟ้ารั่วในน้ำได้ดังนี้

1. การต่อวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าก่อนเข้า Wi-Fi Module เนื่องจาก Wi-Fi Module สามารถรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ไม่เกิน 3.3 V
2. ติดตั้งวงจรคำนวณระยะทางระหว่างจุดกำเนิดแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำเพื่อคำนวณระยะทางให้แม่นยำกว่าการเขียนบน Particle Web IDE
3. การเลือกตัวส่งค่าแรงดันไฟฟ้าไปยัง Application บน android ที่สามารถรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้เป็นจำนวนมาก ๆ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวส่งค่าแรงดันไฟฟ้า
4. การพัฒนาต่อยอดสามารถนำอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำไปประกอบเข้ากับเรือบังคับหรืออุปกรณ์ที่สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในจุดที่เข้าถึงได้ยาก และสามารถบังคับได้จากระยะไกลเพื่อความสะดวกสบายและความปลอดภัยในการวัดมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระแสไฟฟ้ารั่วและการป้องกันไฟฟ้ารั่ว เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน,(ออนไลน์).

ที่มา http://www.metrelthailand.com/index.php/knowledge/237-2017-05-31-06-32-12

[2] วงจรตัดยอดสัญญาณ – Clipper ,(ออนไลน์).

ที่มา https://phukphan.blogspot.com/2017/02/clipper.html

[3] Zener Diode ,(ออนไลน์).

ที่มา http://www.star-circuit.com/article/THE_ZENER_DIODE/ZENER-DIODE.html

[4] Zener Diode ,(ออนไลน์).

ที่มา http://mixsound.orgfree.com/Electronics%20Device/LAB/LAB3.html

[5] ทศพล ต้นสมบัติ, "ระบบปฏิบัติการ ANDROID" ,(ออนไลน์).

ที่มา https://beerkung.wordpress.com/ระบบปฏิบัติการ-android

[6] โลกเสมือนผ่านโลกจริง Augmented Reality, (ออนไลน์).

ที่มา https://nipatanoy.wordpress.com/โลกเสมือนผ่านโลกจริง-augmented-reality/

[7] ดร.อภิชาติ อนุกูลเวช, "Augmented Reality (AR)", (ออนไลน์).

ที่มา http://abhichatdotcom.blogspot.com/2014/12/augmented-reality-ar.html

[8] Jonathan Lonower, Krystian Babilinski. (2017). Augmented Reality for Developers, Birmingham: Packt Publishing Ltd.

[9] Photon Datasheet, (ออนไลน์).

ที่มา https://docs.particle.io/datasheets/photon-(wifi)/photon-datasheet/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] ทำความเข้าใจเรื่อง Internet of Things (IoT), (ออนไลน์).

ที่มา http://www.veedvil.com/news/internet-of-things-iot/

[11] Internet of things, (ออนไลน์).

ที่มา https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things#Trends_and_characteristics

[12] นิติคุณ ยุกตะนันท์ "สอนทำ AR ตั้งแต่ลง SDK UNITY 2017", (ออนไลน์).

ที่มา http://www.mesise.com/mesise-com-%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B3-ar-%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%A5%E0%B8%87-sdk-unity-2017/

[13] Arduinostartups, "Particle Photon Augmented Reality Temperature Sensor on Hot Mug Tutorial in Vuforia and Unity IoTAR", (ออนไลน์).

ที่มา https://www.youtube.com/watch?v=Kh2rMmhMdiQ&t=45s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR) ออกแบบสร้างระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดินบริเวณน้ำท่วมถึง

AN APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) IN EARTH LEAKAGE WARNING SYSTEM FOR FLOODED AREA

นายเจษฎาวุธ ดอเลาะ นายปฏิภาณ พนิตภราดร นายอติวิชญ์ ประชุมทอง
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-mail: patipan.bing@gmail.com

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและการประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนในการสร้างระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดินบริเวณน้ำท่วมถึง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงความสามารถของการใช้ระบบเตือนไฟฟ้ารั่วลงดินให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถใช้ในพื้นที่กว้างได้โดยประยุกต์เทคนิคนี้เข้ากับอุปกรณ์ที่ลอยน้ำได้เช่น เรือบังคับที่ติดเซนเซอร์วัดไฟฟ้ารั่วไหลและระบบสนับสนุนความจริงเสมือนทำให้สามารถวัดไฟฟ้ารั่วไหลบริเวณผิวของน้ำได้ในบริเวณกว้างโครงงานนี้เริ่มต้นพัฒนาโดยการออกแบบระยะของโพรบเซนเซอร์ที่เหมาะสมและใช้ระบบสนับสนุนความจริงเสมือนเข้ามาเพื่อให้สามารถแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์โดยการทำให้ข้อมูลแสดงผลแบบเรียลไทม์ได้นั้นทำโดยการส่งข้อมูลที่วัดได้จากเซนเซอร์ไปยังแหล่งเก็บข้อมูลคลาวน์โดยผ่านโมดูลสื่อสารไร้สาย จากนั้นทำการสร้างแอนดรอยด์แอปพลิเคชันเพื่อแสดงผลทางหน้าจอสมาร์ทโฟน การพัฒนานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความปลอดภัยและป้องกันเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์เช่นการบาดเจ็บและการสูญเสียชีวิตที่เกิดจากการไฟฟ้าดูดในช่วงน้ำท่วม

คำสำคัญ: น้ำท่วม,ไฟฟ้ารั่วไหล,สนับสนุนความจริงเสมือน

Abstract

This project proposes the design and application of Augmented Reality (AR) to embed into an earth leakage warning system for flooded area. The project aims to improve an ability of conventional earth leakage warning system having more usable and extensible in wide area. When applied the technique with a floating drone, i.e., controllable boat implemented with the earth leakage sensor and AR's marker, it is possible to measure step voltage over water surface in wide area and perspective view can be made. This project starts the development by design a fixed probe and manually movable with AR. To make real-time data measurement, the earth leakage detects and transmits the measured value via a Wi-Fi module to cloud database and finally to android application with AR on smart phone. This particular development aims to create a safer environment and ultimately prevent unfortunate incidents such as injuries and loss of lives caused by electrocution during a flood

Keyword: Flooded Area, Earth Leakage, Augmented Reality

1. บทนำ

ในอดีตประเทศได้ประสบเหตุการณ์อุทกภัยหลายครั้งในแต่ละภูมิภาคซึ่ง มีผู้ได้รับความเดือดร้อนจากอุทุกภัยมากมาย ทั้งการเดินทาง อาหาร ที่อยู่อาศัย และการเกิดน้ำท่วมขังนั้นยังส่งผลให้เกิดอันตรายจากการอพยพของสัตว์ต่างๆ และอีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญทำให้มีผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุทกภัย คือ ไฟฟ้าดูดเนื่องจากมีไฟฟ้ารั่วในน้ำ ซึ่งเป็นภัยที่เราไม่สามารถรู้ตัวได้ทันทั้งการถูกไฟฟ้าดูดระหว่างเส้นทางการเดินทางและโดยเฉพาะอย่างยิ่งไฟฟ้าที่ดูดภายในบ้านของตัวเองซึ่งผู้ประสบภัยทุกคนควรตะหนักถึงอันตรายนี้ และควรป้องกันไว้ แม้ว่าไฟฟ้าดูดจะทำอันตรายรุนแรงตั้งแต่ 10 มิลลิแอมแปร์แต่กระแสขนาดต่ำกว่านี้อาจทำให้ผู้สัมผัสอ่อนแรงลงจนก้าวขาแทบไม่ได้เมื่อถูกไฟฟ้าดูดเป็นเวลานาน ซึ่งวิธีป้องกันเบื้องต้นไม่ให้เกิดไฟฟ้ารั่วในบ้านที่ถูกน้ำท่วมคือ ตัดไฟฟ้าทุกส่วนที่สัมผัสกับน้ำท่วม ซึ่งการที่ทราบได้นั้นว่าบริเวณใดมีไฟฟ้ารั่วบ้างนั้นโดยที่ไม่เอาตัวเองเข้าไปเสี่ยงถูกไฟฟ้าดูดอาจทำได้โดยการใช้ไขควงตรวจไฟฟ้า แต่โดยทั่วไปไม่ได้ออกแบบให้มีการตรวจขนาดแรงดันไฟฟ้าในน้ำรวมทั้งรัศมีการตรวจสอบยังต่ำอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงได้มีคิดค้นและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วในน้ำ ที่สามารถจะทราบได้ว่าบริเวณใดมีไฟฟ้ารั่วและไม่ควรเข้าใกล้ เนื่องจากเทคโนโลยีต่างๆในปัจจุบันก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน AR เป็นเทคโนโลยีหนึ่งบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนที่มีความทันสมัย จึงได้มีการประยุกต์เข้ากับวงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วในน้ำเข้ากับระบบสนับสนุนความจริงเสมือน AR ซึ่งทำให้สามารถทราบขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วในน้ำผ่านอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนโดยจะสามารถทราบได้ทันทีว่าบริเวณที่เกิดน้ำท่วมจุดใดๆมีไฟฟ้ารั่วหรือไม่ โดยที่ตนเองมีความปลอดภัย ดังนั้นในอนาคตหากเกิดอุทกภัยทำให้เกิดน้ำท่วมขังซึ่งอาจทำให้เกิดไฟฟ้ารั่ว เราสามารถใช้ประโยชน์จากระบบความจริงเสมือน AR ตรวจจับไฟฟ้ารั่วในบริเวณน้ำท่วม เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูดในบริเวณน้ำท่วมขัง ซึ่งจะสามารถลดจำนวนผู้เสียชีวิตและได้รับบาดเจ็บจากการถูกไฟฟ้าดูดเนื่องจากอุทกภัยได้

