



ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
SOFTWARE FOR CONTROL FINGER SCAN

จัดทำโดย

นายวีรชาติ

นาครรัตน์

นายศรัณย์

สร้อยทอง

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิทยาลัยเทคโนโลยีพระยาศรีสุนทร
ปีการศึกษา 2562

ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
SOFTWARE FOR CONTROL FINGER SCAN

จัดทำโดย

นายวีรชาติ

นาครัตน์

นายศรัณย์

สร้อยทอง

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ
ปีการศึกษา 2562

-

COPYRIGHT 2019

COLLEGE OF INFORMATION TECHNOLOGY

ATTAWIT COMMERCIAL TECHNOLOGY COLLEGE



ชื่อโครงการภาษาไทย ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
ชื่อโครงการภาษาอังกฤษ SOFTWARE FOR CONTROL FINGER SCAN

โดย 1. นายวีรชาติ นาครัตน์ รหัสประจำตัว 37068
2. นายศรัณย์ สร้อยทอง รหัสประจำตัว 41172

.....
คณะกรรมการอนุมัติให้เอกสารโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา วิชาโครงการ
ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนการ (ATC)

.....
(อาจารย์สุรารัตน์ ทองใหม่)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(อาจารย์คุณานนท์ สุขเกษม)
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....
(อาจารย์คุณานนท์ สุขเกษม)
หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บทคัดย่อ

หัวข้อโครงการ	ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ SOFTWARE FOR CONTROL FINGER SCAN		
ผู้จัดทำโครงการ	1. นายวีรชาติ	นาครรัตน์	รหัสประจำตัว 37068
	2. นายศรัณย์	สร้อยทอง	รหัสประจำตัว 41172
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุธารัตน์ ทองใหม่		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์คุณานนท์ สุขเกษม		
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ		
สถาบัน	วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนศึกษา ปีการศึกษา 2562		

บทคัดย่อ

โครงการชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ เป็นโครงการที่คณะผู้จัดทำได้ใช้ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ซึ่งในปัจจุบัน เทคโนโลยีเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก เข้ามาช่วยในเรื่องระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน การใช้เทคโนโลยีไร้สายเข้ามาดูแลบ้านหรือ Smart Home เป็นอีกหนึ่งกระแสโลกที่เข้ามามีบทบาทภายในชีวิตประจำวันของทุกคนมากขึ้น

โครงการชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ นำมาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องสแกนลายนิ้วมือและได้นำมาใส่ในตัวโครงการ Smart Home นี้จนเกิดมาเป็น Smart Security ที่ใช้ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องสแกนลายนิ้วมือและแจ้งเตือนเมื่อมีการเข้าสู่ระบบล้มเหลวผ่าน Application ที่จะช่วยรักษาความปลอดภัยและทำงานควบคู่กับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

ดังนั้น การจัดทำชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ จึงเป็นโครงการที่คณะผู้จัดทำได้จัดทำเพื่อตอบสนองเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น ช่วยในการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านและความปลอดภัยของผู้ใช้งานและลดปัญหาการลี้ภัยจากบ้านและไม่สามารถเข้าบ้านได้ของผู้ใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ สุรรัตน์ ทองไหม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และ อาจารย์ คุณานนท์ สุขเกษม ที่ได้ให้คำแนะนำและตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจนโครงการเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจและให้โอกาสที่ได้รับการศึกษาในระดับต่าง ๆ จนกระทั่งได้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงรวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และคำสั่งสอนให้กับผู้ทำโครงการในการเรียนทุกระดับชั้น

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่ให้การช่วยเหลือจนทำให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พนิชยการ ที่เป็นกำลังใจและคอยให้ความช่วยในการทำโครงการฉบับนี้

สุดท้ายความรู้และประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการฉบับนี้ผู้ทำโครงการขอมอบความดีที่ได้นี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วีรชาติ นาครัตน์
ศรัณย์ สร้อยทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
กิตติกรรมประกาศ.....	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ระยะเวลาการทำโครงการ	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.7 งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงการ	7
บทที่ 2 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 ความต้องการของระบบที่เหมาะสม.....	8
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับบอร์ด Arduino Mega 2560.....	8
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Nodemcu v3.....	12
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับโปรแกรม Arduino IDE.....	13
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับภาษาซี.....	14
2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดคำสั่ง.....	15
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ.....	16
2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับลายนิ้วมือ.....	17
2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Keypad.....	19
2.10 ทฤษฎีเกี่ยวกับ LCD Character Display 20x4.....	20
2.11 ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบคลาวด์ คอมพิวติ้ง.....	21
2.12 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายไฟ.....	25
2.13 ทฤษฎีเกี่ยวกับไฟฟ้า.....	44
2.14 ทฤษฎีเกี่ยวกับกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า.....	56

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ.....	60
3.1 การวางแผนและการเตรียมการ.....	60
3.1.1 การวางแผนทำโครงการ.....	60
3.1.2 การเตรียมการ.....	61
3.2 การออกแบบ ERDM การทำงานของ Smart Home Project.....	64
3.3 การออกแบบ DFD Context Diagram การทำงานของ Smart Home Project.....	64
3.4 การออกแบบ DFD Level 0 การทำงานของ Smart Home Project.....	65
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	66
4.1 ขั้นตอนการดำเนินการเขียนโปรแกรม.....	66
4.2 ขั้นตอนการบันทึกชุดคำสั่งลงบนบอร์ด Arduino.....	90
บทที่ 5 สรุปอภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	91
5.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	91
5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	91
5.3 ปัญหาที่ประสบในการดำเนินโครงการ.....	91
5.4 ผลการดำเนินโครงการ.....	92
5.5 การอภิปรายผล.....	92
5.6 ข้อเสนอแนะ.....	92
บรรณานุกรม	93
ภาคผนวก	95
ภาคผนวก ก	96
แบบเสนอร่างโครงการ	97
ภาคผนวก ข	105
รายงานผลความก้าวหน้าโครงการ	106
ภาคผนวก ค	116
การดำเนินการเขียนโปรแกรม	117
ภาคผนวก ง	142
ประวัติผู้เขียน	143

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาในการทำงาน.....	5
1.1 ระยะเวลาในการทำงาน(ต่อ)	6
3.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการ	62
3.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการ(ต่อ)	63

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการดำเนินงาน(ต่อ)	4
2.1 บอร์ด Arduino Mega 2560.....	9
2.2 แผงบอร์ด Arduino Mega 2560.....	10
2.3 Nodemcu v3.....	12
2.4 แผงบอร์ด Nodemcu v3.....	12
2.5 เครื่องสแกนลายนิ้วมือ.....	16
2.6 แผงบอร์ด 4x4 keypad Arduino.....	19
2.7 LCD Character Display 20x4.....	20
2.8 การเชื่อมต่อ Character LCD กับ Arduino.....	21
2.9 Type of Service.	24
2.10 ชนิดของ คลาวด์ คอมพิวติ้ง	25
2.11 สายเปลือย.....	26
2.12 ตารางขนาดสายไฟ	31
2.13 ตารางขนาดต่ำสุดของสายดิน	31
2.14 ตารางตัวอย่างขนาดสายไฟ	32
2.15 ตารางแสดงขนาดกระแสของสายไฟ	32
2.16 ทางปลากลเปลือย.....	34
2.17 ทางปลากลแบบหุ้มปลอกฉนวน	34
2.18 ทางปลากลแบบเสียบ	35
2.19 ทางปลาแบบกลม	36
2.20 ทางปลาแบบแฉก	36
2.21 ทางปลาแบบหุ้มปลอก	36
2.22 ทางปลาแบบเข็ม.....	37
2.23 ทางปลาแบบแบน	37
2.24 ทางปลาพร้อมตัวคล้องสายไฟ	37
2.25 ทางปลาแบบมีฝา.....	38
2.26 คีมย้ำหางปลา.....	38
2.27 คีมปอกสายไฟ.....	38

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 สายไฟ	39
2.29 เครื่องกีดนมเพลทเลเซอร์	43
2.30 บาร์ล็คเฟรม(บาร์ล็คสาย).....	43
2.31 แป้นกาว (ใหญ่-เล็ก).....	44
3.1 การออกแบบ ERDM การทำงานของ Smart Home Project	64
3.2 การออกแบบ DFD Context Diagram การทำงานของ Smart Home Project	64
3.3 การออกแบบ DFD Level 0 การทำงานของ Smart Home Project.....	65
3.4 การออกแบบ DFD Level 0 การทำงานของ Smart Home Project (ต่อ)	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบัน เทคโนโลยีเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก จนมาถึงยุคปัจจุบัน Smart Home เทคโนโลยีไร้สายที่จะช่วยให้เรานั้นสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกอย่างภายในบ้านได้ และแม้กระทั่งการตรวจจับความผิดปกติ ด้วยระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน การใช้เทคโนโลยีไร้สายเข้ามาดูแลบ้านหรือ Smart Home เป็นอีกหนึ่งกระแสโลกที่เข้ามามีบทบาทภายในชีวิตประจำวันของทุกคนมากขึ้นทุกวัน

ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นความสำคัญการใช้ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ จึงได้นำมาใส่ในตัวโครงการ Smart Home นี้จนเกิดมาเป็น Smart Security ที่ใช้ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องสแกนลายนิ้วมือและแจ้งเตือนเมื่อมีการเข้าสู่ระบบล้มเหลวผ่าน Application ที่จะช่วยรักษาความปลอดภัยและทำงานควบคู่กับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ทั้งนี้เครื่องสแกนลายนิ้วมือมีความทันสมัยและสามารถใส่รหัสผ่านเป็นตัวเลขนอกเหนือจากการสแกนลายนิ้วมือได้ พร้อมทั้งความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งาน ที่สามารถบันทึกข้อมูลของผู้ใช้งานได้ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้งาน เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันมีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น ทางคณะผู้จัดทำจึงนำเทคโนโลยีมาผสมผสานกับระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน จนเกิดเป็น Smart Security ซึ่งเป็นระบบที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันกับ Smart Home เพื่อเสริมสร้างระบบความปลอดภัยให้ดียิ่งขึ้น เครื่องสแกนลายนิ้วมือช่วยลดปัญหาการเข้าบ้านไม่ได้ เนื่องจากการลืมกุญแจบ้านของผู้ใช้งาน เมื่อมีเครื่องสแกนลายนิ้วมือนัดตั้งอยู่ที่ประตูบ้าน การพกกุญแจบ้านจึงไม่จำเป็นต่อการใช้งาน

ดังนั้น การจัดทำชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ จึงเป็นโครงการที่คณะผู้จัดทำได้จัดทำเพื่อตอบสนองเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น ช่วยในการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านและความปลอดภัยของผู้ใช้งานและลดปัญหาการลืมกุญแจบ้านและไม่สามารถเข้าบ้านได้ของผู้ใช้งาน ทางคณะผู้จัดทำมุ่งเน้นไปในทางการรักษาความปลอดภัยของบ้านและความทันสมัย การช่วยลดปัญหาการลืมกุญแจบ้านและไม่สามารถเข้าได้ของผู้ใช้งาน ให้ผู้ใช้งานหรือสถานที่ ที่ทางคณะผู้จัดทำได้นำเครื่องไปติดตั้งไว้ ทางคณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่า โครงการ ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ เป็นตัวอย่างแนวทางให้เยาวชนรุ่นใหม่ได้นำไปคิดวิเคราะห์และพัฒนาต่อยอดอย่างไม่มีการสิ้นสุด เสริมสร้างทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรมของคณะผู้จัดทำ ด้านความคิด ด้านการพลิกแพลงแก้ไขปัญหาย่างถูกต้องและถูกวิธี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

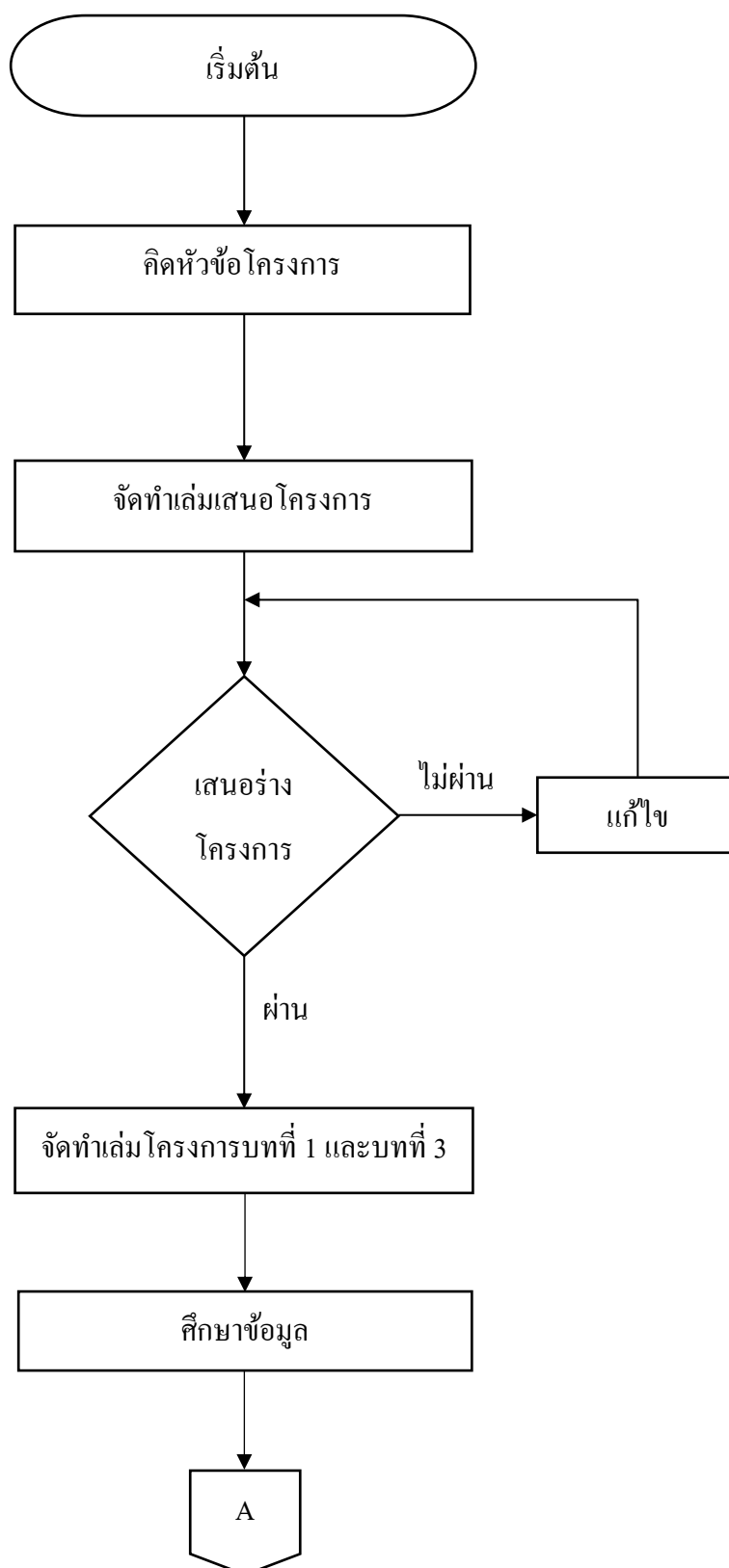
- 1.2.1 เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำโครงการ Smart home Smart office
- 1.2.2 เพื่อสร้างความปลอดภัยให้กับผู้อยู่อาศัย
- 1.2.3 เพื่อลดงบประมาณในการสร้างบ้านอัจฉริยะหรือออฟฟิศอัจฉริยะ เนื่องจาก
เครื่องสแกนลายนิ้วมือ มีต้นทุนน้อยกว่าและถูกกว่าเครื่องสแกนแบบคีย์การ์ด
- 1.2.4 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 1.2.5 เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชา
เทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการชื่อ Low cost smart home