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้ารั่วไหล

กระแสไฟฟ้ารั่ว หรือไฟรั่ว หมายถึง การที่กระแสไฟฟ้าได้รั่วไหลจากวงจรไฟฟ้าไปที่ผิวของสายไฟฟ้าหรือโครง (ผิว หรือโครงที่เป็นโลหะเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า)ของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือรั่วไปที่ผิวของโครง

2.1.1 มาตรฐานไฟฟ้ารั่ว ความเป็นอันตรายของกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าและระยะเวลาที่ถูกไฟดูด ความรุนแรงของไฟดูดนั้นถึงขั้นเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

2.1.2 Step Voltage ศักย์ไฟฟ้าแบบก้าว คือ ความต่างศักย์ระหว่างขาที่ก้าวออกของบุคคลที่ยืนอยู่ในบริเวณที่มีแรงดันไฟฟ้าซึ่งอาจเกิดจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหลผ่านความต้านทานของบริเวณนั้นๆเกิดเป็นแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งบริเวณนั้น

2.1.3 Touch Voltage ศักย์ไฟฟ้าสัมผัส คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าสัมผัสระหว่างวัตถุที่มีศักย์ไฟฟ้ากับเท้าของคนที่ไปสัมผัสกับวัตถุนั้น

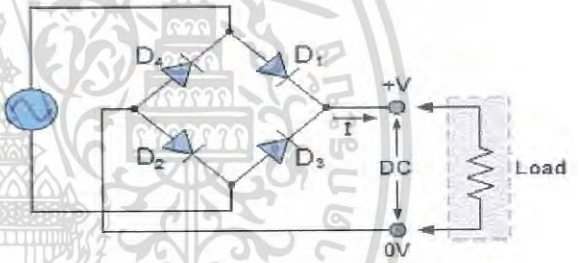
2.1.4 ความนำไฟฟ้าของน้ำ ความต้านทานของน้ำที่เป็นน้ำประปาจะอยู่ระหว่างช่วง 10 โอห์มมิเตอร์ ถึง 50 โอห์มมิเตอร์ ซึ่งจะนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 200 uS/cm ถึง 1000 uS/cm โดยความนำไฟฟ้าของน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิที่เกิดขึ้นช่วงนั้น นอกจากนี้น้ำที่มีส่วนผสมต่างกันหรือต่างชนิดกันจะมีความต้านทานต่างกันด้วย

2.1.5 กฎของโอห์ม ขนาดกระแสไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความต้านทานระหว่างสองจุด และจะแปรผันตรงความต่างศักย์บริเวณนั้นได้สมการเป็น

$$I = \frac{V}{R} \qquad (1)$$

2.2 วงจรเรียงกระแส (Rectifier circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (The Diode Bridge Reetifier) เป็นวงจรไฟฟ้าที่นำสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับทั้งช่วงบวกและช่วงลบที่ป้อนเข้ามาเรียงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดย การใช้ไดโอด 4 ตัว



รูปที่ 2.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

จะได้ขนาดแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงที่ออกจากวงจรเรียงกระแสเมื่อเทียบกับแรงดันอินพุทกระแสสลับ คือ

$$V_{D.C} = \frac{2V_{max}}{\pi} = 0.637V_{max} = 0.9V_{RMS} \qquad (2)$$

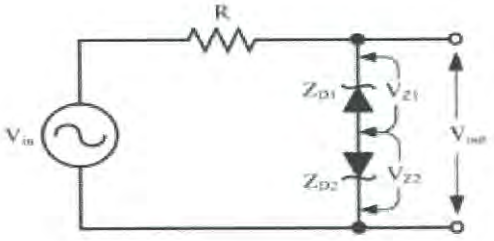
2.3 Zener Diode

ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) เป็นไดโอดชนิดหนึ่งซึ่งสร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่รักษาแรงดันให้คงที่

2.3.1 วงจรคลิปเปอร์ (Clipper Circuit) หรือเรียกอีกอย่างว่า วงจรลิมิตเตอร์(Limiter Circuit) เป็นวงจรตัดรูปคลื่นสัญญาณไฟสลับที่ส่งเข้ามาให้มีรูปคลื่นไฟสลับที่เอาต์พุทเปลี่ยนแปลงไปตามต้องกา

2.3.1.1วงจรคลิปเปอร์ตัดสัญญาณ 2 ช่วง(Positive -Negative Clipper) เป็นวงจรตัดสัญญาณแบบขนานที่ต่อไดโอดเข้าวงจร 2 ตัว ตัดสัญญาณบางส่วนทั้งซีกบวก และซีกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.1 วงจรคลิปเปอร์ตัดสัญญาณ 2 ด้านแบบใช้ซีเนอร์ไดโอด

2.4 Particle Photon เป็นอุปกรณ์ Wi-Fi ขนาดเล็กสำหรับสร้างอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตหรือที่เรียกว่า Internet of Thingมีการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลคลาวด์

2.5 Internet of Things (IoT) หมายถึง การที่อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ เชื่อมต่อกันผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทำให้สามารถสั่งการควบคุมอุปกรณ์เหล่านี้จากระยะไกล

2.6 ระบบปฏิบัติการ Android

Android คือ ระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ตคอมพิวเตอร์ ซอฟท์แวร์ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นระบบที่มีโครงสร้างแบบเรียงทับซ้อน โดยใช้ลินุกซ์ เคอร์เนล(Linux Kernel) เป็นพื้นฐานของระบบ และใช้ภาษา Java ในการพัฒนา มี Android SDK เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2.7 ระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (Augmented Reality)

Augmented Reality หรือ AR เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็น จริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) ผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง

3.ออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่ว

3.1 การเลือกระยะโพรบเซ็นเซอร์

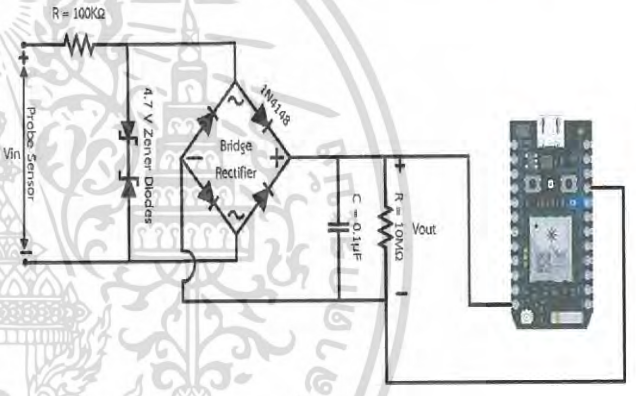
สำหรับการเลือกระยะโพรบเซ็นเซอร์สามารถเลือกที่ระยะที่เหมาะสมกับขนาดอุปกรณ์ตามพิจารณาโดยไม่ควรเลือกระยะให้น้อยเกินไปเพราะที่ระยะไกลจากแหล่งจ่ายจะสามารถเจอแรงดันได้ช้ากว่าโพรบที่มีระยะกว้างกว่า ซึ่งทางผู้ออกแบบได้ออกแบบระยะโพรบ คือ 10 cm

3.2 การออกแบบวงจรเพื่อตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ

ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นในการวัดสัญญาณแรงดันเนื่องจากวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นสามารถแปลงแรงดันกระแสสลับเป็นแรงดันกระแสตรงได้ทำให้นำไปใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายและนอกจากนี้ยังมีวงจร Clipper ทำหน้าที่จำกัดแรงดันไม่ให้เกินที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับได้

3.3 การส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลคลาวด์

การส่งข้อมูลที่วัดได้จากวงจรวัดไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำไปยังฐานข้อมูลคลาวด์โดยใช้เทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) คือการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้ Particle Photon ซึ่งเป็น Wi-Fi Module สำหรับการทำ IoT ทำให้สามารถส่งข้อมูลที่วัดได้ไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลของ Particle Cloud โดยการต่อแรงดันทางด้านขาออกเข้ากับขา Analog Input (A0) ของ Photon และแรงดันทางด้านลบเข้ากับกราวน์ของ Photon



รูปที่ 3 วงจรตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ

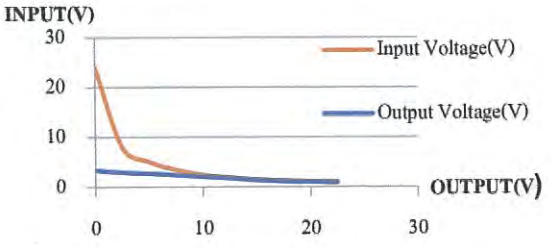
3.4 การเขียนแอปพลิเคชัน AR

ในการเขียนแอปพลิเคชัน AR ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Unity ร่วมกับ Vuforia เนื่องจาก Vuforia เป็น AR SDK ที่ใช้งานร่วมกับ Unity ได้ดีที่สุดและใช้งานง่ายและสามารถเขียนแอปพลิเคชันได้หลายแพลตฟอร์มเช่น Android, IOS เป็นต้น

4.ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองจากการใช้วงจรตรวจวัดเมื่อมีไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำเพื่อเปรียบแรงดันขาเข้าและออกจากวงจร

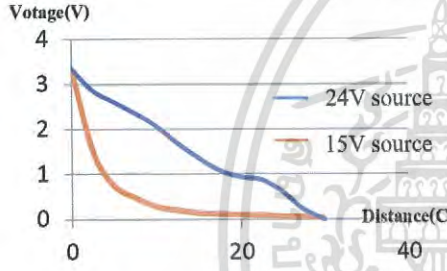
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองแรงดันขาเข้าและออกจากวงจร

4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ

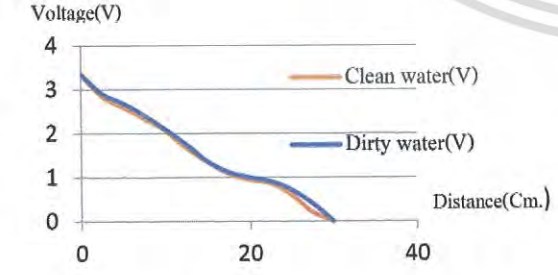
4.3.1 ขนาดแหล่งจ่ายไฟที่เกิดการรั่วไหลลงสู่น้ำ เมื่อทำการทดลองใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ารั่ว ขนาด 24 โวลต์ และ 15 โวลต์ จ่ายลงสู่น้ำชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากันและทำการวัดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลที่ระยะต่างๆ



รูปที่ 4.2.1 กราฟเปรียบเทียบแรงดันรั่วไหลในน้ำเมื่อแหล่งจ่ายมีขนาดต่างกัน

4.3.2 ความต้านของน้ำ

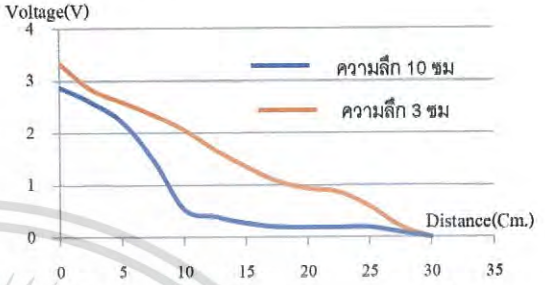
เมื่อทำการทดลองใช้แหล่งจ่ายไฟจ่ายลงสู่น้ำโดยใช้น้ำขุ่นจากลำคลองเปรียบเทียบเทียบกับน้ำประปาที่มีความสะอาดมากกว่าและทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากวงจรที่ระยะต่างๆ จะได้กราฟ



รูปที่ 4.2.2 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าในน้ำขุ่นและน้ำใส

4.3.3 ปริมาณน้ำ

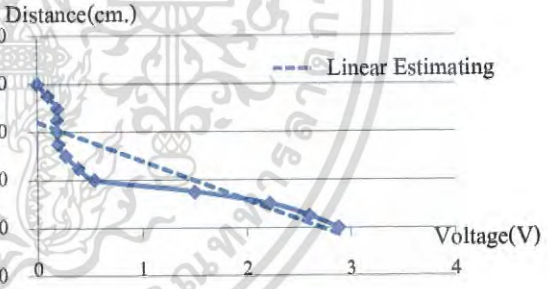
เมื่อทำการทดลองใช้แหล่งจ่าย 24 โวลต์จ่ายลงในน้ำสะอาดในปริมาณที่มีความลึกต่างกันโดยเปรียบเทียบที่ความลึก 10 เซนติเมตรและ 3 เซนติเมตร และพบว่าจะได้กราฟผลการทดลอง คือ



รูปที่ 4.2.3กราฟเปรียบเทียบเมื่อวัดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำในบริเวณที่มีระดับความลึกมีความต่างกัน

4.4 การประมาณหาระยะทางของแหล่งจ่ายไฟฟ้ารั่วไหลจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

เนื่องจากขนาดแรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเป็นตัวกำหนดดังนั้นเราจึงได้ทำการประมาณหาระยะทางโดยกำหนดที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าคงที่ 24 โวลต์และระดับความลึกของน้ำที่ 10 cm



รูปที่ 4.4 กราฟแรงดันเทียบกับระยะทางเพื่อประมาณสมการ

สามารถประมาณจากโปรแกรมได้เป็น

$$y = -7.1221x + 20 \quad (3)$$

เมื่อ X= แรงดันไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำที่วัดได้ Y= ระยะจากจุดวัดได้ถึงแหล่งจ่ายโดยประมาณ

4.5 การทดสอบแอปพลิเคชันระบบสนับสนุนความจริงเสมือน (AR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.บทสรุป

โครงงานวิจัยนี้ได้ออกแบบสร้างอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำ อุปกรณ์นี้สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในน้ำ นอกจากนี้อุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำยังสามารถคำนวณประมาณระยะห่างระหว่างจุดกำเนิดแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำได้อีกด้วย จากนั้นจะส่งค่าแรงดันไฟฟ้าและระยะห่างดังกล่าวไปยัง Application บน android เพื่อป้องกันการเสียชีวิตจากการโดนไฟในน้ำดูด โดยตรวจจับไฟฟ้ารั่วไหลในน้ำได้อย่างง่ายโดยไม่ต้องเข้าไปใกล้กับจุดที่มีไฟฟ้ารั่วไหล

6.กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรุธ จิรสุวรรณกุล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอดจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคุณปุณยวีร์ ฉายศิริ ที่ได้กรุณาให้ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์มาด้วยดีตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการโครงงานที่คอยช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์และการแก้ไขปัญหาด้วยดีมาโดยตลอด

นอกจากนั้นผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ คุณนครศักดิ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้เบิกใช้เครื่องมือ ตลอดจนคุณกมลวรรณ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกใบเสร็จของโครงงาน

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจจนทำให้โครงงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] กระแสไฟฟ้ารั่วและการป้องกันไฟฟ้ารั่ว เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน,(ออนไลน์).