1.3 ขอบเขตของโครงการ

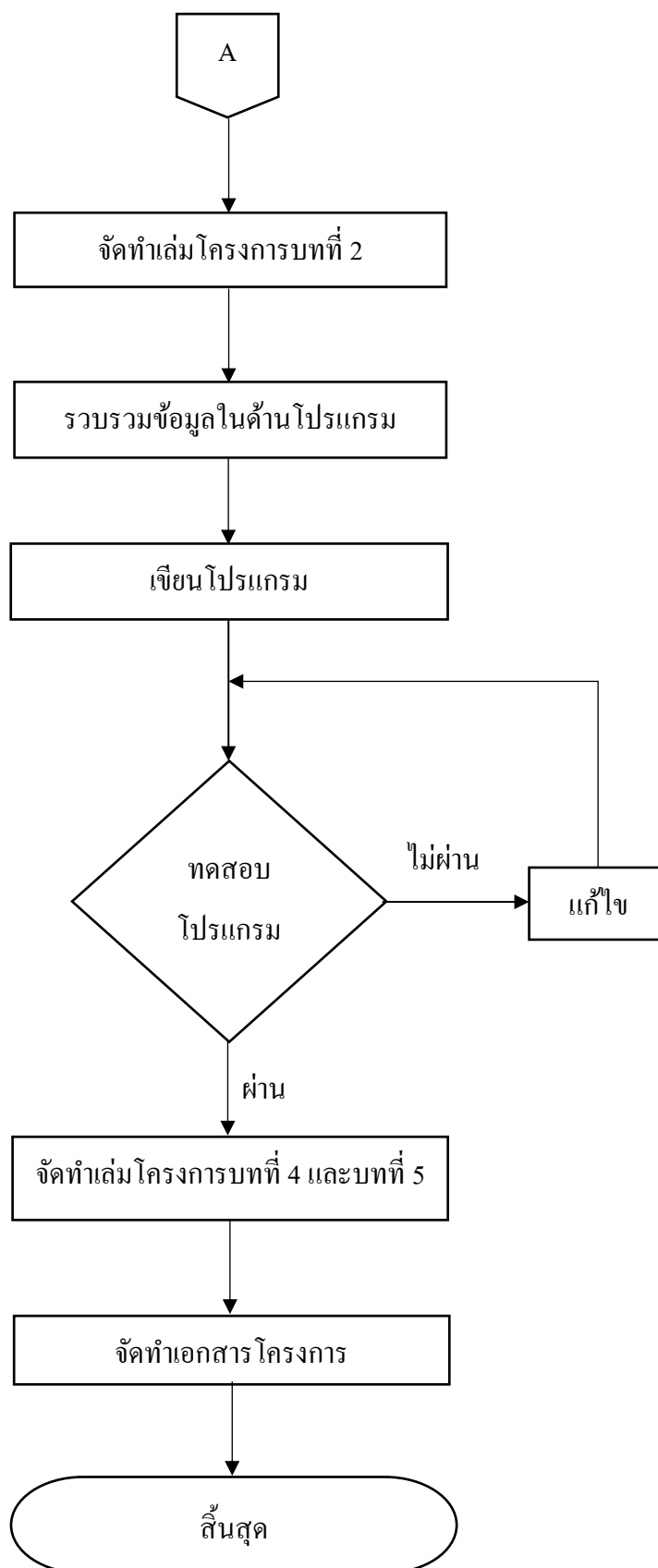
- 1.3.1 ใช้ชุดคำสั่งควบคุมการบันทึกข้อมูลของผู้ใช้งาน
- 1.3.2 ใช้ชุดคำสั่งควบคุมการล็อกและปลดล็อกประตู
- 1.3.3 มีการใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนชุดคำสั่งควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 1.3.4 มีการบันทึกข้อมูลบนคลาวด์เพื่อนำมาใช้ในการล็อกและปลดล็อกประตู
- 1.3.5 มีการลงทะเบียนลายนิ้วมือเพื่อใช้ในการสแกนลายนิ้วมือล็อกและปลดล็อกประตู

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 คิดหัวข้อโครงการ
- 1.4.2 จัดทำรูปเล่มเสนอร่างโครงการ
- 1.4.3 เสนอร่างโครงการ
- 1.4.4 แก้ไขเสนอร่างโครงการ
- 1.4.5 ส่งแบบเสนอร่างโครงการที่แก้ไขแล้ว
- 1.4.6 จัดทำเล่มโครงการบทที่ 1 และบทที่ 3
- 1.4.7 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดทำชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 1.4.8 จัดทำเล่มโครงการบทที่ 2
- 1.4.9 รวบรวมข้อมูลในด้านโปรแกรมที่จะใช้เขียนโปรแกรมในการควบคุมการทำงาน
- 1.4.10 เขียนโปรแกรม
- 1.4.11 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 1.4.12 แก้ไขโปรแกรม
- 1.4.13 จัดทำเล่มโครงการบทที่ 4 และบทที่ 5
- 1.4.14 จัดทำเอกสารโครงการ



รูปที่ 1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการดำเนินงาน(ต่อ)

1.5 ระยะเวลาการทำโครงการ

ตารางดำเนินงานโครงการนี้ใช้ระยะเวลาการพัฒนา ตั้งแต่เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2562 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน								
		ปี พ.ศ. 2562							ปี พ.ศ. 2563	
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	คิดหัวข้อโครงการ	↔								
2	จัดทำเอกสารแบบเสนอร่างโครงการ	↔								
3	เสนอหัวข้อโครงการและจัดทำบทที่ 1 และ 3		↔							
4	ค้นหาข้อมูล		↔							
5	รวบรวมข้อมูลและจัดทำบทที่ 2			↔						
6	วางแผนการทำงาน				↔					
7	เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน				↔					
8	ทดสอบการทำงาน					↔				

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนการดำเนินงาน (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน								
		ปี พ.ศ. 2562							ปี พ.ศ. 2563	
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
9	แก้ไขโปรแกรมและจัดทำบทที่ 4 และบทที่ 5					←→				
10	ตรวจสอบความเรียบร้อย						←→			
11	นำเสนอโครงการ						←→			
12	จัดทำรูปเล่มโครงการ	←								→

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำโครงการ Smart home Smart office
- 1.6.2 สร้างความปลอดภัยให้กับผู้อยู่อาศัย
- 1.6.3 ลดงบประมาณในการสร้างบ้านอัจฉริยะหรือออฟฟิศอัจฉริยะ เนื่องจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือ มีต้นทุนน้อยกว่าและถูกกว่าเครื่องสแกนแบบคีย์การ์ด
- 1.6.4 ศึกษาระบบการทำงานของชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 1.6.5 นำความรู้ที่ได้จากการเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการชื่อ Low cost smart home

1.7 งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงการ

ค่าหมึกพิมพ์เอกสาร	1,500 บาท
กระดาษ A4	500 บาท
รวม	2,000 บาท

บทที่ 2

เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาผลงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ซึ่งนับว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญมากจะทำให้โครงการมีความครบถ้วนสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น คณะผู้จัดทำได้แบ่งเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องออกเป็นหัวข้อ ดังต่อไปนี้

- 2.1 ความต้องการของระบบที่เหมาะสม
- 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับบอร์ด Arduino Mega 2560
- 2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Nodemcu v3
- 2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับโปรแกรม Arduino IDE
- 2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับภาษาซี
- 2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดคำสั่ง
- 2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับลายนิ้วมือ
- 2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับ 4x4 keypad Arduino
- 2.10 ทฤษฎีเกี่ยวกับ LCD Character Display 20x4
- 2.11 ทฤษฎีเกี่ยวกับคลาวด์ คอมพิวติ้ง
- 2.12 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายไฟ
- 2.13 ทฤษฎีเกี่ยวกับไฟฟ้า
- 2.14 ทฤษฎีเกี่ยวกับกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1 ความต้องการของระบบที่เหมาะสม

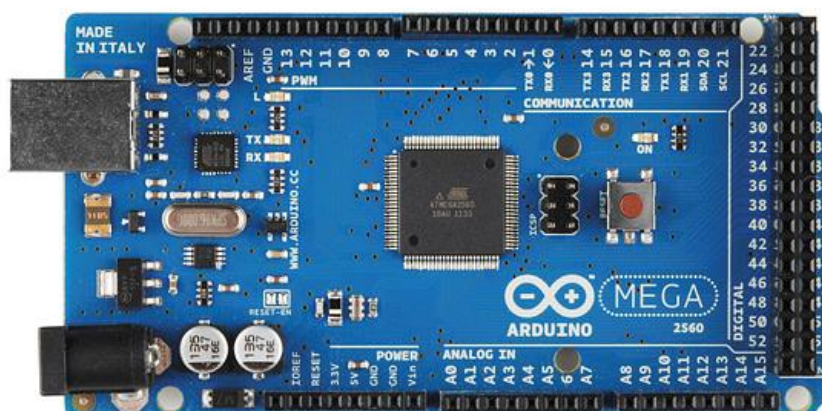
- 2.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ควรติดตั้งโปรแกรม Arduino
- 2.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ควรมีความจุ (RAM) 251 MB ขึ้นไป
- 2.1.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ควรมีพื้นที่ว่างของอุปกรณ์บรรจุข้อมูล (Hard Disk) 100 GB ขึ้นไป
เพื่อรองรับและบันทึกข้อมูลต่าง ๆ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับบอร์ด Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานบนพื้นฐานของ ATmega2560 ซึ่งประกอบด้วย

- 2.2.1 54 digital input/output pins (15 pin สามารถใช้เป็น PWM output ได้)

- 2.2.2 16 analog inputs
- 2.2.3 4 UARTs
- 2.2.4 16 MHz crystal oscillator
- 2.2.5 USB connection
- 2.2.6 ช่องเสียบแหล่งจ่าย
- 2.2.7 ICSP header :In-Circuit Serial Programming
- 2.2.8 ปุ่มกด reset



รูปที่ 2.1 บอร์ด Arduino Mega 2560

ที่มา (<https://www.thaieasyelec.com/arduino-mega-2560.html>)

โดยบอร์ด Arduino Leonardo นี้มีทุกสิ่งที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องใช้อย่างการต่อไฟเลี้ยงสามารถทำได้ทั้งการเชื่อมต่อเข้ากับ USB cable หรือ จ่ายไฟด้วย AC-DC adapter หรือ การใช้แบตเตอรี่ ซึ่ง Mega เป็นบอร์ดที่เข้ากันได้กับ shield ที่ออกแบบมาเพื่อ Arduino Duemilanove หรือ Diecimila การประยุกต์ใช้ Arduino ในชีวิตประจำวัน เช่น ระบบเปิด/ปิดไฟในบ้านอัตโนมัติ, ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ, ระบบเปิด/ปิดประตูอัตโนมัติ, ระบบเครื่องซักผ้าหยอดเหรียญ หรือ ใช้

Mega 2560 นี้มีความแตกต่างจากบอร์ดก่อนหน้านี้ตรงที่ไม่ใช้ FTDI USB-to-serial driver chip แต่จะมี ATmega16U2 เข้ามาเป็นโปรแกรมแปลง USB-to-serial

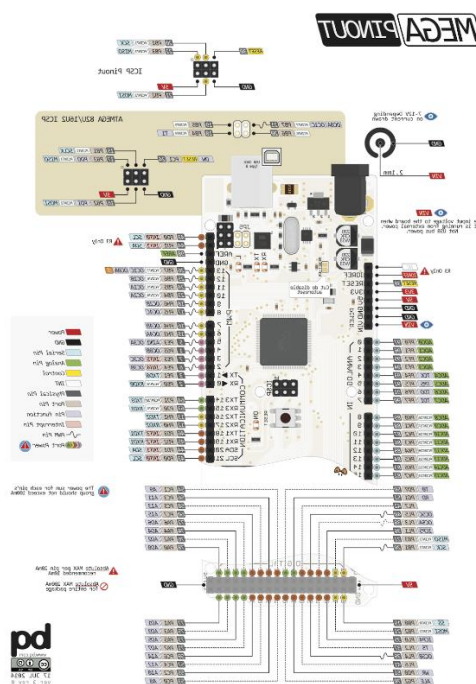
Arduino Mega2560 Revision 2 มี ATmega8U2 ทำให้อัปเดต firmware ผ่าน USB protocol ที่เรียกว่า DFU(Device Firmware Update) ได้ง่ายขึ้น

Arduino Mega Revision 3 มี featureใหม่ๆเพิ่มขึ้นมาดังนี้

2.2.9 1.0 pinout: เพิ่ม SDA และ SCL และอีกสอง pins ใหม่คือ IOREF เป็น pin ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ shields เพื่อแปลงเป็นแรงดันที่ได้จากบอร์ด ส่วนอีก 1 pin ที่เหลือมีไว้สำหรับใช้ร่วมกับ AVR ในอนาคต

2.2.10 วงจร Reset ที่ดีขึ้น

2.2.11 ใช้ ATmega 16U2 แทน 8U2



รูปที่ 2.2 พินบอร์ด Arduino Mega 2560

ที่มา (<http://wiki.ardumower.de/index.php?title=Datei:Arduino-due-pinout-diagram.png>)

Arduino Mega สามารถเชื่อมรับพลังงานโดยการเชื่อมต่อ micro USB connector หรือ จาก power supply จากภายนอกได้ โดยแหล่งพลังงานจะถูกเลือกโดยอัตโนมัติ แหล่งจ่ายจากภายนอกสามารถมาได้จาก AC-to-DC adapter หรือจากแบตเตอรี่ โดยต่อเข้ากับ 2.1mm center-positive plug ไปยังช่องเสียบแหล่งจ่าย และการต่อเข้ากับแบตเตอรี่สามารถทำได้โดยการต่อเข้ากับ GND และ

Vin pin header ของ power connector บอร์ดสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดัน 6 ถึง 20 volts ถ้าแหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่า 7 V อาจส่งผลให้ 5 V pin มีแรงดันที่ต่ำกว่า 5V และ บอร์ดอาจจะไม่เสถียร แต่ถ้าหากแรงดันมีค่าสูงกว่า 12 V อาจส่งผลให้บอร์ด Overheat และอาจทำให้บอร์ดเสียหายได้ ดังนั้น ช่วงแรงดันที่เหมาะสมกับบอร์ดคือ 7 V ถึง 12 V

2.2.12 VIN เป็น input voltage ของบอร์ด Arduino โดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก

2.2.13 5V เป็น output pin ที่ควบคุม 5 V จากบอร์ด

2.2.14 3V3 เป็น 3.3 volt supply ที่สร้างขึ้นจาก regulator บนบอร์ด

2.2.15 GND เป็น ground pin

2.2.16 IOREF เป็น pin ที่ให้ voltage reference กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับ shield ที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด

ATmega2560 มีหน่วยความจำ 256 KB (8 KB ใช้สำหรับ bootloader) นอกจากนี้ยังมีอีก 8 KB สำหรับ SRAM และ 4 KB สำหรับ EEPROM ในแต่ละ digital pins ทั้ง 54 pins บนบอร์ด Arduino Uno สามารถเป็นได้ทั้ง input และ output โดยจะทำงานที่แรงดัน 5 V และให้กระแสสูงสุด 40 mA พังก์ชันอื่น ๆ เพิ่มเติม Serial: 0 (Rx) และ 1(Tx); Serial 1: 19(Rx) และ 18 (Tx); Serial 2: 17 (Rx) และ 16(Tx); Serial 3:15 (Rx) และ 14 (Tx) ใช้สำหรับรับ (Rx) และส่ง(Tx) TTL serial data โดย pin 0 และ 1 จะถูกเชื่อมต่อไปยัง corresponding pins ของ ATmega16U2 USB-to-TTL serial chip External Interrupts: 2 (interrupt 0) , 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), 21 (interrupt 2). pins เหล่านี้สามารถที่จะกำหนดค่าที่เรียก interrupt ในค่าต่ำ ๆ , ขอบขาขึ้นและลง หรือเปลี่ยนแปลงค่า PWM: 2 ถึง 13 และ 44 ถึง 46 ให้ output PWM output 8-bits SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) ใช้สำหรับรองรับการสื่อสารแบบ SPI โดยที่ไม่เกี่ยวข้องกับ ICSP header ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับ Uno, Duemilanove และ Diecimila LED 13 : เป็น build-in LED ที่เชื่อมต่อกับ digital pin 13 เมื่อ pin มีค่าเป็น HIGH LED จะติด , แต่เมื่อ pin เป็น LOW LED จะดับ TWI : 20 (SDA) and 21 (SCL). รองรับการทำงานเชื่อมต่อแบบ TWI(I2C) บอร์ด Mega2560 มี 16 analog inputs แต่ละ pins ให้ความละเอียด 10 bits AREF. แรงดันอ้างอิง สำหรับ analog input Reset ใช้ในการ reset ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทั่วไปจะใช้โดยการเพิ่มปุ่ม reset ไว้บน shield เพื่อป้องกันปุ่มที่อยู่บนบอร์ด Arduino Uno

จุดเด่นของ Node MCU

- 2.3.1 สามารถเชื่อมต่อ กับ WiFi ได้โดยไม่ต้องติดตั้งโมดูล WiFi เพิ่มเติม
- 2.3.2 ราคาถูกมาก เมื่อเทียบกับบอร์ดที่มี WiFi ในตัวรุ่นอื่น ๆ (ราคาในไทยประมาณ 160บาท)
- 2.3.3 สามารถเขียนและอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ดด้วยโปรแกรม Arduino IDE ผ่านสายUSB
- 2.3.4 เดียวกับที่ใช้ชาร์จโทรศัพท์ได้
- 2.3.5 สามารถอัปโหลดโปรแกรมผ่าน WiFi ได้ เรียกว่า *Over the Air (OTA)*
- 2.3.6 ตัวบอร์ดมีขนาดเล็ก (ประมาณ 5.5 x 3 cm.)