ที่มา http://www.metrelthailand.com/index.php/knowledge/237-2017-05-31-06-32-12

[2] วงจรตัดยอดสัญญาณ – Clipper ,(ออนไลน์).

ที่มา https://phukphan.blogspot.com/2017/02/clipper.html

[3] Zener Diode ,(ออนไลน์).

ที่มา http://www.star-circuit.com/article/THE_ZENER_DIODE/ZENER-DIODE.html

[4] โลกเสมือนผ่านโลกจริง Augmented Reality, (ออนไลน์).

ที่มา https://nipatanoy.wordpress.com/โลกเสมือนผ่านโลกจริง-augmented-reality/

[5] ดร.อภิชาติ อนุกูลเวช, "Augmented Reality (AR)", (ออนไลน์).

ที่มา http://abhichatdotcom.blogspot.com/2014/12/augmented-reality-ar.html

[6] Jonathan Lonower, Krystian Babilinski. (2017). Augmented Reality for Developers,

Birmingham: Packt Publishing Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ข้อมูลอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zener Diode

DISCRETE SEMICONDUCTORS

DATA SHEET

1N4728A to 1N4749A
Voltage regulator diodes

Product specification
Supersedes data of April 1992

1996 Apr 26

Philips Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Voltage regulator diodes 1N4728A to 1N4749A

FEATURES

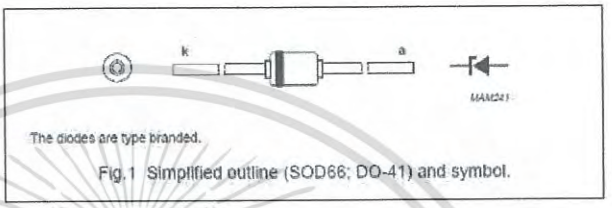
- Total power dissipation: max. 1000 mW
- Tolerance series: ±5%
- Working voltage range: nom. 3.3 to 24 V.

APPLICATIONS

- Low voltage stabilizers.

DESCRIPTION

Low voltage regulator diodes in hermetically sealed SOD66 (DO-41) packages. The series consists of 22 types with nominal working voltages from 3.3 to 24 V.



The diodes are type branded.

Fig.1 Simplified outline (SOD66; DO-41) and symbol.

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
I_F	continuous forward current		–	500	mA
I_{ZM}	working current		see Table "Per type"		
I_{ZSM}	non-repetitive peak reverse current		see Table "Per type"		
P_{tot}	total power dissipation	T_{amb} = 50 °C	–	1000	mW
T_{stg}	storage temperature		−65	+200	°C
T_j	junction temperature		−65	+200	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Total series

T_j = 25 °C; unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_F	forward voltage	I_F = 200 mA; see Fig.3	–	1.2	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Per type

T_j = 25 °C; unless otherwise specified.

TYPE No.	WORKING VOLTAGE V_Z (V)[1] at I_{Ztest}	TEST CURRENT I_{Ztest} (mA)	DIFFERENTIAL RESISTANCE			REVERSE CURRENT at REVERSE VOLTAGE		WORKING CURRENT I_{ZM} (mA)	NON-REPETITIVE PEAK REVERSE CURRENT I_{ZSM} (mA)[2]
			r_{dif} (Ω) at I_{Ztest}	r_{dif} (Ω) at I_Z	I_Z (mA)	I_R (μA)	V_R (V)		
	NOM.		MAX.	MAX.		MAX.		MAX.	MAX.
1N4728A	3.3	76	10	400	1	100	1	276	1380
1N4729A	3.6	69	10	400	1	100	1	252	1260
1N4730A	3.9	64	9	400	1	50	1	234	1190
1N4731A	4.3	58	9	400	1	10	1	217	1070
1N4732A	4.7	53	8	500	1	10	1	193	970
1N4733A	5.1	49	7	550	1	10	1	178	890
1N4734A	5.6	45	5	600	1	10	2	162	810
1N4735A	6.2	41	2	700	1	10	3	146	730
1N4736A	6.8	37	3.5	700	1	10	4	133	660
1N4737A	7.5	34	4	700	0.5	10	5	121	605
1N4738A	8.2	31	4.5	700	0.5	10	6	110	550
1N4739A	9.1	28	5	700	0.5	10	7	100	500
1N4740A	10	25	7	700	0.25	10	7.6	91	454
1N4741A	11	23	8	700	0.25	5	8.4	83	414
1N4742A	12	21	9	700	0.25	5	9.1	76	380
1N4743A	13	19	10	700	0.25	5	9.9	69	344
1N4744A	15	17	14	700	0.25	5	11.4	61	304
1N4745A	16	15.5	16	700	0.25	5	12.2	57	285
1N4746A	18	14	20	750	0.25	5	13.7	50	250
1N4747A	20	12.5	22	750	0.25	5	15.2	45	225
1N4748A	22	11.5	23	750	0.25	5	16.7	41	205
1N4749A	24	10.5	25	750	0.25	5	18.2	38	190

Notes

1. V_Z is measured with device at thermal equilibrium while held in clips at 10 mm from body in still air at 25 °C.
2. Half square wave or equivalent sinewave pulse $^1/_{120}$ second duration superimposed on I_{Ztest}.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j\text{-}tp}$	thermal resistance from junction to tie-point	lead length 4 mm; see Fig.2	110	K/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GRAPHICAL DATA

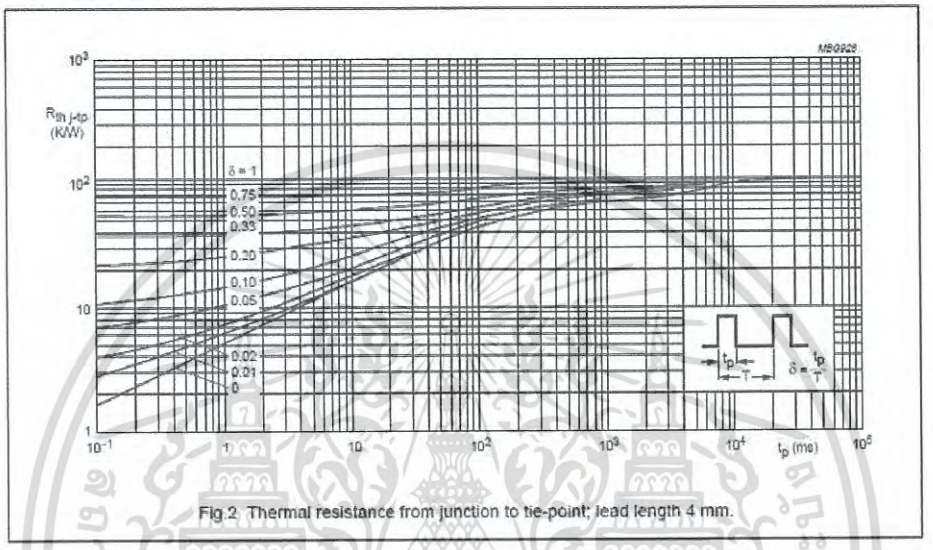
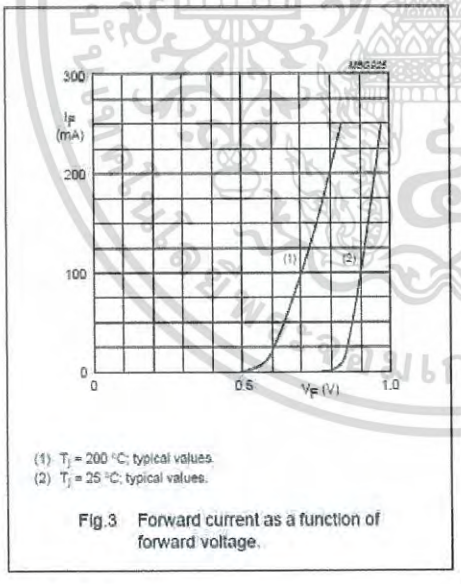


Fig.2 Thermal resistance from junction to tie-point; lead length 4 mm.