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับโปรแกรม Arduino IDE

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino (ออกเสียงเป็นภาษาอิตาลีว่า อา-ดู-อิ-โน หรือ อาดูยโน) ที่พัฒนาขึ้นในแบบโอเพนซอร์ส (Open Source) คือ เปิดเผยข้อมูลทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และด้านซอฟต์แวร์ ที่นักพัฒนาด้านไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในด้านธุรกิจและการศึกษาโดยไม่เสีย ค่าลิขสิทธิ์ แผงวงจรหรือบอร์ด Arduino ใช้ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ของบริษัท Atmel ที่ ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย และ ซอฟต์แวร์ Arduino IDE ที่ใช้ภาษาซี (C/C++) สำหรับการพัฒนา โปรแกรม รวมถึงได้พัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานพื้นฐาน ที่เรียกว่า “บูทโหลดเดอร์” (Boot loader Firmware) ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของรีจิสเตอร์ภายใน และเป็นเครื่องโปรแกรม (Programmer) ทำให้การพัฒนาโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น จึงได้รับความนิยมในการนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้งานอย่างมากในปัจจุบัน แผงวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มีหลายรุ่น แต่ละรุ่นมีคุณสมบัติ, จำนวนขาพอร์ต (I/O Port หรือเรียกว่า Pin) และหน่วยความจำแตกต่างกันตามความต้องการของผู้ใช้งาน ในหน่วยนี้จะ ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO, การใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE ภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุต เอาต์พุตพื้นฐาน และการเขียนโปรแกรมควบคุมเบื้องต้น โดยใช้บอร์ด Arduino UNO ที่มีคุณสมบัติเหมือนกันกับบอร์ด Arduino UNO ดั้งเดิม

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนางานสำหรับบอร์ด Arduino นั้นคือโปรแกรมที่เรียกว่า Arduino IDE ในการ เขียนโปรแกรมและคอมไพล์ลงบอร์ด IDE ย่อมาจาก (Integrated Development Environment) คือ ส่วนเสริมของ ระบบการพัฒนาหรือตัวช่วยต่าง ๆ ที่จะคอยช่วยเหลือ Developer

หรือช่วยเหลือคนที่พัฒนา Application เพื่อเสริมให้ เกิดความรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ ตรวจสอบระบบที่จัดทำได้ ทำให้การพัฒนางานต่าง ๆ เร็วมากขึ้น

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับภาษาซี

ภาษาซี (C) เป็นภาษาโปรแกรมสำหรับวัตถุประสงค์ทั่วไป เริ่มพัฒนาขึ้น Dennis Ritchie ที่เอทีแอนด์ทีเบลล์แล็บส์ (AT&T Bell Labs) ภาษาซีเป็นภาษาที่มีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรมและมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรมเชิงโครงสร้างและอนุญาตให้มีขอบข่ายตัวแปร (scope) และการเรียกซ้ำ (recursion) ในขณะที่ระบบชนิดตัวแปรพลวัตก็ช่วยป้องกันการดำเนินการที่ไม่ตั้งใจหลายอย่าง เหมือนกับภาษาโปรแกรมเชิงคำสั่งส่วนใหญ่ในแบบแผนของภาษาอัลกอล การออกแบบของภาษาซีมีคอนสตรัคต์ (construct) ที่โยงกับชุดคำสั่งเครื่องทั่วไปได้อย่างพอเพียง จึงทำให้ยังมีการใช้ในโปรแกรมประยุกต์ซึ่งแต่ก่อนลงรหัสเป็นภาษาแอสเซมบลี คือซอฟต์แวร์ระบบอันโดดเด่นอย่างระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ยูนิกซ์

ภาษาซีเป็นภาษาโปรแกรมหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดตลอดกาล และตัวแปลโปรแกรมของภาษาซีมิให้ใช้งานได้สำหรับสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์และระบบปฏิบัติการต่างๆ เป็นส่วนมาก

ภาษาหลายภาษาในยุคหลังได้หยิบยืมภาษาซีไปใช้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ตัวอย่างเช่น ภาษาดี ภาษาโก ภาษาอาร์สดี ภาษาจาวา จาวาสคริปต์ ภาษาลิมโบภาษาแอลพีซี ภาษาซีชาร์ป ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี ภาษาเพิร์ล ภาษาพีเอชพี ภาษาไพทอน ภาษาเวอริล็อก (ภาษาพรรณาสารค์แวร์) และซีเชลล์ของยูนิกซ์ ภาษาเหล่านี้ได้ดึงโครงสร้างการควบคุมและคุณลักษณะพื้นฐานอื่น ๆ มาจากภาษาซี ส่วนใหญ่มีวากยสัมพันธ์คล้ายคลึงกับภาษาซีเป็นอย่างมากโดยรวม (ยกเว้นภาษาไพทอนที่ต่างออกไปอย่างสิ้นเชิง) และตั้งใจที่จะผสมผสานนิพจน์และข้อความสั่งที่จำแนกได้ของวากยสัมพันธ์ของภาษาซี ด้วยระบบชนิดตัวแปร ตัวแบบข้อมูล และอรรถศาสตร์ที่อาจแตกต่างกันโดยมูลฐาน ภาษาซีพลัสพลัสและภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซีเดิมเกิดขึ้นในฐานะตัวแปลโปรแกรมที่สร้างรหัสภาษาซี ปัจจุบันภาษาซีพลัสพลัสแทบจะเป็นเซตใหญ่ของภาษาซี ในขณะที่ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซีก็เป็นเซตใหญ่อันเคร่งครัดของภาษาซี

ก่อนที่จะมีมาตรฐานภาษาซีอย่างเป็นทางการ ผู้ใช้และผู้พัฒนาต่างก็เชื่อถือในข้อกำหนดอย่างไม่เป็นทางการในหนังสือที่เขียนโดยเคนนิส ริตชี และไบรอัน เคอร์นิกัน (Brian Kernighan) ภาษาซีรุ่นนั้นจึงเรียกกันโดยทั่วไปว่า ภาษาเคแอนด์อาร์ซี (K&R C) ต่อมา พ.ศ. 2532 สถาบันมาตรฐานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา(ANSI) ได้ตีพิมพ์มาตรฐานสำหรับภาษาซีขึ้นมา เรียกกันว่า ภาษาแอนซีซี (ANSI C) หรือ ภาษาซี 89 (C89) ในปีถัดมา

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน(ISO) ได้อนุมัติให้ข้อกำหนดเดียวกันนี้เป็นมาตรฐานสากล เรียกกันว่า ภาษาซี90 (C90) ในเวลาต่อมาอีก องค์การฯ ก็ได้เผยแพร่ส่วนขยาย

มาตรฐานเพื่อรองรับสากลวิวัฒน์ (internationalization) เมื่อ พ.ศ. 2538 และมาตรฐานที่ตรวจชำระใหม่เมื่อ พ.ศ. 2542 เรียกกันว่า ภาษาซี99 (C99) มาตรฐานรุ่นปัจจุบันก็ได้รับอนุมัติเมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 เรียกกันว่า ภาษาซี12(C12) ก่อนอื่นของแนะนำพื้นฐานเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กันซักนิด ก่อนที่จะเริ่มเรียนรู้ภาษา C กัน หน่วยสำคัญที่สุดของคอมพิวเตอร์ก็คือ หน่วยประมวลผล หรือที่เรียกกันว่า CPU โดยปกติ CPU จะมีภาษาของตัวเองที่เรียกว่า ภาษาเครื่อง (Machine Language) ซึ่งจะเป็นภาษาที่ประกอบไปด้วยเลขฐานสองมากมาย ดังนั้นการที่จะเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยใช้ภาษาเครื่องโดยตรงนั้นจึงทำได้ยาก จึงได้มีการพัฒนาตัวแปรภาษาเครื่องที่เรียกว่า โปรแกรมภาษาระดับสูงขึ้นมา หรือที่เรียกว่า High Level Languages โดยภาษาในระดับสูงเหล่านี้ จะมีลักษณะรูปแบบการเขียน (Syntax) ที่ทำให้เข้าใจได้ง่ายต่อการสื่อสารกับผู้พัฒนา และถูกออกแบบมาให้ง่ายต่อการใช้งาน และจะเปลี่ยนคำสั่งจากผู้ใช้งาน ไปเป็นเป็นภาษาเครื่อง เพื่อที่จะควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ต่อไป ตัวอย่างของโปรแกรมภาษาระดับสูง ได้แก่ COBOL ใช้กันมากสำหรับโปรแกรมทางด้านธุรกิจ, Fortran ใช้กันมากสำหรับการพัฒนาโปรแกรมด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เพราะง่ายต่อการคำนวณ, Pascal มีใช้กันทั่วไป แต่เน้นสำหรับการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการเรียนการสอน, C & C++ ใช้ทั่วไป ปัจจุบันมีผู้เลือกที่จะใช้กันอย่างแพร่หลาย, PROLOG เน้นหนักไปทางด้านงานประเภท AI และ JAVA ใช้ได้ทั่วไปคราวนี้เราลองมาเตรียมตัวกันซักนิด ก่อนที่จะลงมือพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ขึ้นแรก เราต้องศึกษารูปแบบความต้องการของโปรแกรมที่จะพัฒนา จากนั้นก็วิเคราะห์ถึงปัญหาตลอดจนวิธีการแก้ปัญหา จากนั้นจึงนำเอาความคิดในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ไปเขียนในรูปแบบของโปรแกรมภาษาในระดับสูง ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของ Source Program หรือ Source Code จากนั้นเราก็จะใช้ Compiler ของภาษาที่เราเลือก มาทำการ Compile Source code หรือกล่าวง่ายๆ คือแปลง Source code ของเราให้เป็นภาษาเครื่องนั่นเอง ซึ่งในขั้นตอนนี้ ผลที่ได้ เราจะเรียกว่า Object code จากนั้น Compiler ก็จะทำการ Link หรือเชื่อม Object code เข้ากับฟังก์ชันการทำงานใน Libraries ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งาน แล้วนำไปไว้ในหน่วยความจำ แล้วเราก็จะสามารถ Run เพื่อดูผลของการทำงานของโปรแกรมได้ หากโปรแกรมมีข้อผิดพลาด เราก็จะทำการแก้ หรือที่เรียกกันในภาษาคอมพิวเตอร์ว่า การ Debug

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดคำสั่ง

2.6.1 ทฤษฎีของการออกแบบ และสร้างภาษา แนวคิดเกี่ยวกับภาษาฟอร์มัล รูปแบบ และคุณลักษณะทางไวยากรณ์เบื้องต้น ชนิด และโครงสร้างของข้อมูล โครงสร้างของการควบคุม และการเคลื่อนที่ของข้อมูล การพิจารณาเวลาในการประมวลผล อัลกอริทึมแบบขนาน การอพติไมซ์ การออกแบบ และสร้างลักษณะต่าง ๆ ของภาษา ลักษณะเฉพาะของภาษาแบบโครงสร้างบล็อก แบบมอดูลาร์ แบบเชิงวัตถุ ประเภทของภาษาชุดคำสั่ง แบบกำหนดกระบวนการ และแบบไม่

กำหนดกระบวนการ การวิเคราะห์ประโยคคำสั่งของภาษาคอมพิวเตอร์ ฝึกปฏิบัติการเขียน และทดสอบโปรแกรมด้วยภาษาปาสคาล ภาษาซี หรือภาษาระดับสูงอื่น ๆ

2.6.2 ภาษาคอมพิวเตอร์ (Computer language) คือภาษาที่ใช้ หรือเกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งมักใช้ร่วมกับภาษาโปรแกรม แต่ภาษาคอมพิวเตอร์นั้นมีความหมายที่กว้างกว่า โดยไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นภาษาโปรแกรม ซึ่งเป็นที่รู้กันว่าภาษาอย่าง HTML หรือ SQL ไม่ใช่ภาษาโปรแกรม แต่ถือว่าเป็นภาษาคอมพิวเตอร์

2.6.3 ภาษาโปรแกรม (Program language) คือ วิธีการมาตรฐานในการสื่อสารสำหรับแสดงคำสั่งไปยังคอมพิวเตอร์ ภาษาโปรแกรมกำหนดไวยากรณ์และการตีความหมายจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้น ภาษาโปรแกรมทำให้โปรแกรมเมอร์สามารถระบุอย่างชัดเจนถึงข้อมูลที่คอมพิวเตอร์จะทำงาน และวิธีการที่คอมพิวเตอร์จะประมวลผลข้อมูลเหล่านั้น

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ



รูปที่ 2.5 เครื่องสแกนลายนิ้วมือ

ที่มา (<https://www.creatusshop.com/product/alphafingerscan-alp7400/>)

ในปัจจุบันเราพบเห็นอุปกรณ์สำนักงานชนิดหนึ่งที่ไม่คิดว่าจะได้ใช้กันจริง ๆ นั่นคือเครื่องสแกนลายนิ้วมือซึ่งในสมัยก่อนนี้อาจจะพบเห็นได้ตามหนังสือวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความทันสมัยมากขึ้นทำให้ต้นทุนในการผลิตเทคโนโลยีที่ทันสมัยนี้ลดลงจนสามารถผลิตจนมาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของผู้คนได้เหมือนในปัจจุบัน

เทคโนโลยีการสแกนลายนิ้วมือนี้นี้เรียกว่า ไบโอมेटริก (Biometrics) เป็นการผสมผสานเทคโนโลยีทางด้านชีวภาพกับเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน เพื่อนำมาใช้ในการระบุตัวตนของบุคคลนั้น ๆ (Identification) ซึ่งการระบุตัวตนนี้ปัจจุบันมีอยู่หลายวิธีที่นิยมนำมาใช้มากได้แก่ ลายนิ้วมือ (Fingerprint), ลายฝ่ามือ, ใบหน้า (Face), ม่านตา (Iris), ดีเอ็นเอ (DNA) หรือแม้กระทั่งลายเส้นด้าย เสียงพูด เมื่อนำข้อมูลเหล่านี้เทียบกับข้อมูลคุณลักษณะที่ได้ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลก่อนหน้านี้แล้ว ก็สามารถแยกแยะบุคคลนั้นจากบุคคลอื่น ๆ ได้

2.7.1 ประเภทของ เครื่องสแกนลายนิ้วมือ แบ่งตามการใช้งานได้ 2 แบบ

2.7.1.1 แบบที่ 1 เครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบ บันทึกเวลาอย่างเดียว เป็นเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลการสแกนลายนิ้วมือโดยจะเก็บข้อมูลเวลาการสแกนนิ้วมือไว้บนตัวเครื่องและใช้โปรแกรมในการจัดการข้อมูลการสแกนลายนิ้วมือส่วนมากจะเห็นในการใช้งานเกี่ยวกับการลงเวลาทำงานของพนักงาน

2.7.1.2 แบบที่ 2 เป็น เครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบเปิด-ปิดประตู ได้ โดยตัวเครื่องมีความสามารถเหมือน เครื่องสแกนนิ้วแบบบันทึกเวลาทุกอย่างและเพิ่มความสามารถในการเปิด-ปิด ประตูเข้าไปด้วยทำให้มีความสามารถมากขึ้นกว่าเดิม

บริษัท ซีเคียวเมท จำกัด (Securemate) นำเข้า และจัดจำหน่าย เครื่องสแกนลายนิ้วมือ (Finger Scan) หรือเครื่องควบคุมการเข้าออกประตู (Access Control) ในอดีตการมาทำงานมีการเซ็นชื่อเพื่อเป็นหลักฐานในการคิดเงินเดือนให้กับพนักงานแต่เมื่อมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยได้มีการพัฒนามาเป็นเครื่องตอกบัตรเพื่อบันทึกเวลาทำงานแทนการเซ็นชื่อแต่เกิดปัญหาการตอกบัตรแทนกันต่อมาได้มีการนำเทคโนโลยี ไบโอมेटริกซ์ (Biometric) มาคิดค้นจนได้เป็นเครื่องสแกนลายนิ้วมือ (Finger Scan) เพื่อใช้ในการบันทึกเวลาทำงานแทนเครื่องตอกบัตรซึ่งเป็นการป้องกันการตอกบัตรแทนกันได้เป็นอย่างดีเพราะ โอกาสที่ลายนิ้วมือจะผิดพลาดนั้นมีโอกาสน้อยมากจึงช่วยให้เจ้าของกิจการไม่ต้องกังวลเรื่องการสแกนนิ้วมือแทนกันอีกด้วย แบ่งสินค้า เครื่องสแกนลายนิ้วมือ (Finger Scan) ออกเป็นประเภทได้ดังต่อไปนี้

2.7.2 หลักการทำงานของเครื่องสแกนลายนิ้วมือ (Finger Scan)การทำงานในการแยกแยะบุคคลของเครื่องสแกนลายนิ้วมือนั้นสิ่งสำคัญอยู่ที่หัวอ่าน โดยการทำงานจะมี เซ็นเซอร์ที่เป็น CCD เพื่อรับภาพลายนิ้วมือที่ทำการวางลงไปที่หัวอ่านภาพที่ปรากฏที่ CCD นั้นจะเป็น ภาพลายนิ้วมือที่เป็นภาพ ขาวเทา จากนั้นก็จะนำภาพที่ได้มาตีตารางและหาจุดตัดบนลายนิ้วมือจากนั้นก็ทำการคำนวณออกมาเป็นตัวเลขฐาน 2 และทำการเก็บตัวเลขนั้นไว้เป็นฐานข้อมูลของบุคคลนั้น ๆ จำนวนจุดตัดที่นำมาคำนวณนั้นขึ้นอยู่กับแต่ละผลิตภัณฑ์ว่าจะนำจำนวนจุดตัดมากน้อยแค่ไหนหาคำนวณยิ่งจุดตัดมากความแม่นยำจะสูงแต่ก็อาจจะทำให้การสแกนยากขึ้นด้วยดังนั้นค่าเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 35-50 จุด

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับลายนิ้วมือ

ลายนิ้วมือของแต่ละคน เริ่มปรากฏขึ้นตั้งแต่เป็นตัวอ่อนอายุ 3 ถึง 4 เดือนในครรภ์มารดา ซึ่งเป็นผิวหนังส่วนที่มีร่อง (Furrow) และ มีสัน (Ridge) เอาไว้ใช้สำหรับอำนวยความสะดวกในการหยิบจับสิ่งของ สัน และ ร่องที่ปรากฏนี้มีคุณลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบตามกาลเวลา (แต่อาจเปลี่ยนขนาดได้) และ การมีรูปแบบเฉพาะในแต่ละคน

ลายนิ้วมือจะไม่เปลี่ยนแปลงรูปแบบ (Permanence) ตั้งแต่แรกเกิด จนกระทั่งวันที่เราตาย แต่อาจเปลี่ยนแปลงขนาดได้ตามขนาดร่างกาย เหมือนกับการที่เราวาดรูปไว้บนลูกโป่งซึ่งไม่ว่าลูกโป่งจะเล็ก หรือถูกเป่าให้พองใหญ่อย่างไร ก็ยังเป็นรูปเดิมเพียงแต่มีขนาดใหญ่ขึ้นเท่านั้น

การที่ลายนิ้วมือมีรูปแบบเฉพาะในแต่ละคน (Individuality) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของลายนิ้วมือนั้น ตั้งแต่เริ่มมีการใช้เก็บและเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยใช้วิธีสมัยใหม่ ซึ่งมีมาร้อยกว่าปีแล้ว ยังไม่มีการตรวจพบว่ามีกรณีเหมือนกันของลายนิ้วมือ อีกทั้งถ้าจะอธิบายด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ ก็มีการศึกษาของ Sir Francis Galton (1892) ซึ่งได้ประมาณไว้ว่าโอกาสที่คน 2 คนจะมีลายนิ้วมือเหมือนกันนั้นมีความน่าจะเป็นอยู่ที่ 1 : 64,000,000,000 คนซึ่งการประเมินค่าโดยใช้การแบ่งรายละเอียดรูปแบบของลายนิ้วมือออกเป็น ส่วนๆ และหาความน่าจะเป็นของการซ้ำกันของแต่ละส่วนนั้น แล้วนำความน่าจะเป็นของแต่ละส่วนมาคูณกันเพื่อหาความน่าจะเป็นทั้งหมด ท่าน Sir Francis Galton นี้เป็นผู้ที่เริ่มทำการวิจัยอย่างจริงจังกับลายนิ้วมือ และถือว่าเป็นบุคคลแรกที่ศึกษาถึงการนำลายนิ้วมือในการระบุตัวบุคคล

เป็นบุคคลแรกที่ทำการศึกษาว่าลายนิ้วมือของแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะ (Individuality) และไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ (Permanence) อีกทั้งยังได้เป็นผู้ที่กำหนดและแบ่งแยกประเภทของรูปแบบลายนิ้วมือที่ใช้กันอยู่จนถึงปัจจุบันนี้ลายนิ้วมือของแต่ละคนนั้นมีลักษณะเฉพาะมากจนกระทั่งแม้แต่ คู่แฝดแท้ (Identical Twin) ก็ยังมีลายนิ้วมือที่แตกต่างกัน (แต่มีรูปแบบ DNA เหมือนกัน) อย่างไรก็ตามรูปแบบของลายนิ้วมือนั้นมีลักษณะความคล้ายกันของคนภายในครอบครัว หรือพูดได้อีกอย่างหนึ่งว่า รูปแบบของลายนิ้วมือมีการถ่ายทอดกันทางพันธุกรรม ซึ่งรูปแบบของลายนิ้วมือ สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 3 ประเภท คือ

2.8.1 รูปแบบลายนิ้วมือนี้สามารถแบ่งย่อยให้ละเอียดขึ้นไปได้เป็น

2.8.1.1 ลายมัดหวายเชิงขวา (Right Loop)

2.8.1.2 ลายมัดหวายเชิงซ้าย (Left Loop)

2.8.1.3 ลายโค้งสูงแบบกระโจม (Tented Arch) เป็นต้น

2.8.1.4 ลายนิ้วมือแบบลายก้นหอย (Whorl) มีประมาณ 30%

2.8.1.5 ลายนิ้วมือแบบลายมัดหวาย (Loop) มีประมาณ 65%

2.8.1.6 ลายนิ้วมือแบบลายโค้ง (Arch) มีประมาณ 5%

การแบ่งลายนิ้วมือออกเป็นหลายประเภทนี้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความรวดเร็วในการตรวจสอบลายนิ้วมือ แต่ไม่ได้เป็น สิ่งที่ใช้ในการบอกความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างลายนิ้วมือแต่เป็นการใช้ลักษณะของสัน (Ridge) ของลายนิ้วมือ

2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Keypad



รูปที่ 2.6 แผงบอร์ด 4x4 keypad Arduino

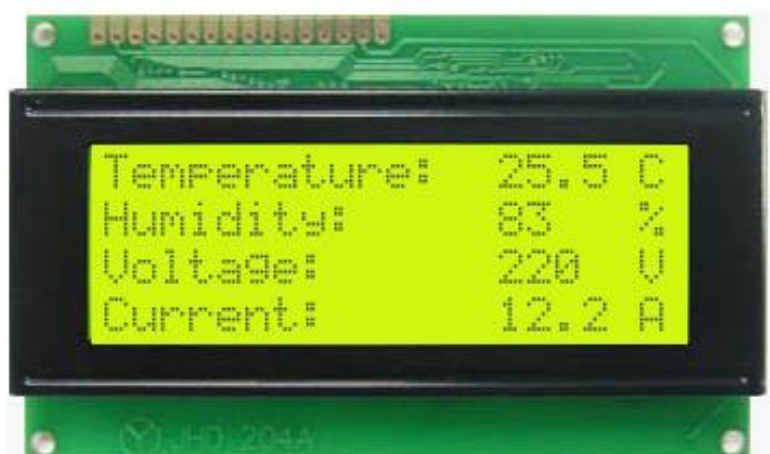
ที่มา (<https://commandronestore.com/learning/timer001.php>)

Keypad คือชุดโมดูลปุ่มกดที่สำเร็จรูป สำหรับ Input ข้อมูลหรือป้อนคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น บอร์ด Arduino เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการทำวงจรที่มีการ Input ค่าต่างๆ เช่น วงจรจับเวลา , กรอกรหัสผ่าน และอื่นๆอีกมากมาย

2.9.1 ประโยชน์ของ Keypad

- 2.9.1.1 ใช้งานง่ายและรวดเร็ว ไม่ต้องทำวงจรปุ่มเอง ทำให้ประหยัดเวลาในการทดลองวงจร หรือจะนำไปใช้จริงก็ได้
- 2.9.1.2 ประหยัดจำนวน Pin เป็นจุดเด่นของ Matrix Keypad เพราะจำนวน Pin ที่ใช้มักจะน้อยกว่าจำนวนปุ่มที่ได้ เช่นในที่นี้ 4x4 ใช้ 8 Pin แต่ได้ถึง 16 ปุ่มจะได้เหลือ Pin Arduino เอาไปทำอย่างอื่นได้อีก
- 2.9.1.3 มี Library ครบครัน
- 2.9.1.4 กดง่าย เนื่องจากภายในปุ่มมีพลาสติกบาง ๆ เรียกว่า Membrane

2.10 ทฤษฎีเกี่ยวกับ LCD Character Display 20x4



รูปที่ 2.7 LCD Character Display 20x4

ที่มา (<https://www.pololu.com/product/676>)

คำว่า LCD ย่อมาจากคำว่า Liquid Crystal Display ซึ่งเป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตอลเหลว หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง หรือที่เรียกว่า Backlight อยู่ เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไป กระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้ จะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอ ก็จะพบกับตัวหนังสือสีขาว แล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆกัน

2.10.1 จอ LCD จะแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆตามลักษณะการแสดงผลดังนี้

2.10.1.1 Character LCD เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่น จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด

2.10.1.2 Graphic LCD เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอ กั้นแสง หรือปล่อยแสงออกไป ทำให้อจอสามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด (Pixels) ในแต่ละแนว เช่น 128x64 หมายถึงจอที่มีจำนวนจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด

ในบทความนี้จะกล่าวถึง Character LCD เพียงอย่างเดียว เนื่องจากใช้งานได้ง่าย และนิยมใช้งานในโปรเจกต์ต่างๆ ใหม่มากกว่าครับ

การเชื่อมต่อกับจอ Character LCD

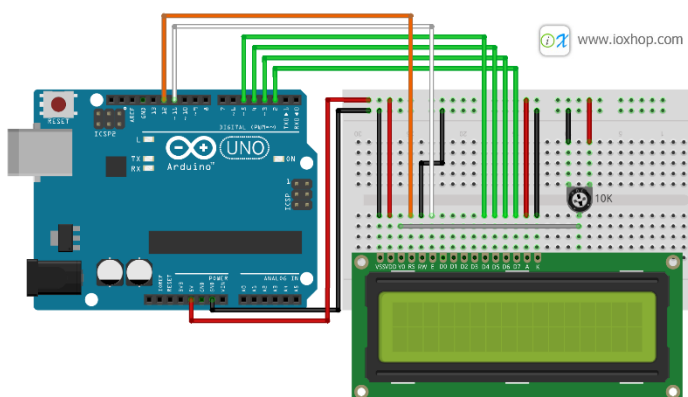
2.10.2 การเชื่อมต่อจะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ

2.10.2.1 การเชื่อมต่อแบบขนาน เป็นการเชื่อมต่อจอ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino โดยตรง โดยจะแบ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต และการเชื่อมต่อแบบ 8 บิต ใน Arduino จะนิยม

เชื่อมต่อแบบ 4 บิต เนื่องจากใช้สายในการเชื่อมต่อน้อยกว่า

2.10.2.2 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม - เป็นการเชื่อมต่อกับจอ LCD ผ่านโมดูลแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อกับจอ LCD จากแบบขนาน มาเป็นการเชื่อมต่อแบบอื่นที่ใช้สายน้อยกว่า เช่น การใช้โมดูล I2C Serial Interface จะเป็นการนำโมดูลเชื่อมเข้ากับตัวจอ LCD แล้วใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับบอร์ดโมดูลผ่านโปรโตคอล I2C ทำให้ใช้สายเพียง 4 เส้น ก็ทำให้หน้าจอแสดงผลข้อความต่าง ๆ ออกมาได้

การใช้งาน Character LCD กับ Arduino



รูปที่ 2.8 การเชื่อมต่อ Character LCD กับ Arduino

ที่มา (<http://www.electoday.com/index.php?action=profile;u=22;area=showposts;start=112>)

เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ต่อสาย USB เข้ากับบอร์ด Arduino จะเห็นกล่องสี่เหลี่ยมทั้งหมด 16 ตัว (หากเป็นจอ 16x2) ในบรรทัดแรก หากไม่พบกล่อง ให้ปรับความชัดได้จาก VR ที่ต่ออยู่กับขา V0

2.11 ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบคลาวด์ คอมพิวติ้ง

2.11.1 แนวคิดเรื่อง คลาวด์ คอมพิวติ้ง คลาวด์ คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) คือ เครือข่ายประมวลผลข้อมูลที่ สามารถแบ่งปันข้อมูลกันได้ เป็นการรวมซอฟต์แวร์ แหล่งข้อมูล และบริการต่าง ๆ ไว้ในรูปแบบที่ เรียกว่าระบบกลุ่มเมฆ (Cloud System) เป็นทางเลือกใหม่ในการสร้างความสมดุลให้กับเทคโนโลยี สารสนเทศ จัดการต้นทุน ความปลอดภัย รวมถึงช่วยปรับปรุงบริการ สามารถใช้บริการได้ทันที และสามารถใช้งานได้อย่างกว้าง ๆ ทำให้มีอิสระในการใช้งานโดยไม่ต้องกังวลในเรื่องของโครงสร้าง พื้นฐานด้านไอทีที่จำเป็นสำหรับงานบริการในหน่วยงาน

2.11.2 สถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติ หน่วยงานภายใต้กระทรวงพาณิชย์

สหรัฐอเมริกา ได้ให้ความหมายของคำว่า คลาวด์ คอมพิวติ้ง ไว้ดังนี้ คลาวด์ คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) เป็นรูปแบบบริการใช้ทรัพยากร คอมพิวเตอร์ ร่วมกันกับผู้อื่น (เช่น เครือข่าย เครื่องเซิร์ฟเวอร์ เครื่องบันทึกข้อมูล ระบบซอฟต์แวร์ และบริการอื่นที่เกี่ยวข้อง) ผ่านเครือข่าย มากน้อยตามความต้องการของผู้ใช้ การปรับเปลี่ยนและลดซึ่ง ทรัพยากรคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว การบริการคลาวด์ (Cloud) ที่ให้ผู้ใช้เข้าถึง ทรัพยากรตามความจำเป็นได้ตลอดเวลา นั้น มีคุณสมบัติสำคัญ (Essential Characteristics) ห้า ประการ และให้บริการ (Service models) ได้สามแบบ มีรูปแบบการใช้งาน (Deployment model) สี่ชนิด ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป

คุณสมบัติสำคัญ 5 ประการ

1) บริการด้วยตัวเองเมื่อต้องการ (On-demand self-service) ผู้ใช้ สามารถระบุความต้องการ และขอใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ เช่นเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และระบบบันทึก ข้อมูลที่เป็นเครือข่าย ด้วยตนเองได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องอาศัยความช่วยเหลือจากผู้ให้บริการ

2) เข้าถึงทรัพยากรคอมพิวเตอร์ได้ในวงกว้างผ่านเครือข่าย (Broad network access) ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ถูกจัดสรรให้ผู้ใช้ใช้งานผ่านเครือข่าย ด้วยกลไกที่เป็นมาตรฐาน ผู้ใช้งานได้ด้วยอุปกรณ์หลากหลายชนิด (เช่น เครื่องโทรศัพท์พกพา เครื่องแล็ปท็อป คอมพิวเตอร์ และเครื่องพีดีเอ)

3) ทรัพยากรถูกรวบรวมจากที่ต่าง ๆ (Resource pooling) ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่จัดสรรให้กลุ่มผู้ใช้นั้น อาจมาจากศูนย์คอมพิวเตอร์หลาย ๆ แห่ง ผู้ใช้แต่ละรายใช้ทรัพยากรที่ถูกจัดสรรให้โดยไม่รบกวนกันและกัน ทรัพยากรชุดเดียวกันแต่บริการหลาย ๆ คนได้โดยไม่รบกวนกัน เรียกว่า Multi-tenant model ซึ่งต่างกับ Multi-instance ในกรณีหลัง เป็นการบริการ ด้วยทรัพยากรหลายชุด ผู้ใช้แต่ละรายจะมีหนึ่งชุดเป็นของตนเอง ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ ทั้งที่เป็น กายภาพ (Physical) และที่เป็นเสมือนกายภาพ (Virtual: การจัดสรรอุปกรณ์จากกองกลาง ที่ผู้ใช้รู้สึก เสมือนหนึ่งว่า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แต่ผู้เดียว ทางเทคนิคเรียกว่า Virtualization) ที่นำมาจัดสรรให้ผู้ใช้ นั้น ไม่จำเป็นต้องอยู่ที่เดียวกัน อาจมาจากศูนย์คอมพิวเตอร์หลาย ๆ แห่ง หรือจากหลาย ๆ ประเทศ ได้ ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรู้ว่าตนกำลังใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์จากสถานที่ใดในโลก ผู้ใช้สนใจเพียงว่าได้ใช้ ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ ตามขนาด และประสิทธิภาพที่ต้องการ แต่ผู้ใช้อาจขอสิทธิ์ที่จะเลือกตำแหน่ง ศูนย์คอมพิวเตอร์ที่ตนต้องการใช้ได้