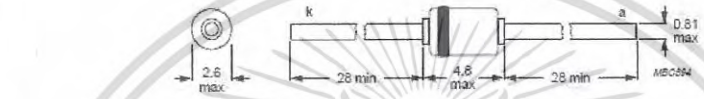


(1) T_j = 200 °C; typical values.
(2) T_j = 25 °C; typical values.

Fig.3 Forward current as a function of forward voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE OUTLINE



Dimensions in mm.

Fig.4 SOD66 (DO-41).

DEFINITIONS

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Small Signal Diode

DISCRETE SEMICONDUCTORS

DATA SHEET

1N4148; 1N4448
High-speed diodes

Product specification
Supersedes data of 1996 Sep 03

1999 May 25

Philips Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High-speed diodes 1N4148; 1N4448

FEATURES

- Hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) package
- High switching speed: max. 4 ns
- General application
- Continuous reverse voltage: max. 75 V
- Repetitive peak reverse voltage: max. 75 V
- Repetitive peak forward current: max. 450 mA.

APPLICATIONS

- High-speed switching.

DESCRIPTION

The 1N4148 and 1N4448 are high-speed switching diodes fabricated in planar technology, and encapsulated in hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) packages.

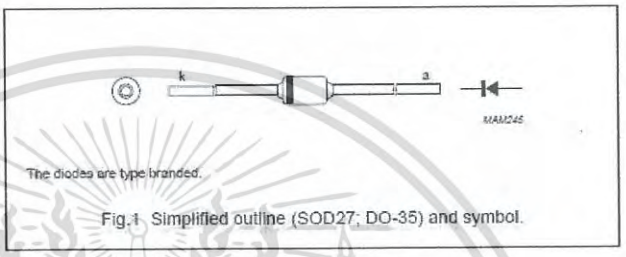


Fig.1 Simplified outline (SOD27; DO-35) and symbol.

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{RRM}	repetitive peak reverse voltage		–	75	V
V_R	continuous reverse voltage		–	75	V
I_F	continuous forward current	see Fig.2; note 1	–	200	mA
I_{FRM}	repetitive peak forward current		–	450	mA
I_{FSM}	non-repetitive peak forward current	square wave; T_j = 25 °C prior to surge; see Fig.4			
		t = 1 μs	–	4	A
		t = 1 ms	–	1	A
		t = 1 s	–	0.5	A
P_{tot}	total power dissipation	T_{amb} = 25 °C; note 1	–	500	mW
T_{stg}	storage temperature		−65	+200	°C
T_j	junction temperature		–	200	°C

Note

1. Device mounted on an FR4 printed circuit-board; lead length 10 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_j = 25 °C unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_F	forward voltage	see Fig.3			
	1N4148	I_F = 10 mA	–	1	V
	1N4448	I_F = 5 mA	0.62	0.72	V
		I_F = 100 mA	–	1	V
I_R	reverse current	V_R = 20 V; see Fig.5		25	nA
		V_R = 20 V; T_j = 150 °C; see Fig.5	–	50	µA
I_R	reverse current; 1N4448	V_R = 20 V; T_j = 100 °C; see Fig.5	–	3	µA
C_d	diode capacitance	f = 1 MHz; V_R = 0; see Fig.6		4	pF
t_{rr}	reverse recovery time	when switched from I_F = 10 mA to I_R = 60 mA; R_L = 100 Ω; measured at I_R = 1 mA; see Fig.7		4	ns
V_{fr}	forward recovery voltage	when switched from I_F = 50 mA; t_r = 20 ns; see Fig.8	–	2.5	V

THERMAL CHARACTERISTICS

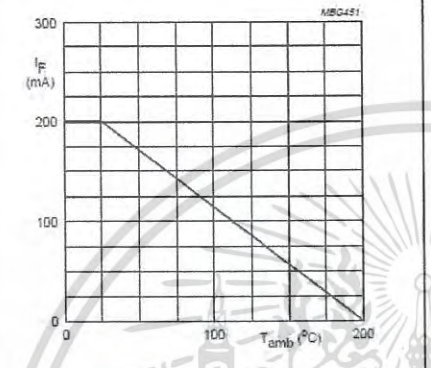
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j\text{-}tp}$	thermal resistance from junction to tie-point	lead length 10 mm	240	K/W
$R_{th\ j\text{-}a}$	thermal resistance from junction to ambient	lead length 10 mm; note 1	350	K/W

Note

1. Device mounted on a printed circuit-board without metallization pad.

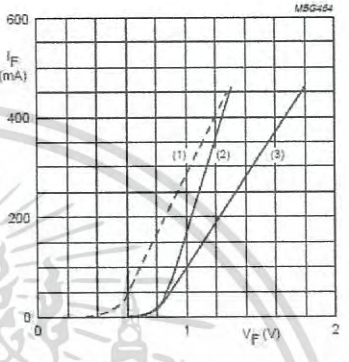
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GRAPHICAL DATA



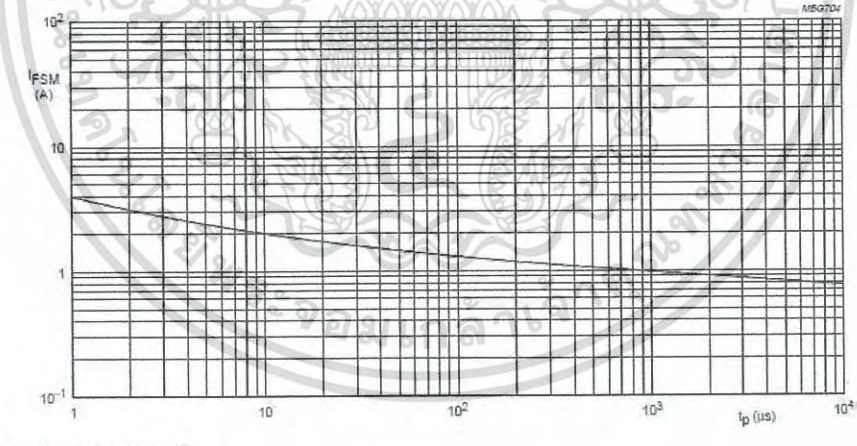
Device mounted on an FR4 printed-circuit board; lead length 10 mm.

Fig.2 Maximum permissible continuous forward current as a function of ambient temperature.



(1) T_j = 175 °C; typical values.
(2) T_j = 25 °C; typical values.
(3) T_j = 25 °C; maximum values.

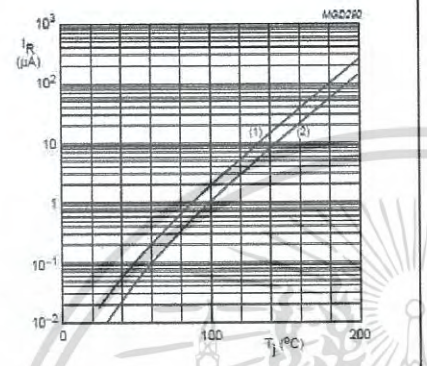
Fig.3 Forward current as a function of forward voltage.



Based on square wave currents.
T_j = 25 °C prior to surge.

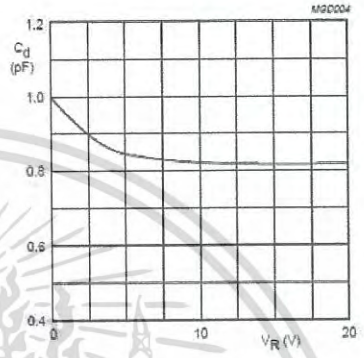
Fig.4 Maximum permissible non-repetitive peak forward current as a function of pulse duration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) V_R = 75 V; typical values.
(2) V_R = 20 V; typical values.

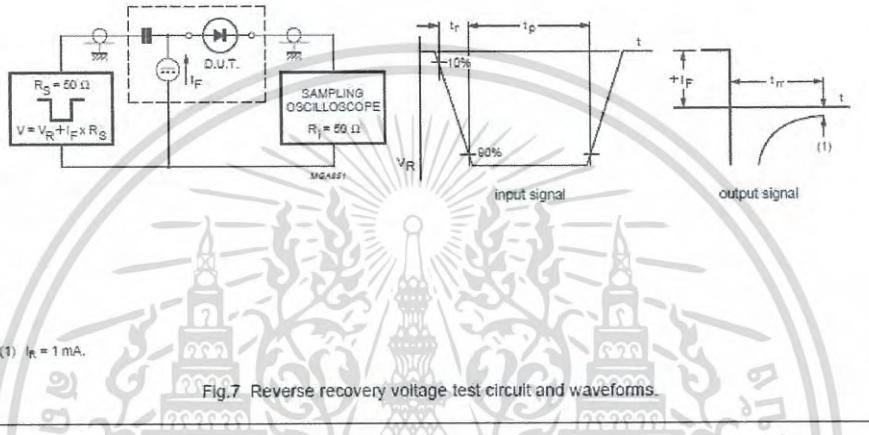
Fig.5 Reverse current as a function of junction temperature.



f = 1 MHz; T_j = 25 °C.

Fig.6 Diode capacitance as a function of reverse voltage; typical values.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) I_R = 1 mA.

Fig.7 Reverse recovery voltage test circuit and waveforms.

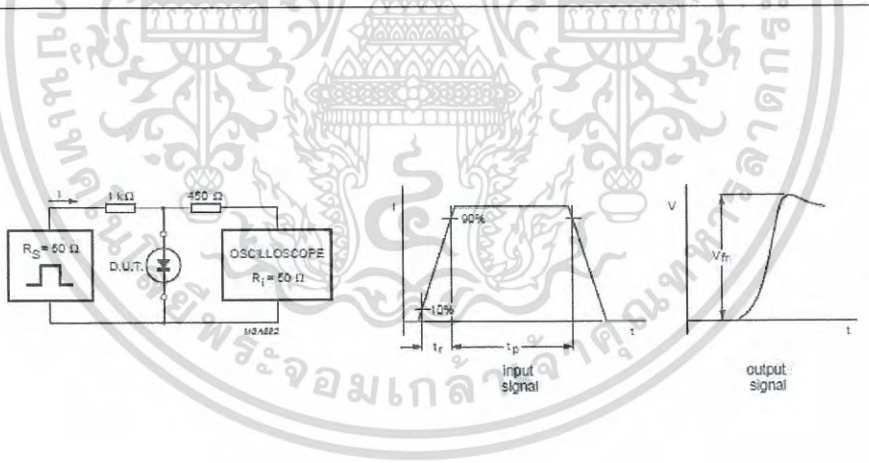
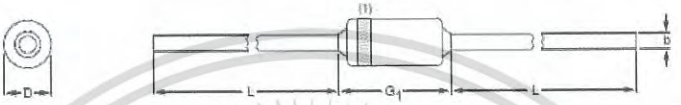


Fig.8 Forward recovery voltage test circuit and waveforms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE OUTLINE

Hermetically sealed glass package; axial leaded; 2 leads **SOD27**



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	b max.	D max.	G_1 max.	L min.
mm	0.56	1.85	4.25	25.4

0 1 2 mm
scale

Note
1. The marking band indicates the cathode.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOD27	A24	DO-35	SC-40			97-06-09

DEFINITIONS

Data Sheet Status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113, Tel. +61 2 9805 4455, Fax. +61 2 9805 4466

Austria: Computerstr. 6, A-1101 WIEN, P.O. Box 213, Tel. +43 1 60 101 1248, Fax. +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Minsk Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6, 220050 MINSK, Tel. +375 172 20 0733, Fax. +375 172 20 0773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoproject, 15th floor, 51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA, Tel. +359 2 68 9211, Fax. +359 2 68 9102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS, Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre, 72 Tat Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG, Tel. +852 2319 7888, Fax. +852 2319 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Sydhavnsgade 23, 1780 COPENHAGEN V, Tel. +45 33 29 3333, Fax. +45 33 29 3905

Finland: Sinikalliontie 3, FIN-02630 ESPOO, Tel. +358 9 615 800, Fax. +358 9 6158 0920

France: 51 Rue Carnot, BP317, 92156 SURESNES Cedex, Tel. +33 1 4099 6161, Fax. +33 1 4099 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG, Tel. +49 40 2353 60, Fax. +49 40 2353 6300

Hungary: see Austria

India: Philips INDIA Ltd, Band Box Building, 2nd floor, 254-D, Dr. Annie Besant Road, Worli, MUMBAI 400 025, Tel. +91 22 493 8541, Fax. +91 22 493 0966

Indonesia: PT Philips Development Corporation, Semiconductors Division, Gedung Philips, Jl. Buncit Raya Kav.99-100, JAKARTA 12510, Tel. +62 21 794 0040 ext. 2501, Fax. +62 21 794 0080

Ireland: Newstead, Clonskeagh, DUBLIN 14, Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Kehilat Saloniki St, PO Box 18053, TEL AVIV 61180, Tel. +972 3 645 0444, Fax. +972 3 649 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza IV Novembre 3, 20124 MILANO, Tel. +39 02 67 52 2531, Fax. +39 02 67 52 2557

Japan: Philips Bldg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku, TOKYO 108-8507, Tel. +81 3 3740 5130, Fax. +81 3 3740 5057

Korea: Philips House, 260-199 Itaewon-dong, Yongsan-ku, SEOUL, Tel. +82 2 709 1412, Fax. +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR, Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4880

Mexico: 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905, Tel. +9-5 800 234 7381, Fax +9-5 800 943 0087

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB, Tel. +31 40 27 82785, Fax. +31 40 27 88399

New Zealand: 2 Wagener Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND, Tel. +64 9 849 4160, Fax. +64 9 849 7811

Norway: Box 1, Manglerud 0612, OSLO, Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

Pakistan: see Singapore

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc., 106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI, Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

Poland: Ul. Lukiska 10, PL 04-123 WARSZAWA, Tel. +48 22 612 2831, Fax. +48 22 612 2327

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW, Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 6919

Singapore: Lorong 1, Toa Payoh, SINGAPORE 319762, Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 6500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S.A. PHILIPS Pty Ltd., 195-215 Main Road Martindale, 2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 58088 Newville 2114, Tel. +27 11 471 5401, Fax. +27 11 471 5398

South America: Al. Vicente Pinzon, 173, 6th floor, 04547-130 SÃO PAULO, SP, Brazil, Tel. +55 11 821 2333, Fax. +55 11 821 2382

Spain: Balmes 22, 08007 BARCELONA, Tel. +34 93 301 6312, Fax. +34 93 301 4107

Sweden: Kottbygatan 7, Akalla, S-16485 STOCKHOLM, Tel. +46 8 5985 2000, Fax. +46 8 5985 2745

Switzerland: Allmendstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH, Tel. +41 1 488 2741 Fax. +41 1 488 3263

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1, TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2886, Fax. +886 2 2134 2874

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd., 209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260, Tel. +66 2 745 4090, Fax. +66 2 398 0793

Turkey: Yukari Dudullu, Org. San. Blg., 2.Cad. Nr. 28 81260 Umraniye, ISTANBUL, Tel. +90 216 522 1500, Fax. +90 216 522 1813

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Building B, Floor 7, 252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 268 0461

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes, MIDDLESEX UB3 5BX, Tel. +44 181 730 5000, Fax. +44 181 754 8421

United States: 811 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3409, Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5/v, 11000 BEOGRAD, Tel. +381 11 62 5344, Fax.+381 11 63 5777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors, International Marketing & Sales Communications, Building BE-p, P.O. Box 218, 5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24825

Internet: http://www.semiconductors.philips.com

© Philips Electronics N.V. 1999 SCA 65

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands 115002/03/pp8 Date of release: 1999 May 25 Document order number: 9397 750 05892

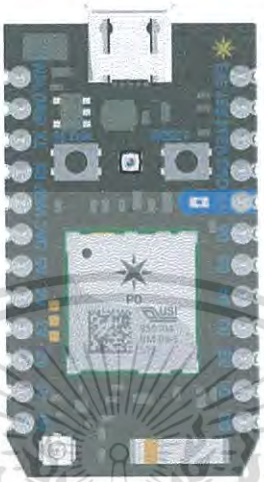
Let's make things better.

Philips Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Particle Photon



Functional description

1.Overview

Particle's Internet of Things hardware development kit, the Photon, provides everything you need to build a connected product. Particle combines a powerful ARM Cortex M3 micro-controller with a Broadcom Wi-Fi chip in a tiny thumbnail-sized module called the PØ (P-zero).