4) มีความยืดหยุ่นและปรับตัวได้รวดเร็ว (Rapid elasticity) การบริการคลาวด์ต้องสามารถเพิ่มและลดขนาดอุปกรณ์ที่ให้บริการลูกค้านั้นตามความต้องการ และสามารถ

จัดสรร โดยอัตโนมัติได้ในสายตาของผู้ใช้ ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่นำมาให้บริการมีขนาดไม่จำกัด ผู้ใช้ สามารถสั่งให้เพิ่มหรือลดได้ตลอดเวลาตามความต้องการ

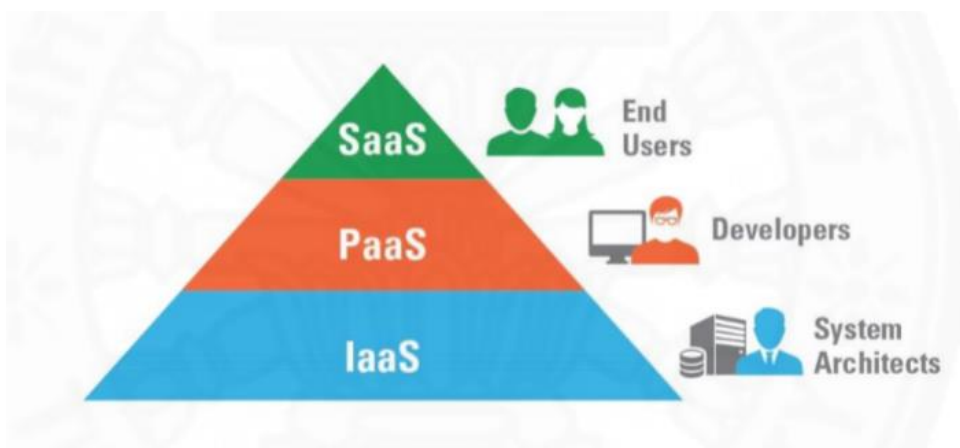
5) การบริการที่วัดได้ (Measured service) ระบบที่ให้บริการแบบคลาวด์ ต้องวัดปริมาณการใช้ตามชนิดของบริการได้ (เช่น บริการบันทึกข้อมูล บริการประมวลผล ฯลฯ) ตาม ความเป็นจริง ต้องสามารถติดตามและควบคุมการใช้ทรัพยากรทุก ๆ วินาที เพื่อความโปร่งใส ระบบ บริการต้องสามารถรายงานผลการใช้แก่ทั้งผู้รับบริการ และผู้ให้บริการ อย่างถูกต้อง และ ตรงไปตรงมา

2.11.2.2 การบริการแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (Service Model)

1) Software as a Service (SaaS) เป็นการให้บริการใช้ระบบงาน หรือ ซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application) ที่ผู้ให้บริการจัดหาให้ ซอฟต์แวร์เหล่านี้ทำงานกับโครงสร้างพื้นฐานไอทีที่ให้บริการแบบคลาวด์ ผู้ใช้จะทำงานผ่าน Web browser ด้วยอุปกรณ์ใดก็ได้ การบริการ รูปแบบนี้ ผู้ใช้ไม่มีหน้าที่จัดการหรือควบคุมโครงสร้างพื้นฐานไอที และระบบซอฟต์แวร์ประยุกต์ ทุกอย่างจะอยู่ภายใต้การดูแลของผู้ให้บริการ แต่ในบางกรณี ผู้ใช้อาจต้องดูแลข้อกำหนด คุณลักษณะบาง ประการของระบบซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application configuration settings) เพื่อ ความเหมาะสม กับสภาพแวดล้อมของธุรกิจด้วยตัวเอง

2) Platform as a Service (PaaS) เป็นบริการใช้โครงสร้างพื้นฐานด้านไอทีเพื่อปรับปรุงและทดสอบระบบงาน หรือระบบซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Deploy) โดยมีข้อแม้ว่า ระบบซอฟต์แวร์ประยุกต์จะต้องถูกพัฒนาด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ และเครื่องมือซอฟต์แวร์อื่น ๆ ที่ผู้ให้บริการจัดเตรียมให้เท่านั้น ผู้ใช้ไม่มีหน้าที่จัดการหรือควบคุมโครงสร้างพื้นฐานไอทีใด ๆ (ระบบ เครือข่าย เครื่องเซิร์ฟเวอร์ ระบบซอฟต์แวร์ปฏิบัติงาน (Operating system) ฯลฯ) ผู้ใช้จะดูแล รับผิดชอบเฉพาะระบบซอฟต์แวร์ประยุกต์ของตัวเอง รวมทั้งข้อกำหนดเงื่อนไขและ คุณลักษณะของ คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบเท่านั้น

3) Infrastructure as a Service (IaaS): เป็นบริการใช้โครงสร้างพื้นฐานด้านไอทีเพื่อการประมวลผล และปรับปรุงทดสอบระบบซอฟต์แวร์ โดยผู้ใช้มีหน้าที่จัดหา ระบบซอฟต์แวร์ประยุกต์และ ระบบซอฟต์แวร์ปฏิบัติงาน (Operating system) ผู้ใช้ไม่มีหน้าที่ที่จะจัดการ และควบคุมระบบโครงสร้างพื้นฐานไอที แต่มีหน้าที่ควบคุมดูแลระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้ทำงาน รวมทั้ง ระบบฐานข้อมูล และในบางกรณีอาจรวมถึงอุปกรณ์บางชนิดของระบบเครือข่าย เช่นระบบ ไฟร์วอลล์ (Firewall)



รูปที่ 2.9 Type of Service.

ที่มา (http://images.slideplayer.com/26/8824539/slides/slide_5.jpg)

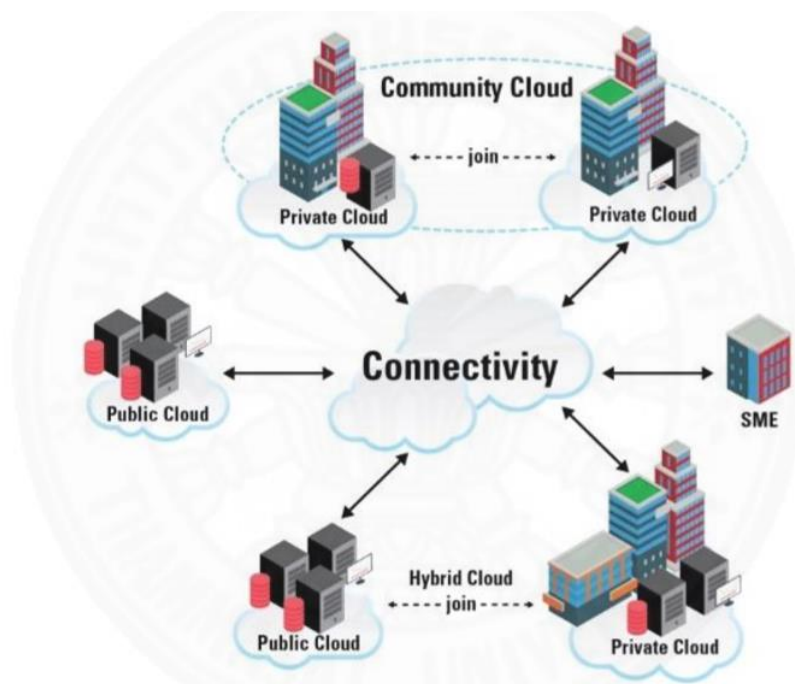
2.11.2.3 รูปแบบการใช้งาน (Deployment model) 4 ชนิด

1) คลาวด์ส่วนตัว (Private cloud) เป็นการใช้ระบบโครงสร้างพื้นฐานไอที เฉพาะสำหรับองค์กรหนึ่งองค์กรใด ผู้ใช้อาจดูแลอุปกรณ์ไอทีด้วยตนเอง หรือจ้างบุคคลที่สามดูแลก็ได้ อุปกรณ์อาจติดตั้งในสถานที่ของผู้ใช้ หรืออยู่ภายนอกทั้งหมด หรือบางส่วนก็ได้

2) คลาวด์ชุมชน (Community cloud) เป็นการใช้ระบบโครงสร้างพื้นฐานไอทีร่วมกันเฉพาะในกลุ่มสมาชิกที่มีเรื่องต้องปฏิบัติ หรือข้อกังวลคล้ายกัน เช่น เรื่องเกี่ยวกับความปลอดภัยการใช้ข้อมูล มีข้อต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขของรัฐ หรือขององค์กรเหมือนกัน หรือมีกฎระเบียบ และกติกาที่ต้องปฏิบัติตามคล้ายกัน ชุมชนอาจดูแลและบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานไอทีด้วยชุมชนเอง หรือทำผ่านบุคคลที่สาม อุปกรณ์จะติดตั้งในสถานที่ของชุมชน หรือนอกสถานที่ก็ได้

3) คลาวด์สาธารณะ (Public cloud) เป็นการใช้บริการคลาวด์ร่วมกับสาธารณะชน องค์กรทั่วไป และกลุ่มองค์กรขนาดใหญ่ ผู้ให้บริการเป็นผู้ลงทุนโครงสร้างพื้นฐานไอที และระบบซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

4) คลาวด์ลูกผสม (Hybrid cloud) เป็นการใช้บริการที่ผสมผสานระหว่างคลาวด์ส่วนตัว คลาวด์ชุมชน หรือคลาวด์สาธารณะ ผู้ให้บริการแต่ละรายที่ให้บริการภายใต้คลาวด์ลูกผสมนี้ต่างทำงานแบบอิสระ ระบบคลาวด์ไม่ว่าจะเชื่อมโยงด้วยเทคนิคที่เป็นมาตรฐาน หรือเทคโนโลยีเฉพาะ จะต้องสามารถทำงานร่วมกันในระดับข้อมูลและระบบซอฟต์แวร์ประยุกต์ได้



รูปที่ 2.10 ชนิดของ คลาวด์ คอมพิวติ้ง.

ที่มา (<http://paosminoff.blogspot.com/2013/08/cloud-computing.html>)

2.12 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายไฟ

สายไฟฟ้าที่เราใช้กันอยู่นั้นจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนที่สำคัญคือ

2.12.1 ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) คือ ส่วนที่เป็นทางเดินของอิเล็กตรอนหรือกระแสไฟฟ้านั่นเอง เพื่อไปยัง Load ทำให้เกิดงานขึ้นองค์ประกอบที่ใช้ทำตัวนำ จะแบ่งได้ 2 อย่างซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

2.12.1.1 ทองแดง (Copper) จะใช้ในงานทั่วไปทั้งภายนอกและภายในอาคาร และจะต้องมีส่วนผสมของทองแดงไม่น้อยกว่า 98% จะมีข้อดี คือ ทองแดงเป็นโลหะที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูงกว่า เมื่อเทียบกับอะลูมิเนียม (สายไฟที่ดีที่สุดในการเป็นตัวนำ คือทองบริสุทธิ์และเงินบริสุทธิ์ ตามลำดับ) ซึ่งทองแดงนั้นมีความแข็งแรง เหนียว และทนต่อการกัดกร่อนได้ดีแต่ทองแดงก็ยังมี ข้อเสียที่น้ำหนักและราคาสูงกว่าอะลูมิเนียมเพราะฉะนั้นทองแดงจึงไม่เหมาะสำหรับงานทางด้านไฟฟ้าแรงดันสูง

2.12.1.2 อะลูมิเนียม (Aluminium) จะใช้งานเกี่ยวกับสายไฟฟ้าแรงสูงในระบบสายส่งและ ส่วนมากจะใช้เป็นสายเปลือยและต้องมีส่วนผสมของอะลูมิเนียมไม่น้อยกว่า 99.3% ข้อดีของมันเมื่อ เทียบกับทองแดงคือน้ำหนักเบาและราคายังถูกกว่าถ้าทั้งอะลูมิเนียมไว้ในอากาศจะทำให้เกิดออกไซด์ขึ้นที่อะลูมิเนียมแต่ตัวออกไซด์ที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นเหมือน ฟิล์มที่ใช้เคลือบสายไฟเพื่อป้องกันการกัดกร่อนแต่การเชื่อมต่อนั้นจะเป็นไปได้ยาก

2.12.2 ฉนวน (Insulated) คือ ส่วนที่เป็นตัวป้องกันการสัมผัสกับสายไฟโดยตรง โดย

สภาพ แล้วฉนวนจะไม่เป็นลื่อน้ำไฟฟ้า ฉนวนจะต้องสามารถป้องกันตัวน้ำไฟฟ้าจากความร้อน หรือ ของเหลวที่สามารถกัดกร่อนตัวน้ำ ไฟฟ้า และสามารถกันน้ำได้ดี ฉนวนที่ใช้หุ้มตัวน้ำไฟฟ้า ต้องมี ความต้านทานสูง ต้องไม่ถูกกรดหรือด่างกัดกร่อนได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 0 - 200 องศาฟาเรนไฮต์ และ ต้องไม่ดูดความชื้นในอากาศฉนวนที่ใช้หุ้มตัวน้ำไฟฟ้ามีอยู่หลายชนิดได้แก่เรซิน หิน แต่วัสดุที่ นิยมคือ 1. PVC (Polyvinyl Chloride) 2.XLPE (Cross Linked Polyethylene)ประเภทของสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าจะแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างคือ

2.12.2.1 สายเปลือย (Bare Wire) คือ สายไฟฟ้าที่ปราศจากสิ่งใด ๆ มาหุ้มที่ตัวน้ำ สายไฟ ชนิดนี้ค่อนข้างจะอันตราย สามารถที่จะทำการแบ่งตามการใช้งานได้อีกชนิดที่ใช้เกี่ยวกับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า เช่น ลวดตัวน้ำที่พันอยู่ในมอเตอร์ชนิดที่ใช้กับระบบสายส่งไฟฟ้าแรงดันสูง



รูปที่ 2.11 สายเปลือย

ที่มา (http://www.sci-tech-service.com/article/wire/electric_wire.htm)

2.12.2.2 สายหุ้มฉนวน (Insulated Wire) จะเป็นสายไฟฟ้าที่ใช้งานกันโดยทั่วไป ตามบ้านพักอาศัย ตามโรงงานอุตสาหกรรมและอื่น ๆ

2.12.3 มาตรฐานที่ใช้อยู่ในประเทศไทย คือ AWG และ SWG มาตรฐานที่ระบุทั้ง 4 เป็นมาตรฐานที่ใช้วัดขนาดสายไฟฟ้าด้วยไวร์ เกจเพื่อวัดว่าสายไฟฟ้ามีขนาดโตเท่าไร สีของฉนวนที่ใช้หุ้มสายไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความเข้าใจใน การใช้งาน

2.12.4 การหาขนาดของสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่สำคัญ และปัจจุบันนี้ก็ได้มีการผลิตออกมาหลายหลาย เพื่อให้เหมาะแก่การใช้งานตามประเภทและอุตสาหกรรมที่ใช้ที่หลากหลาย จึงมีหลักเบื้องต้นในการเลือกใช้สายไฟฟ้างดังนี้

2.12.4.1 ใช้เฉพาะสายไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มีเครื่องหมาย มอก.) เท่านั้น

2.12.4.2 สายไฟฟ้าชนิดที่ใช้เดินภายในอาคารห้ามนำไปใช้เดินนอกอาคารเพราะแสงแดดจะทำให้ฉนวนแตกกรอบชำรุด สายไฟชนิดที่ใช้เดินนอกอาคารมักจะมีการเดิมสารป้องกันแสงแดดไว้ในเปลือกหรือฉนวนของสาย สารป้องกันแสงแดดส่วนใหญ่ที่ใช้กันมากนั้นจะเป็นสีดำ แต่อาจจะเป็นสีอื่นก็ได้ การเดินร้อยในท่อก็มีส่วนช่วยป้องกันฉนวนของสายจากแสงแดดได้ในระดับหนึ่ง

2.12.4.3 เลือกประเภทของสายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาพการติดตั้งและการใช้งาน โดยแบ่งประเภทของสายไฟฟ้างดังนี้

สายแรงต่ำ

1) สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนด้วย PVC มีตัวนำเป็น อลูมิเนียม หุ้มฉนวนด้วย PVC ใช้กับงานแรงดันไม่เกิน 750 โวลต์ สามารถใช้งานเป็นสายประธาน หรือ สายบ่อน ใช้เดินในอากาศเหนือพื้นดิน การไฟฟ้าใช้สายนี้เดินไฟฟ้าแรงดันต่ำจากหม้อแปลงเพื่อจ่ายให้แก่ผู้ใช้ทั่ว ไปตามบ้าน ข้อดีคือมีน้ำหนักเบา เช่นนี้เองสายส่งแรงสูงที่ใช้ยาว ๆ จึงนิยมใช้สายอลูมิเนียม เพื่อลดน้ำหนัก

2) สายไฟฟ้าทองแดง หุ้มฉนวนด้วย PVC เนื่องจากทองแดงมีคุณสมบัติข้อดีมากกว่าอลูมิเนียม เช่น มีความนำไฟฟ้าสูงกว่าการตัดต่อตัวนำสามารถทำได้ง่ายกว่า จึงนิยมใช้สายไฟฟ้าที่ทำจากวัสดุนี้มาก ยกตัวอย่างเช่นขนาดสายทองแดงเบอร์ 10 จะมีความสามารถนำไฟฟ้าได้ดีเท่าสายอะลูมิเนียมเบอร์ 16 โดยมีสูตรคำนวณง่ายๆ คือ เอาจำนวนโหลดทั้งหมด มาถอดกระแสไฟฟ้ารวมทั้งระบบ ก่อนเพื่อไว้อีก 125% เช่นได้ กระแสรวม $10 \text{ A} \times 1.25 = 12.5 \text{ A}$ แล้วก็ดูว่าสายไฟทองแดงที่รับกระแสเท่านี้ได้เบอร์อะไร แต่ทองแดงข้อเสียคือมีน้ำหนักเยอะกว่าอลูมิเนียมอยู่มาก สายไฟฟ้าที่ทำจากตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนด้วย PVC แต่ละชนิดก็มีความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันไป ในที่นี้เราจะกล่าวถึงสายไฟ ตามมาตรฐาน มอก. 11-2531 ที่นิยมใช้กันมากในบ้านเรา ดังนี้

- สาย IV หรือสาย HIV เป็นสายแกนเดียว มีฉนวนชั้นเดียวสามารถทน

แรงดันได้สูงสุด 300 โวลต์ เหมาะกับการใช้งานเป็นสายประธานเดินเข้าอาคารบ้านพักอาศัย และเดินสายไฟภายในอาคาร โดยเดินลอย หรือเดินในรางเดินสายซึ่งเป็นที่แห้ง ใช้สำหรับไฟฟ้า 1 เฟส แรงดัน 220 โวลต์ ห้ามร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง

- สาย VAF เป็นสายทนแรงดันได้สูงสุด 300 โวลต์ มีทั้งชนิดสายกลม เดี่ยวหุ้มฉนวนและมีเปลือกนอก และชนิดสายแบน 2 แกนหรือ 3 แกน หุ้มฉนวนชั้นในด้วย PVC สีดำ และ สีเทาอย่างละแกน แล้วหุ้มเปลือกนอกด้วย PVC สีขาว สายนี้เหมาะกับการใช้เดินสายสำหรับไฟ 1 เฟส 2 สาย ในอาคารทั่วไป โดยการเดินลอยเกาะผนัง ห้ามใช้สายนี้กับระบบไฟ 3 เฟส 380 โวลต์ ห้ามร้อยท่อฝังดิน ห้ามแช่น้ำ หรือ ฝังดินโดยตรง เดินในรางเดินสายได้แต่ห้ามเดินในช่องเดินสาย

- สาย VAF-GRD เป็นสายทนแรงดันสูงสุด 300 โวลต์ มีคุณสมบัติเหมือนสาย VAF เพียงเพิ่มสายดินเข้ามาอีก 1 แกน มีทั้งเป็นแบบสาย 2 แกน และ 3 แกน ใช้งานในการเดินสายไฟฟ้าภายในบริเวณบ้านทั่วไป ห้ามร้อยท่อฝังดิน หรือห้ามใช้เดินฝังดินโดยตรงใช้สายไฟฟ้า VAF/VAF-Ground เดินเกาะตามผนังอาคารโดยใช้ Clip กับ คลิปรัดสายไฟมัดสายไฟให้ดูเรียบร้อยใช้สายไฟฟ้า VAF/VAF-Ground เดินในรางสำหรับเดินสายไฟ (ในที่นี้หมายถึงรางสายไฟฟ้าจาก (PVC) ห้ามใช้สายไฟฟ้า VAF/VAF-Ground ร้อยกับท่ออุปกรณ์ไฟฟ้า (อาจทำให้ไม่สามารถระบายความร้อนได้ดี) ห้ามใช้สายไฟฟ้า VAF/VAF-Ground เดินฝังใต้ดิน

- สาย THW ทนแรงดันสูงสุด 750 โวลต์ ลักษณะเป็นสายแกนเดี่ยว หุ้มฉนวนด้วย PVC ชั้นเดียว เหมาะกับการใช้งานเป็นสายประธาน เดินไฟ 1 เฟส 2 สายเข้าสู่อาคารบ้านพักอาศัย และ ยังนิยมใช้เป็นสายวงจรย่อย สำหรับเดินไฟในท่อฝังผนัง หรือ เดินไฟฟ้าเข้าเครื่องจักรในระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 380 โวลต์ การใช้งานสามารถเดินลอยในอากาศ รางเดินสาย หรือร้อยท่อฝังดินที่ไม่ให้น้ำเข้า แต่ห้ามฝังดินโดยตรง

- สาย NYY แกนเดี่ยว และ สาย NYY ขนาด 2 ถึง 4 แกน ทนแรงดันสูงสุดที่ 750 โวลต์ เป็นสายกลม หุ้มฉนวนด้วย PVC และ หุ้มเปลือกชั้นใน และ ชั้นนอกด้วย PVC ใช้งานในการเดินสายทั่วไป นิยมใช้เป็นสายป้อน หรือ สายประธาน สามารถร้อยท่อฝังดิน หรือ ฝังดินได้โดยตรง

- สาย NYY-N เป็นสาย 4 แกน มีสายไฟ 3 แกน และ สายนิวทรัล 1 แกน ตัวนำหุ้มฉนวนด้วย PVC ตีเกลียวรวมศูนย์แล้วหุ้มเปลือกชั้นใน และเปลือกชั้นนอกด้วย PVC ใช้งานในการเดินสายเมนเข้าอาคารสำหรับระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส 4 สาย สามารถใช้งานโดยร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง

- สาย NYY-GRD เป็นสายทนแรงดัน 750 โวลต์ ชนิดเดียวกับสาย NYY มีสายดินเพิ่มเข้ามาอีก 1 แกน ใช้งานเดินเป็นสายประธาน หรือ เดินสายเข้าเครื่องจักรสามารถเดินในท่อฝังดิน หรือ ฝังดินได้โดยตรง

- สาย VCT เป็นสายทนแรงดันสูงสุด 750 โวลต์ มีทั้ง สายแกนเดียว ถึง 4 แกน ตัวนำเป็นทองแดงสายฟอย หุ้มฉนวนด้วย PVC นำมาตีเกลียวรวมศูนย์และ หุ้มเปลือกนอกด้วย PVC อีกชั้นหนึ่ง มีลักษณะอ่อนตัว ทนต่อสภาพการสั่นสะเทือน เหมาะที่จะใช้งานเป็นสายเดินเข้าเครื่องจักร ใช้ในการเดินสายทั่วไป สามารถร้อยท่อฝังดิน หรือ เดินสายฝังดินโดยตรง

- สาย VCT-GRD เป็นสายทนแรงดัน 750 โวลต์ชนิดเดียวกับสาย VCT โดยมีสายดินเพิ่มเข้ามา 1 แกน ใช้งานในการเดินสายไฟเข้าเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่

- สาย VVR เป็นสายทนแรงดันได้สูงสุด 300 โวลต์ มีทั้งชนิดแกนเดียว และหลายแกน ลักษณะสายเป็นทองแดงหุ้มฉนวนด้วย PVC และ หุ้มเปลือกนอกด้วย PVC ถ้าเป็นสายหลายแกนจะเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนด้วย PVC แล้วนำสายแต่ละแกนมาตีเกลียวรวมศูนย์ และหุ้มเปลือกนอกด้วย PVC อีกครั้ง เหมาะสำหรับการใช้งานในการเดินสายทั่วไป โดยเดินลอย หรือ เดินในรางหุ้ม ห้ามฝังดินโดยตรง แต่สามารถร้อยท่อฝังดินได้โดยไม่ให้น้ำเข้าท่อหรือแช่น้ำ

- สาย VVR-GRD เป็นสายทนแรงดันสูงสุด 300 โวลต์ ชนิดเดียวกับสาย VVR โดยมีสายดินเพิ่มเข้ามา 1 แกน ใช้งานในการเดินสายไฟฟ้าทั่วไป โดยเดินในอากาศ หรือเดินในรางสายไฟ สามารถร้อยท่อฝังดิน แต่ห้ามฝังดินโดยตรง

- สาย VVF เป็นสายทนแรงดันสูงสุด 750 โวลต์ มีทั้งสายกลมแกนเดียว และสายแบน 2 แกน ลักษณะเป็นตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนชั้นในด้วย PVC สำหรับสายแบน 2 แกน เปลือกในจะมีสีดำและสีเทา และหุ้มเปลือกนอกด้วย PVC อีกชั้น เปลือกนอกมีสีขาว ใช้งานในการเดินสายลอย เดินเกาะผนัง วางในรางเดินสายได้แต่ ห้ามเดินในที่ร้อยสาย ห้ามร้อยท่อฝังดิน หรือ ฝังดินโดยตรง

- สาย VVF-GRD สามารถทนแรงดันสูงสุด 750 โวลต์ เป็นสายแบน 2 แกน มีสายดินเพิ่มมาอีก 1 แกน มีคุณสมบัติเหมือนกับสาย VVF ใช้งานในการเดินสายทั่วไป เดินเกาะผนัง เดินซ่อนในผนัง ห้ามเดินในช่องเดินสาย

- สาย VSF, VFF และ VTF เป็นสายทนแรงดันสูงสุด 300 โวลต์ ตัวนำเป็นทองแดงสายฟอย หุ้มฉนวนชั้นเดียวด้วย PVC สาย VSF เป็นสายกลมแกนเดียว สาย VFF เป็นสายกลม 2 แกนติดกัน สาย VTF เป็นสาย กลม 2 แกน ตีเกลียวรวมแกนแต่ไม่มีเปลือกนอกหุ้ม ส่วนมากใช้งานสำหรับการต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปที่เคลื่อนย้ายได้สะดวก หรือใช้กับโคมไฟต่าง ๆ

- สาย VFF-GRD เป็นสายทนแรงดัน 300 โวลต์ ชนิดเดียวกับสาย VFF โดยมีสายดินเพิ่มเข้ามาอีก 1 แกน ใช้งานในการเดินสายไฟเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ไม่ควรใช้ร้อยท่อฝังดิน หรือเดินฝังดินโดยตรง

- สาย VFF-F หรือ VKF เป็นสายทนแรงดัน 300 โวลต์ หุ้มฉนวนด้วย PVC มีเปลือกนอก มีหลายแกน ใช้งานในการต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

2.12.5 สายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนด้วย XLPE เป็นสายที่มีฉนวนเป็น XLPE ทนความร้อนได้สูงกว่า PVC แข็งแรง สามารถทนแรงดึงสูง และ การกักความร้อนทางเคมีได้ดี โดยทั่วไปสายชนิดนี้เรียกว่า CV หรือ CCV สายไฟฟ้าปกติที่ใช้ XLPE เป็นฉนวนจะติดไฟ และ ลูกกลมไปทั่ว ส่วน PVC ทำให้เกิดควันหนาแน่น อากาศเป็นพิษ เป็นสาเหตุทำให้คนหมดสติได้ จึง ต้องเลือกใช้สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติพิเศษสายทนไฟ (Fire Resistant Cable) เป็นสายไฟฟ้าที่มี คุณสมบัติพิเศษ เมื่อเกิดไฟไหม้สายไฟฟ้าแล้ว ยังสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดได้ต่อไป ระยะเวลาหนึ่ง เนื่องจากมี Mica Tape ที่มี คุณสมบัติเป็นฉนวนและทนเปลวไฟได้สูง พันทับบน ตัวนำไว้และปกตีสายประเภทนี้จะมีการหุ้มด้วยพลาสติกชนิดหน่วง หนี้ยวการลุกไหม้ของเปลวไฟ ด้วย ซึ่งสายชนิดนี้จะใช้กับงานในลักษณะที่เป็นกรณีฉุกเฉิน เช่น อักคิภัยสายหน่วงไฟ (Flame Retardant Cable) ซึ่งสายชนิดนี้จะใช้กับงานในลักษณะที่เป็นกรณีฉุกเฉิน เช่น อักคิภัย ในระบบได้ ควัน, อุปกรณ์พื้นผกเคมีดับไฟ, อุปกรณ์พื้นน้ำดับเพลิง, ไฟนำทางกรณีฉุกเฉิน และ ระบบแจ้ง อักคิภัยอัตโนมัติ เป็นต้น เป็นสายไฟฟ้าที่สามารถหน่วงหนี้ยวการลุกไหม้ของเปลวไฟได้ โดยไฟที่ ลูกกลมอยู่จะค่อย ๆ ดับลงได้เอง ซึ่งมีทั้งที่หุ้มด้วยพลาสติก PVC Flame Retardant ซึ่งใช้กับงาน ทั่วไป และที่หุ้มด้วยพลาสติกที่มีควันน้อย และไม่ปล่อยก๊าซพิษ (Low Smoke Halogen Free) ซึ่งใช้ ในสถานที่ระบายอากาศได้ไม่ดี เช่น อุโมงค์, รถไฟฟ้าใต้ดิน, สนามบิน เป็นต้น ที่นิยมใช้ก็จะมี

2.12.5.1 THW ใช้เป็นเส้น Main และเดินสายไปมอเตอร์ นิยมร้อยท่อ หรือในราง

2.12.5.2 VCT หรือสาย core มีแบบ 3/4/9/16/24/32 เส้นใน 1 สาย ใช้กับ control ทั่วไป สะดวกเพราะไม่ต้องเสียเวลาจัดสาย

2.12.5.3 VAF ราคาถูก ใช้ตามบ้านทั่วไป (เดินเกาะลอยตามผนัง)

2.12.5.4 NYL ถ้าต้องเดินใต้ดิน

2.12.6 ขนาดของสายไฟฟ้าต้องเลือกให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าและปริมาณ กระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน และสอดคล้องกับขนาดของฟิวส์หรือสวิตช์อัตโนมัติ (เบรกเกอร์) ที่ใช้ สำหรับขนาดสายเมนและสายต่อหลักดินนั้นก็ต้องสอดคล้องกับขนาดของเมนสวิตช์และขนาดของ เครื่องวัดฯ ด้วย ตามตารางต่อไปนี้

ขนาดสายไฟฟ้าตามขนาดของเมนสวิตช์					
ขนาดเครื่องวัด (แอมแปร์)	เฟส	ขนาดตู้เมนสวิตช์ (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายเมนและสายเมนย่อย (สายพ่วงแยกกัน)** ตร.มม.		แรงดันไฟฟ้าของสายเมน (โวลต์)
			สายเมนในอาคาร	สายเมนนอกอาคาร	
5 (15)	1	16	4 (10)	4,10** (10)	300
15 (45)	1	50	10 (10)	16 (10)	300
30 (100)	1	100	25 (10)	50 (16)	300
50 (150)	1	125	35 (10)	70 (25)	300
15 (45)	3	50	10 (10)	16 (10)	750
30 (100)	3	100	25 (10)	50 (16)	750
50 (150)	3	125	35 (10)	70 (25)	750
200	3	250	95 (25)	150 (35)	750
400	3	500	240 (50)	500 (70)	750

หมายเหตุ

* สายพ่วงแยกมีขนาด 10 ตร.มม. โวลต์ไฟฟ้านอก ส่วนสายเมนที่โวลต์ต่ำกว่า 500 ตร.มม. ไฟฟ้าสายพ่วงมีขนาด 95 ตร.มม. เป็นอย่างน้อย

** สายเมนที่ใช้เดินไฟนอกอาคารต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 10 ตร.มม.

รูปที่ 2.12 ตารางขนาดสายไฟ

ที่มา (<https://pantip.com/topic/36392479>)

2.12.7 ขนาดต่ำสุดของสายดินที่เดินไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือตัวรับให้มีขนาดเป็นไปตามขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตารางต่อไปนี้

ขนาดต่ำสุดของสายดินของเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า	
พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินตัวนำทองแดง (ตร.มม.)
6 - 16	1.5
20 - 25	4
30 - 63	6
80 - 100	10
125 - 200	16
225 - 400	25
500	35
600 - 800	50
1,000	70
1,200 - 1,250	95
1,600 - 2,000	120
2,500	185
3,000 - 4,000	240
5,000 - 6,000	420

หมายเหตุ เครื่องป้องกันกระแสเกิน อาจเป็นฟิวส์หรือเบรกเกอร์ (สวิตช์อัตโนมัติ) ก็ได้