To get you started quickly, Particle adds a rock solid 3.3VDC SMPS power supply, RF and user interface components to the PØ on a small single-sided PCB called the Photon. The design is open source, so when you're ready to integrate the Photon into your product, you can.

The Photon comes in two physical forms: with headers and without. Prototyping is easy with headers as the Photon plugs directly into standard breadboards and perfboards, and may also be mounted with 0.1" pitch female headers on a PCB. To minimize space required, the Photon form factor without headers has castellated edges. These make it possible to surface mount the Photon directly onto your PCB.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.Features

Particle PØ Wi-Fi module

Broadcom BCM43362 Wi-Fi chip

802.11b/g/n Wi-Fi

STM32F205RGY6 120Mhz ARM Cortex M3

1MB flash, 128KB RAM

On-board RGB status LED (ext. drive provided)

18 Mixed-signal GPIO and advanced peripherals

Open source design

Real-time operating system (FreeRTOS)

Soft AP setup

FCC, CE and IC certified

3.Power

Power to the Photon is supplied via the on-board USB Micro B connector or directly via the VIN pin. If power is supplied directly to the VIN pin, the voltage should be regulated between 3.6VDC and 5.5VDC. When the Photon is powered via the USB port, VIN will output a voltage of approximately 4.8VDC due to a reverse polarity protection series schottky diode between V+ of USB and VIN. When used as an output, the max load on VIN is 1A. 3V3 can also be used as an output, but has a limited overhead of only 100mA available. (Please refer to Absolute Maximum Ratings for more info).

Typical average current consumption is 80mA with 5V @ VIN with Wi-Fi on. Deep sleep quiescent current is typically 80uA (Please refer to Recommended Operating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conditions for more info). When powering the Photon from the USB connector, make sure to use a quality cable to minimize IR drops (current x resistance = voltage) in the wiring. If a high resistance cable (i.e., low current) is used, peak currents drawn from the Photon when transmitting and receiving will result in voltage sag at the input which may cause a system brown out or intermittent operation. Likewise, the power source should be sufficient enough to source 1A of current to provide an adequate amount of current overhead (especially if powering additional circuitry off of VIN).

Warning: When powering the Photon from long wires on USB and VIN, care should be taken to protect against damaging voltage transients. From the Richtek datasheet:

To avoid these voltage spikes, keep input wiring as short as possible. If long wires are unavoidable, it is advisable to add a 5.1V zener diode or similar transient suppression device from VIN to GND. Another technique is adding more capacitance to the input using an electrolytic capacitor. Please refer to AN-88 by Linear for a good discussion on this topic.

4.RF

The RF section of the Photon is a finely tuned impedance controlled network of components that optimize the efficiency and sensitivity of the Wi-Fi communications.

An RF feed line runs from the PØ module into a SPDT RF-switch. Logic level control lines on the PØ module select which of the two ports of the RF-switch is connected to the RF feed line. A 100pF decoupling capacitor is located on each control line. One port is connected to a PCB ceramic chip antenna, and the other is connected to a u.FL connector for external antenna adaptation. The default port will be set to the chip antenna.

Additionally, a user API is available to switch between internal, external and even an automatic mode which continuously switches between each antenna and selects the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

best signal. All three RF ports on the RF-switch have a 10pF RF quality DC-blocking capacitor in series with them. These effectively pass 2.4GHz frequencies freely while blocking unwanted DC voltages from damaging the RF-switch. All RF traces are considered as tiny transmission lines that have a controlled 50 ohm impedance.

The chip antenna is impedance matched to the 50 ohm RF feed line via a Pi network comprised of three RF inductors (1 series, 2 shunt). These values are quite specific to the Photon due to the PCB construction and layout of the RF section. Even if the Photon's layout design is copied exactly, to achieve the best performance it would be worth re-examining the Pi network values on actual samples of the PCB in question.

5.FCC Approved Antennas

Antenna Type	Manufacturer	MFG. Part #	Gain
Dipole antenna	LumenRadio	104-1001	2.15dBi
Chip antenna	Advanced Ceramic X	AT7020-E3R0HBA	1.3dBi

6.Peripherals and GPIO

The Photon has ton of capability in a small footprint, with analog, digital and communication interfaces.

Peripheral Type	Qty	Input(I) / Output(O)	FT[1] / 3V3[2]
Digital	18	I/O	FT/3V3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peripheral Type	Qty	Input(I) / Output(O)	FT[1] / 3V3[2]
Analog (ADC)	8	I	3V3
Analog (DAC)	2	O	3V3
SPI	2	I/O	3V3
I2S	1	I/O	3V3
I2C	1	I/O	FT
CAN	1	I/O	3V3[4]
USB	1	I/O	3V3
PWM	9[3]	O	3V3

Notes:

[1] FT = 5.0V tolerant pins. All pins except A3 and DAC are 5V tolerant (when not in analog mode). If used as a 5V input the pull-up/pull-down resistor must be disabled.

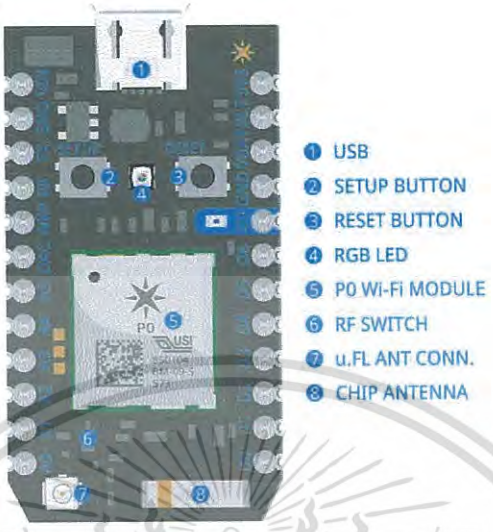
[2] 3V3 = 3.3V max pins.

[3] PWM is available on D0, D1, D2, D3, A4, A5, WKP, RX, TX with a caveat: PWM timer peripheral is duplicated on two pins (A5/D2) and (A4/D3) for 7 total independent PWM outputs. For example: PWM may be used on A5 while D2 is used as a GPIO, or D2 as a PWM while A5 is used as an analog input. However A5 and D2 cannot be used as independently controlled PWM outputs at the same time.

[4] Technically these pins are 5.0V tolerant, but since you wouldn't operate them with a 5.0V transceiver it's proper to classify them as 3.3V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin and button definition



1. Pin description

Pin	Description
VIN	This pin can be used as an input or output. As an input, supply 3.6 to 5.5VDC to power the Photon. When the Photon is powered via the USB port, this pin will output a voltage of approximately 4.8VDC due to a reverse polarity protection series Schottky diode between VUSB and VIN. When used as an output, the max load on VIN is 1A.
RST	Active-low reset input. On-board circuitry contains a 1k ohm pull-up resistor between RST and 3V3, and 0.1uF capacitor between RST and GND.
VBAT	Supply to the internal RTC, backup registers and SRAM when 3V3 is not present (1.65 to 3.6VDC).
3V3	This pin is the output of the on-board regulator and is internally connected to the VDD of the Wi-Fi module. When powering the Photon via VIN or the USB port, this pin will output a voltage of 3.3VDC. This pin can also be used to power the Photon directly (max input 3.3VDC). When used as an output, the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin	Description
	max load on 3V3 is 100mA. NOTE: When powering the Photon via this pin, ensure power is disconnected from VIN and USB.
RX	Primarily used as UART RX, but can also be used as a digital GPIO or PWM[2].
TX	Primarily used as UART TX, but can also be used as a digital GPIO or PWM[2].
WKP	Active-high wakeup pin, wakes the module from sleep/standby modes. When not used as a WAKEUP, this pin can also be used as a digital GPIO, ADC input or PWM[2]. Can be referred to as A7 when used as an ADC.
DAC	12-bit Digital-to-Analog (D/A) output (0-4095), referred to as DAC or DAC1 in software. Can also be used as a digital GPIO or ADC. Can be referred to as A6 when used as an ADC. A3 is a second DAC output used as DAC2 in software.
A0~A7	12-bit Analog-to-Digital (A/D) inputs (0-4095), and also digital GPIOs. A6 and A7 are code convenience mappings, which means pins are not actually labeled as such but you may use code like analogRead(A7). A6 maps to the DAC pin and A7 maps to the WKP pin. A4,A5,A7 may also be used as a PWM[2] output.
D0~D7	Digital only GPIO pins. D0~D3 may also be used as a PWM[2] output.