รูปที่ 2.13 ตารางขนาดต่ำสุดของสายดิน

ที่มา (<https://pantip.com/topic/30826182>)

ตัวอย่างขนาดสายไฟฟ้าชนิด ที่มีสายดินตาม บอ.ก. 11-2531		
ขนาดสายไฟพร้อมสายดิน (ตร.มม.)		สายดินไปสายเดี่ยว (THW) อนุกรมเดี่ยว (ตร.มม.)
สายไฟ	สายดิน	ขนาดสายดิน
2.5	1.5	2.5
4.0	2.5	2.5
6.0	4.0	4.0
10.0	4.0	4.0
16.0	6.0	6.0
25.0	6.0	6.0
35.0	10.0	10.0
หมายเหตุ ในการเดินสายดินด้วยสายเดี่ยว สำหรับสายไฟที่มีขนาด 2.5 ตร.มม. ลงไป ขอแนะนำให้ใช้ขนาดสายดินเท่ากับขนาดสายไฟ เช่น		
ขนาดสายไฟ (ตร.มม.)		ขนาดสายดิน (ตร.มม.)
2.5		2.5
1.5		1.5
1.0		1.0

รูปที่ 2.14 ตารางตัวอย่างขนาดสายไฟ

ที่มา (<http://navy30e.blogspot.com/2014/06/cb-3.html>)

2.12.8 การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานต่างๆ ให้เป็นไปตาม
ตารางแสดงพิกัดกระแสไฟฟ้าดังนี้

ตารางแสดงขนาดกระแส ของสายไฟฟ้า

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
	ใช้การเดินสาย (อุณหภูมิ)							
	ก	ข	ค	ง	จ	ฉ	ช	ซ
	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ
0.5	9	8	8	7	10	9	-	-
1	14	11	11	10	15	13	21	-
1.5	17	15	14	13	18	16	26	-
2.5	23	20	18	17	24	21	34	-
4	31	27	24	23	32	28	45	-
6	42	35	31	30	42	36	56	-
10	60	50	43	42	58	50	75	-
16	81	66	56	54	77	65	97	-
25	111	89	77	74	103	87	125	-
35	137	110	95	91	126	105	150	-
50	169	-	119	114	156	129	177	-
70	217	-	148	141	195	160	216	-
95	271	-	187	180	242	200	259	-

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
	ใช้การเดินสาย (อุณหภูมิ)							
	ก	ข	ค	ง	จ	ฉ	ช	ซ
	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ	ผ่านโลหะ
120	316	-	214	205	279	228	294	-
150	364	-	251	236	322	259	330	-
185	424	-	287	269	370	296	372	-
240	509	-	344	329	440	352	431	-
300	592	-	400	373	508	400	487	-
400	696	-	474	416	599	455	552	-
500	818	-	541	469	684	516	623	-

รูปที่ 2.15 ตารางแสดงขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ที่มา (<https://www.slideshare.net/piyapongvatshiramontri/selfpeck2-2>)

การเลือกใช้สายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับประเภทงานและเหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก การลดต้นทุนโดยใช้สายไฟฟ้าที่ไม่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องที่อันตรายมากและอาจนำมาซึ่งความเสียหายทั้งแก่ชีวิตและทรัพย์สิน การเลือกใช้สายไฟฟ้าจึงต้องควรพิจารณาให้รอบคอบให้มาก

2.12.9 ประเภทของสายไฟ

สายไฟจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ สายสำหรับไฟแรงดันต่ำและสำหรับไฟแรงดันสูง ซึ่งสายไฟที่ใช้ตามอาคารบ้านเรือนจัดอยู่ในประเภทสายไฟแรงดันต่ำ สำหรับในประเทศไทยนั้น สายไฟแรงดันต่ำจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.11-2531 หรือ TIS-11-2531 ตามมาตรฐานแล้ว สายไฟแรงดันต่ำจะต้องมีหลายขนาด (พื้นที่หน้าตัด) ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ซึ่งจะต้องทนแรงดันไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 300 โวลต์ ถึง 750 โวลต์ มีลักษณะเป็นสายหุ้มฉนวน ทำด้วยทองแดงหรืออลูมิเนียม โดยทั่วไปแล้วจะเป็นสายทองแดงขนาดเล็กจะเป็นตัวนำตัวเดียว แต่สายขนาดใหญ่เป็นตัวนำตีเกลียว

2.12.10 หางปลา การเชื่อมต่อสายไฟฟ้าโดยใช้หางปลานั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะจุดเชื่อมต่อสายไฟฟ้าเป็นจุดที่เปราะบางและก่อให้เกิดความยุ่งยากในระบบไฟฟ้า ฉะนั้นการเชื่อมต่อสายไฟฟ้าจำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับต่อสายไฟฟ้าเข้าด้วยกัน โดยใช้หางปลาต่อสายนั้นเป็นที่นิยมใช้กันมาก

2.12.10.1 การใช้งานปลาในการเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับเทอร์มินอลหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น

- 1) การใช้สกรูขันเพื่อยึดสายไฟ จะมีข้อเสียคือ มีความยุ่งยากต้องพันสายไฟกับสกรูและขันให้แน่น
- 2) การบัดกรี เนื่องจากจุดที่เชื่อมต่อมีความบอบบางต้องทำด้วยความระมัดระวัง
- 3) การใช้หางปลา เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากมีความสะดวกและง่ายที่สุด หางปลาอาจมีสีและรูปร่างที่แตกต่างกันตามขนาดสายไฟที่จะใช้ เชื่อมต่อ ส่วนวิธีการต่อสายไฟเข้าหางปลาจะใช้วิธีการเดียวกัน คือ ใช้มีดหรือเครื่องมือปอกฉนวนหุ้มสายไฟออกประมาณ 0.5 cm จากนั้นเสียบสายไฟตรงบริเวณปลายหางปลา ใช้คีมสำหรับหางปลาบีบจนสายไฟยึดติดกับหางปลาอย่างแน่นหนา

2.12.10.2 หางปลาแต่ละประเภท เลือกประเภทของหางปลาให้ตรงตามการใช้งาน หางปลาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามรูปแบบการใช้งาน แต่ละประเภทมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน การเลือกหางปลาให้ตรงกับการใช้งานจะช่วยลดต้นทุน

1) หางปลากลเปลี่ยน



รูปที่ 2.16 หางปลากลเปลี่ยน

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

หางปลาเปลี่ยน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อเชื่อมต่อสายไฟกับเทอร์มินอลต่าง ๆ โดยการต่อหางปลากับสายไฟหางปลาเปลี่ยน เพื่อใช้เป็นหัวเชื่อมต่อ เหมาะสำหรับการใช้งานทั่วไปมิให้เลือกหลากหลายรูปทรง เช่นหางปลาแฉก หางปลากลม เป็นต้น

2) หางปลากลแบบหุ้มปลอกฉนวน



รูปที่ 2.17 หางปลากลแบบหุ้มปลอกฉนวน

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

หางปลาแบบหุ้มปลอกฉนวน ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ ที่หลากหลาย รวมถึงตามมาตรฐานปลอกฉนวนหางปลาจะมีสีหลักๆอยู่ 4 สี คือ แดง น้ำเงิน ดำและเหลือง ซึ่งแต่ละสีจะแบ่งตามขนาดสายไฟที่ใช้

3) หางปลากลแบบเสียบ



รูปที่ 2.18 หางปลากลแบบเสียบ

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

เป็นหางปลาประเภทที่สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน มีทั้งแบบเปลือย และแบบหุ้มปลอกฉนวน ในกรณีที่ผู้ใช้มีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนหรือสลับสายไฟเป็นประจำ เช่นการใช้งานกับแผงต่อวงจรบนกระดานวงจร เป็นต้น

2.12.11 ขั้นตอนการย้าหางปลากลการย้าหางปลา ต้องใช้เครื่องมือพิเศษสำหรับหางปลาเท่านั้น หากใช้อุปกรณ์อื่นที่ไม่ใช่เครื่องมือเฉพาะ อาจทำให้การย้าหางปลาไม่แน่น ซึ่งจะส่งผลเสียตามมา เช่น เกิดความร้อน หางปลาไหม้ เบรกเกอร์ไหม้ เป็นต้น การย้าหางปลาต้องใช้แรงบีบกดย้าไปตรงปลายหางปลาบริเวณที่ใช้เป็นจุดเชื่อมสายไฟ เครื่องมือย้าหางปลามีหลายรูปแบบและหลายชนิด การใช้งานก็แตกต่างกันตามต้องการ เช่น

2.12.11.1 Hexagon Crimping ใช้ย้าหางปลาให้เป็นรูปหกเหลี่ยม

2.12.11.2 Indent Crimping ใช้ย้าหางปลาแบบกดลงไปตรง ๆ

2.12.11.3 Trapez Crimping ใช้ย้าหางปลาให้เป็นแท่งสี่เหลี่ยม

2.12.11.4 Oval Crimping ใช้กับหางปลา Tubular ย้าเป็นรูปวงรี

2.12.12 หางปลากลูปรูปทรงต่าง ๆ

2.12.12.1 หางปลาแบบกลม



รูปที่ 2.19 หางปลาแบบกลม

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

2.12.12.2 หางปลาแบบแฉก



รูปที่ 2.20 หางปลาแบบแฉก

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

2.12.12.3 หางปลาแบบหุ้มปลอก



รูปที่ 2.21 หางปลาแบบหุ้มปลอก

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

2.12.12.4 หางปลาแบบเข็ม



รูปที่ 2.22 หางปลาแบบเข็ม

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

2.12.12.5 หางปลาแบบแบน



รูปที่ 2.23 หางปลาแบบแบน

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

2.12.12.6 หางปลาพร้อมตัวคล้องสายไฟ



รูปที่ 2.24 หางปลาพร้อมตัวคล้องสายไฟ

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

2.12.12.6 หางปลาแบบมีฝา



รูปที่ 2.25 หางปลาแบบมีฝา

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

2.12.13 อุปกรณ์ที่นิยมใช้คู่กับหางปลา

2.12.13.1 คีมย้ำหางปลา



รูปที่ 2.26 คีมย้ำหางปลา

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

2.12.13.2 คีมปอกสายไฟ



รูปที่ 2.27 คีมปอกสายไฟ

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

ใช้ในการปกคลุมหุ้มของสายไฟ คีมปอกสายไฟมิใช่กับสายหุ้มฉนวนทั้งชนิดแบบสายเกลื่อนน้ำยาและแบบสายไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อหน้าสัมผัสระหว่างสายทองแดงและหางปลา

2.12.13.3 สายไฟ



รูปที่ 2.28 สายไฟ

ที่มา (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/crimp201812/)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ส่งพลังงานไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยกระแสไฟฟ้าจะเป็นตัวนำพลังงานไฟฟ้าผ่านไปตามสายไฟจนถึงเครื่องใช้ไฟฟ้า สายไฟทำด้วยสารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ เรียกว่าตัวนำไฟฟ้า และตัวนำไฟฟ้าที่ใช้ทำสายไฟเป็นโลหะที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ดี

2.12.14 เคเบิลไทร์ (Cable Tie) หรือที่รู้จักกันในชื่อ hose tie, zip tie หรือ tie-wrap เป็นผลิตภัณฑ์(Fastener) ประเภทหนึ่ง ซึ่งออกแบบเพื่อรัดสายสัญญาณหรือสายไฟเข้าด้วยกันเพื่อความ เป็นระเบียบ และยังถูกนำไปใช้ใน งานหลากหลายประเภท โดยทั่วไปแล้วเคเบิลไทร์แบบไนลอน จะมีส่วนหนึ่งที่มีฟันสามเหลี่ยมลาดไปในทิศทางเดียวกัน โดยส่วนหัวของเคเบิลไทร์จะมีช่อง พร้อมกับเขี้ยวที่บังคับให้ฟันสามเหลี่ยมนั้นไม่สามารถถอยกลับ ได้เมื่อส่วนปลายของเคเบิลไทร์ สอดเข้ามา เขี้ยวของเคเบิลไทร์ทำหน้าที่เหมือนกระดิ่งในเฟืองที่ บังคับไม่ให้ถอดสายเคเบิลไทร์ ออกมา ป็นรัดสายเคเบิลไทร์ใช้ในการดึงเคเบิลไทร์ด้วยความตึงตามต้องการ พร้อมตัดส่วนหางของ เคเบิล ไทร์ไม่ให้เกิดส่วนคมเพื่อความปลอดภัย

เคเบิลไทร์สำหรับใช้งานกลางแจ้ง สามารถเพิ่มความทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลต UV ได้โดย ใช้ในลอนเกรดพิเศษที่เติมผงคาร์บอนดา (carbon black) อย่างน้อย 2% เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยา กับสายโพลิเมอร์(PolymerChain)ยึดอายุการใช้งาน เคเบิลไทร์สีน้ำเงินนั้นใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเติมสารเติมแต่งประเภทโลหะลงไป ทำให้ เคเบิลไทร์สามารถถูกตรวจจับได้โดยเครื่องตรวจจับโลหะ เคเบิลไทร์ที่ผลิตจาก ETFE (Ethylene tetrafluoroethylene) หรือ Tefzel ใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูง ถึง 150°C เช่น ในมอเตอร์ไฟฟ้า เคเบิลไทร์สแตนเลสใช้ในงานที่ทนต่อเปลวเพลิง และยังมีแบบเคลือบที่ป้องกันการกัดกร่อนจาก โลหะอื่นเช่นรางสายที่ชุบสังกะสีเคเบิล ไทร์นั้นโดยทั่วไปจะใช้งานเพื่อรัดเพียงครั้งเดียว จากนั้นจะ ถูกตัดทิ้งมากกว่าจะที่ปลดล็อกและนำ

กลับมาใช้ใหม่ อย่างไรก็ตาม หากต้องการปลดล็อกเคเบิล ไทร์ก็มีวิธีที่ไม่ต้องตัดเคเบิลไทร์ โดยปลดเช็วกระเดื่องจากสายด้วยเหล็กแหลม เข็มเย็บผ้า หรือไขควงเบอร์เล็ก ๆ แหย่เข้าไปกดตัวเช็วแล้วดึงสายเคเบิลไทร์ออกมา เคเบิลไทร์แบบปลดล็อกได้นั้น จะมีส่วนให้กับเพื่อปลดเช็ว

2.12.15 บัสบาร์ (Busbar)

2.12.15.1 บัสบาร์ให้ใช้ทองแดงชนิดที่ผลิตขึ้นสำหรับใช้กับงานไฟฟ้าโดยเฉพาะ โดยผลิตตาม มาตรฐาน ANSI, DIN, IEC หรือเทียบเท่า

2.12.15.2 การคำนวณขนาดของบัสบาร์ ให้คิดแบบพื้นที่จากตารางมาตรฐาน ขนาดของบัสบาร์เส้นดินถ้าใช้ทองแดงต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 95 ตร.ม.ม. สำหรับแผงจ่ายไฟที่ใช้ MAIN SWITCH หรือ MAIN BREAKER ขนาดไม่เกิน 800A และขนาดไม่น้อยกว่า 120 ตร.ม.ม. สำหรับแผงจ่ายไฟที่ใช้ MAIN SWITCH หรือ MAIN BREAKER ตั้งแต่ 800 A ขึ้นไป

บัสบาร์ มีทั้งชนิดที่ตัวนำทำด้วยทองแดงและอลูมิเนียม รูปร่างของบัสบาร์ที่นิยมใช้กันทั่วไปเป็นแบบ Flat คือ มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากติดตั้งง่าย ระบายความร้อนดี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

2.12.16 พาวเวอร์ปลั๊ก (Power Plug) งานในนิคมอุตสาหกรรมต่าง ๆ ปลั๊กไฟที่ใช้ จะเป็น ปลั๊กไฟชนิด Power Socket Plug (บาง ที่เรียกว่า industrial socket Plug) ซึ่งปลั๊กไฟชนิดนี้จะช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานให้มากขึ้น โดยการออกแบบของปลั๊กช่วยป้องกันอันตรายจากการที่ร่างกายจะไปสัมผัสกับส่วนที่ก่อให้เกิด ไฟช็อตภายในปลั๊ก (ถ้าเป็นปลั๊กธรรมดา เอานิ้วแหย่เข้าไปได้) และเมื่อนำเต้ารับและปลั๊กไฟ ชนิด พาวเวอร์ซ็อกเก็ตปลั๊กแบบนี้สวมเข้าด้วยกันแล้วก็ยังปลอดภัยในกรณีที่มีน้ำรั่วไหลมาโดนปลั๊กไฟ ดังกล่าว กรณีที่ไม่ได้เสียบปลั๊กด้วยกัน เต้ารับแบบนี้ ก็จะมีฝาปิด ป้องกันน้ำเข้าไปในปลั๊กได้อีกด้วย