Notes: [1] In addition to the 24 pins around the outside of the Photon, there are 7 pads on the bottom the Photon PCB that can be used to connect to extra signals: RGB LED outputs, SETUP button, SMPS enable line and USB D+/D-. Photon Pins #25-31 are described in the Pin out diagrams. Also refer to the Recommended PCB land pattern photon without headers section for their location on the bottom of the Photon.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[2] PWM is available on D0, D1, D2, D3, A4, A5, WKP, RX, TX with a caveat: PWM timer peripheral is duplicated on two pins (A5/D2) and (A4/D3) for 7 total independent PWM outputs. For example: PWM may be used on A5 while D2 is used as a GPIO, or D2 as a PWM while A5 is used as an analog input. However A5 and D2 cannot be used as independently controlled PWM outputs at the same time.

Technical specification

1. Absolute maximum ratings

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Input Voltage	$V_{VIN-MAX}$			+6.5	V
Supply Output Current	$I_{VIN-MAX-L}$			1	A
Supply Output Current	$I_{3V3-MAX-L}$			100	mA
Storage Temperature	T_{stg}	-40		+85	°C
Enable Voltage	V_{EN}			V_{VIN}+0.6	V
ESD Susceptibility HBM (Human Body Mode)	V_{ESD}			2	kV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.Recommended operating conditions

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Input Voltage	V_{VIN}	+3.6		+5.5	V
Supply Input Voltage	V_{3V3}	+3.0	+3.3	+3.6	V
Supply Output Voltage	V_{VIN}		+4.8		V
Supply Output Voltage	V_{3V3}		+3.3		V
Supply Input Voltage	V_{VBAT}	+1.65		+3.6	V
Supply Input Current (VBAT)	I_{VBAT}			19	uA
Operating Current (Wi-Fi on)	$I_{VIN\ avg}$		80	100	mA
Operating Current (Wi-Fi on)	$I_{VIN\ pk}$	235[1]		430[1]	mA
Operating Current (Wi-Fi on, w/powersave)	$I_{VIN\ avg}$		18	100[2]	mA
Operating Current (Wi-Fi off)	$I_{VIN\ avg}$		30	40	mA
Sleep Current (5V @ VIN)	I_{Qs}		1	2	mA
Deep Sleep Current (5V @ VIN)	I_{Qds}		80	100	uA
Operating Temperature	T_{op}	-20		+60	°C
Humidity Range Non condensing, relative humidity				95	%

Notes:

[1] These numbers represent the extreme range of short peak current bursts when transmitting and receiving in 802.11b/g/n modes at different power levels. Average TX current consumption in will be 80-100mA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[2] These are very short average current bursts when transmitting and receiving. On average if minimizing frequency of TX/RX events, current consumption in powersave mode will be 18mA

3.Wi-Fi Specifications

Feature	Description
WLAN Standards	IEEE 802 11b/g/n
Antenna Port	Single Antenna
Frequency Band	2.412GHz -- 2.462GHz (United States of America and Canada)
	2.412GHz -- 2.472GHz (EU/Japan)
Sub Channels	1 -- 11 (United States of America and Canada)
	1 -- 13 (EU/Japan)
Modulation	DSSS, CCK, OFDM, BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM

PØ module Wi-Fi output power		Typ.	Tol.	Unit
RF Average Output Power, 802.11b CCK Mode	1M	Avail. upon request	+/- 1.5	dBm
	11M	-	+/- 1.5	dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Feature	Description			
RF Average Output Power, 802.11g OFDM Mode	6M	-	+/- 1.5	dBm
	54M	-	+/- 1.5	dBm
RF Average Output Power, 802.11n OFDM Mode	MCS0	-	+/- 1.5	dBm
	MCS7	-	+/- 1.5	dBm

4.I/O Characteristics

These specifications are based on the STM32F205RGY6 datasheet, with reference to Photon pin nomenclature.

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Standard I/O input low level voltage	V_{IL}		-0.3		$0.28*(V_{3V3}-2)+0.8$	V
I/O FT[1] input low level voltage	V_{IL}		-0.3		$0.32*(V_{3V3}-2)+0.75$	V
Standard I/O input high level voltage	V_{IH}		$0.41*(V_{3V3}-2)+1.3$		$V_{3V3}+0.3$	V
I/O FT[1] input high level voltage	V_{IH}	$V_{3V3} > 2V$	$0.42*(V_{3V3}-2)+1$		5.5	V
	V_{IH}	$V_{3V3} \leq 2V$	$0.42*(V_{3V3}-2)+1$		5.2	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Standard I/O Schmitt trigger voltage hysteresis[2]	V_{hys}		200			mV
I/O FT Schmitt trigger voltage hysteresis[2]	V_{hys}		5% V_{3V3}[3]			mV
Input/Output current max	I_{io}				±25	mA
Input/Output current total	$I_{io\ total}$				±120	mA
Input leakage current[4]	I_{lkg}	GND ≤ V_{io} ≤ V_{3V3}GPIOs			±1	µA
Input leakage current[4]	I_{lkg}	R_{PU}	V_{io} = 5V, I/O FT		3	µA
Weak pull-up equivalent resistor[5]	R_{PU}	V_{io} = GND	30	40	50	k Ω
Weak pull-down equivalent resistor[5]	R_{PD}	V_{io} = V_{3V3}	30	40	50	k Ω
I/O pin capacitance	C_{IO}			5		pF
DAC output voltage (buffers enabled by default)	V_{DAC}		0.2		V_{3V3}-0.2	V
DAC output resistive load (buffers enabled by default)	R_{DAC}		5			k Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
DAC output capacitive load (buffers enabled by default)	C_{DAC}				50	pF

Notes:

[1] FT = Five-volt tolerant. In order to sustain a voltage higher than V3V3+0.3 the internal pull-up/pull-down resistors must be disabled.

[2] Hysteresis voltage between Schmitt trigger switching levels. Based on characterization, not tested in production.

[3] With a minimum of 100mV.

[4] Leakage could be higher than max. if negative current is injected on adjacent pins.

[5] Pull-up and pull-down resistors are designed with a true resistance in series with switchable PMOS/NMOS. This PMOS/NMOS contribution to the series resistance is minimum (~10% order).

Mechanical specifications

1.Dimensions and Weight

Headers	Dimensions in inches (mm)	Weight
With	1.44 x 0.8 x 0.27 (36.58 x 20.32 x 6.86)	5 grams
Without	1.44 x 0.8 x 0.17 (36.58 x 20.32 x 4.32)	3.7 grams

2. Mating connectors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Photon (with headers) can be mounted with (qty 2) 12-pin single row 0.1" female headers. Typically these are 0.335" (8.5mm) tall, but you may pick a taller one if desired. When you search for parts like these it can be difficult to navigate the thousands of parts available online so here are a few good choices for the Photon:

Description	MFG	MFG Part Number	Distributor
12-pin 0.1" Female Header (Tin)	Sullins Connector Solutions	PPTC121LFBN-RC	Digikey
12-pin 0.1" Female Header (Gold)	Sullins Connector Solutions	PPPC121LFBN-RC	Digikey
12-pin 0.1" Female Header (Tin)	Harwin	M20-7821246	Mouser

You may also use other types, such as reverse mounted (bottom side SMT) female headers, low profile types, etc..

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายเจษฎาวุธ ดอเลาะ

วัน เดือน ปี เกิด 22 ตุลาคม 2538

ที่อยู่ 37/51 หมู่ 4 ถนนสุวินทวงศ์ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า

ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน)

ชื่อ-นามสกุล นายปฏิภาณ พนิตภราดร

วัน เดือน ปี เกิด 13 กุมภาพันธ์ 2539

ที่อยู่ 40 ซอยร่มเกล้า32 แขวงคลองสามประเวศ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า

ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล นายอติวิชญ์ ประชุมทอง

วัน เดือน ปี เกิด 14 เมษายน 2539

ที่อยู่ 50 หมู่ 1 ตำบลทุ่งโพธิ์ อำเภอจุฬาภรณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80130

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีทุ่งสง

ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน โรงไฟฟ้าบางปะอิน โคเจนเนอเรชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้