2.12.16.1 วิธีการเลือกใช้ -เลือกว่าต้องการใช้ไฟ 1 เฟสหรือ 3 เฟส โดย 1 เฟส (220V) ใช้ปลั๊กสีฟ้าและ 3 เฟส(380V) ใช้ปลั๊กสี แดง ส่วนปลั๊กสีเหลืองใช้กับไฟ 110V

1) เลือกว่าต้องการใช้ขั้วกราวด์อย่างเดียหรือขั้วกราวด์+นิวตรอน(N)ด้วย
2) ถ้าเป็นไฟเฟสเดียวจะต้องมีขาไฟ 1ขาและขานิวตรอน1ขาเสมอ ดังนั้นไฟเฟสเดียวจึงเป็น 2P +E

3) ถ้าเป็นไฟสามเฟสจะต้องมีขาไฟ 3ขา ส่วนขานิวตรอนแล้วแต่ความต้องการ เพราะไฟสามเฟสไม่ ต้องมีนิวตรอนก็ใช้งานได้แล้วดังนั้นไฟสามเฟสที่ไม่ต้องการนิวตรอนจึงเป็น 3P+E แต่หาก ต้องการนิวตรอนด้วยก็จะเป็น 3P+E+N เลือกลักษณะการติดตั้ง เช่น

4) ต่อระหว่างทาง คือไม่มีการยึดกับตู้ทั้งตัวตู้และตัวเมีย แบบนี้ก็ไม่ต้องกังวลตัวตู้หรือตัวเมียจะอยู่ ฝั่งไหน

5) ต่อแบบมีการยึดกับตู้ก็ต้องเลือกจะทำให้ตัวที่ยึดกับตู้เป็นตัวผู้หรือตัวเมีย โดยดูจากทิศทางการ เดินของไฟฟ้าเป็นด้านรับไฟก็ต้องเป็นตัวผู้อีกฝั่งเป็นด้านจ่ายไฟก็ต้องเป็นตัวเมีย ดังเกตถ้าเป็น"ตัวเมียจะมีฝาปิดเสมอ"

6) เลือกว่าติดตู้จะเป็นแบบติดแค่ซี่น็อต(แบบติดลอย) หรือเจาะตู้ด้วยเพื่อให้ด้านท้ายเข้าไปอยู่ในตู้ (แบบฝัง)

7) เลือกระดับกันน้ำหากไม่โดนน้ำมากก็เป็นIP44แต่หากมีน้ำฉีดรุนแรงก็ต้องเป็นIP67เลือกระดับ กระแสไฟ ซึ่งมีให้เลือกดังนี้ 16A, 32A, 63A และ125A

2.12.16.2 ข้อมูลเพื่อความปลอดภัย

- 1) ปิดและถอดปลั๊กเพาเวอร์จากเต้าเสียบ AC ก่อนที่จะทำความสะอาด
- 2) ใช้ผ้านุ่มเปียกชุบน้ำยาทำความสะอาดอย่างอ่อนเพื่อทำความสะอาด
- 3) ใช้เฉพาะอุปกรณ์ต่อพ่วง/อุปกรณ์เสริมที่ระบุโดยผู้ผลิตเท่านั้น
- 4) เมื่อต้องซ่อมแซม ให้นำไปยังช่างบริการที่มีคุณสมบัติทุกครั้ง คุณจำเป็นต้องนำเครื่องไปซ่อมแซม เมื่ออุปกรณ์เสียหายในลักษณะใดก็ตาม เช่น สายเพาเวอร์ชำรุดหรือปลั๊กเสียหาย ของเหลวหรือ วัตถุหล่นเข้าไปในอุปกรณ์ อุปกรณ์สัมผัสถูกฝนหรือความชื้น เครื่องไม่ทำงานตามปกติ หรือเครื่องหล่นพื้น

2.12.16.3 ข้อห้ามปฏิบัติใช้อุปกรณ์นี้ใกล้

- 1) ใช้สารทำความสะอาด จี๊ฟี่ เพื่อทำความสะอาดเครื่อง
- 2) ติดตั้งใกล้แหล่งกำเนิดความร้อน เช่น หม้อน้ำ เครื่องทำความร้อน เตาผิง หรืออุปกรณ์อื่นๆ (รวมทั้งแอมพลิฟาย) ที่สร้าง ความร้อน
- 3) เพื่อลดความเสี่ยงของเหตุไฟไหม้ หรือช็อต อย่าให้เครื่องนี้ถูกฝน
- 4) ใช้ภายใต้แสงแดดโดยตรง-เพื่อลดความเสี่ยงของเหตุไฟไหม้ หรือไฟฟ้าช็อต อย่าให้เครื่องนี้ถูกฝน หรือความชื้น มิแรงดันไฟฟ้าสูงที่มีอันตรายอยู่ด้านในตัวเครื่อง

2.12.17 ลูกถ้วยชนวนแดง

2.12.17.1 การทดสอบลูกถ้วยชนวน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 354-2523:ลูกถ้วยชนวนปอร์ซเลน ได้แบ่งการทดสอบ ลูกถ้วยชนวน ออกเป็น3ประเภทคือ

- 1) การทดสอบเฉพาะแบบ(typetest)
- 2) การทดสอบรับรอง(acceptancetest)
- 3) การทดสอบประจำ(routine test)

2.12.17.2 การทดสอบเฉพาะแบบ หมายถึงการทดสอบเพื่อตรวจสอบหรือพิสูจน์ว่าลักษณะ การออกแบบคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดหรือไม่ การทดสอบเฉพาะแบบทางไฟฟ้า ประกอบด้วย

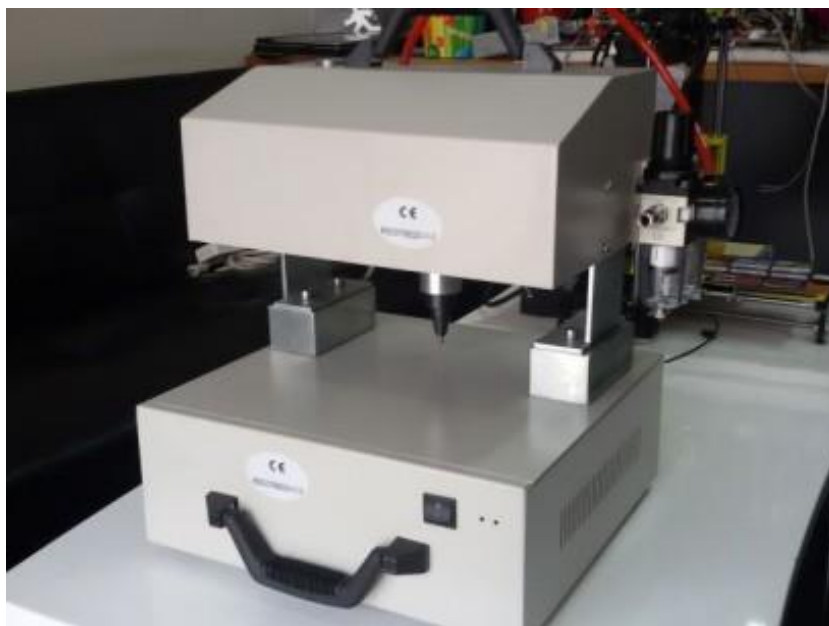
- 1) การทดสอบแรงดันไฟฟ้าตามผิวในสภาพแห้งและเปียกด้วยแรงดัน กระแสสลับความถี่ต่ำ
- 2) การทดสอบแรงดันไฟฟ้าวาวไฟตามผิวอิมพัลส์วิกฤติด้วย แรงดันอิมพัลส์ชั่วบวกละชั่วลบ
- 3) การทดสอบแรงดันไฟฟ้ารบกวนคลื่นวิทยุจัดเป็นการ ทดสอบแบบไม่ ทำลาย

ประกอบด้วยลูกถ้วย ถ้าหากความเครียด สนามไฟฟ้าสูงเกินกว่าขีดความทนต่อ แรงดันไฟฟ้าของ อากาศก็จะทำให้เกิดดิสชาร์จบางส่วนหรือโคโรนา และส่งคลื่นสั้นในย่านความถี่ วิทยุสื่อสารแผ่ กระจายออกไปรบกวน ระบบสื่อสาร ฉะนั้นลูกถ้วยฉนวนที่จะนำมาใช้ยึดสายใน ระบบส่งจำหน่าย โดยเฉพาะในย่านชุมชนหรือในเมือง ยอมให้มีคลื่นรบกวน (RIV) ได้ไม่เกินค่าที่ มาตรฐานกำหนด ตามมาตรฐาน ANSI กำหนดค่า RIV เป็น V ในกรณีสภาพบรรยากาศไม่ใช่สภาวะ มาตรฐาน ต้องใช้ แฟลเตอร์แก้ความหนาแน่นบรรยากาศ kd และแฟลเตอร์แก้ความชื้น ใน บรรยากาศ km ซึ่งค่า km สำหรับลูกถ้วยอ่านได้จากเส้นกราฟ

2.12.17.3 การทดสอบรับรอง หมายถึง การตรวจสอบคุณสมบัติ อุปกรณ์ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ว่ายังมีคุณภาพได้ตามที่มาตรฐานกำหนดหรือไม่ การทดสอบรับรองทาง ไฟฟ้า ก็คือ การทดสอบ ความแข็งแรงรวมทั้งทางกลและทางไฟฟ้า เป็นการทดสอบที่เลียนแบบการใช้ งานจริง เพราะลูกถ้วย ในขณะที่ใช้งานนั้นจะต้องรับทั้งแรงกลและ ความเครียดสนามไฟฟ้า การ ทดสอบรับรองทางไฟฟ้าอีกประการหนึ่งก็คือ การทดสอบเจาะผ่าน (puncture) เป็นการทดสอบ แตะสลาย เพื่อต้องการตรวจสอบดูความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของเนือลูกถ้วย (อาจเป็นปอร์ซเลน หรือแก้ว)

2.12.17.4 การทดสอบประจำ หมายถึง การทดสอบที่ทำ เป็นประจำ ในโรงงาน เป็นการ ทดสอบกับลูกถ้วยฉนวนทุกลูก เพื่อตรวจสอบว่าลูกถ้วยนั้นไม่มีความบกพร่องจากการ ผลิต การ ทดสอบประจำ ทางไฟฟ้าของลูกถ้วยฉนวนได้แก่ การทดสอบวาวไฟตามผิว ซึ่งอาจจะใช้ แรงดัน ความถี่สูงแบบหน่วง (damped high frequency voltage) มีความถี่ประมาณ 200 kHz ซึ่งได้ จากหม้อแปลงเตสลาให้เกิดวาวไฟตามผิว ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 3 ถึง 5 วินาที หรืออาจจะทดสอบ วาวไฟด้วย ความถี่ต่ำ ให้เกิดวาวไฟตามผิวแห้งต่อเนื่องกันเป็นเวลา 3 ถึง 5 นาที

2.12.18 เครื่องกัดเนมเพลทเลเซอร์



รูปที่ 2.29 เครื่องกัดเนมเพลทเลเซอร์

ที่มา (<https://klongthomshoppingmall.com/steel-pipe-dot-pin-cnc-marking-machinery.html>)

2.12.19 บาร์ล๊อคเฟรม(บาร์ล๊อคสาย)



รูปที่ 2.30 บาร์ล๊อคเฟรม(บาร์ล๊อคสาย)

ที่มา (http://th.rccn.com.cn/content_products_366.html)

2.12.20 แป้นกาว (ใหญ่-เล็ก)



รูปที่ 2.31 แป้นกาว (ใหญ่-เล็ก)

ที่มา (<http://www.pv2electric.com/product/8/self-adhesive-wire>)

2.12.21 สกรุน็อต สกรุน็อตเป็นวัสดุที่จำเป็นอย่างมากสำหรับการยึดวัตถุสองชิ้นให้ติดกัน มีหน้าที่คล้ายตะปู แต่จะอาศัยแรงหมุนเพื่อให้เกลียวเคลื่อนเจาะทะลุเข้าไปในเนื้อวัตถุได้ โดยทั่วไปคนส่วนมากมักเรียกสกรุน็อตรวมกันว่า “น็อต” อันที่จริงแล้ว “สกรู” และ “น็อต” นั้นมีความแตกต่างกันซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสนระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายได้ ดังนั้นเราจะมาทำความรู้จักกันล่ะว่า “น็อต” และ “สกรู” มีความแตกต่างกันอย่างไร คำว่า “สกรู” นั้น หมายถึง “น็อตตัวผู้” ซึ่งมีลักษณะเป็นเกลียวรอบทรงกระบอกยาว หัวสกรูจะมี หลายประเภท เช่น หัวหกเหลี่ยม หัวแฉก หัวผ่า ฯลฯ

ส่วน “น็อต” หรือที่มักเรียกกันว่า “หัวน็อต” นั้น หมายถึง “น็อตตัวเมีย” ซึ่งมีลักษณะคล้าย แหวน มีรูตรงกลาง ภายในจะมีร่องเป็นเกลียวเพื่อที่จะสามารถหมุนเข้ากับสกรูได้ หัวน็อตมีหลาย ประเภท เช่น หัวน็อตหกเหลี่ยม หัวน็อตดัดจาน หัวน็อตกลม ฯลฯ

2.13 ทฤษฎีเกี่ยวกับไฟฟ้า

ไฟฟ้าเป็นชุดของปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ มีที่มาจาก ภาษากรีกพูดถึงไฟฟ้า ประจุจะผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะกระทำกับประจุอื่น ๆ ไฟฟ้าเกิดขึ้นได้เนื่องจากหลายชนิดของฟิสิกส์ดังต่อไปนี้

ประจุไฟฟ้า เป็นคุณสมบัติของบางอนุภาคย่อยของอะตอมที่กำหนดปฏิสัมพันธ์ทางแม่เหล็กไฟฟ้าของพวกมัน สารที่มีประจุไฟฟ้าจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของและสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าอาจเป็นบวกหรือเป็นลบ

สนามไฟฟ้า ว่าด้วยกลุ่มประจุที่ถูกล้อมรอบด้วยสนามไฟฟ้าหนึ่ง สนามไฟฟ้าจะสร้างแรงหนึ่งขึ้นบนประจุอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าจะเดินทางด้วยความเร็วแสง

ศักย์ไฟฟ้าเป็นความจุของสนามไฟฟ้าหนึ่งที่จะทำงานบนประจุไฟฟ้าปกติมีหน่วยเป็น โวลต์

กระแสไฟฟ้าว่าด้วยการเคลื่อนไหลหรือการไหลของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ทั่วไปมีหน่วยเป็นแอมแปร์

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ได้จากพลังงานศักย์หรือพลังงานจลน์ ไฟฟ้าเมื่อถูกใช้อย่างหลวม ๆ จะใช้เพื่ออธิบายพลังงานที่ถูกดูดซับหรือถูกนำส่งโดยวงจรไฟฟ้าหนึ่ง (ยกตัวอย่างเช่น พลังงานที่จัดหามาให้จากโรงไฟฟ้า)

แม่เหล็กไฟฟ้า กลุ่มประจุที่กำลังเคลื่อนที่จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมานาขนาดหนึ่ง กระแสไฟฟ้าก็สร้างสนามแม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กที่กำลังเปลี่ยนแปลงก็สร้างกระแสไฟฟ้า ในวิศวกรรมไฟฟ้า คำว่าไฟฟ้าหมายถึง:

กำลังไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าถูกใช้เพื่อให้กำลังงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าเป็นอัตราที่พลังงานไฟฟ้าที่ถูกถ่ายโอนไปยังวงจรไฟฟ้า มีหน่วย SI เป็นวัตต์ซึ่งเท่ากับหนึ่งจูลต่อวินาที

อิเล็กทรอนิกส์ เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้าที่ใช้ชิ้นส่วนที่แอคทีฟเช่นหลอดสูญญากาศ, ทรานซิสเตอร์, ไดโอดและวงจรรวม และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ใช้ในการเชื่อมต่อถึงกันแบบพาสซีฟที่เกี่ยวข้อง

วิศวกรรมกำลังไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า วิศวกรรมระบบไฟฟ้า เป็นสาขาย่อยของวิศวกรรมพลังงานและวิศวกรรมไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้า, การส่งกำลังไฟฟ้า, การกระจายกำลังไฟฟ้า, การใช้ให้เป็นประโยชน์และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับระบบดังกล่าว

ปรากฏการณ์เกี่ยวกับไฟฟ้าได้มีการศึกษากันมานับตั้งแต่โบราณกาลแต่ความก้าวหน้าในความเข้าใจบางทฤษฎีก็ยังคงช้าอยู่จนกระทั่งคริสต์ศตวรรษที่ 17 และ 18 แม้ว่าในขณะนั้นการประยุกต์ใช้ไฟฟ้าในทางปฏิบัติจะยังมีน้อยและมันยังไม่ถึงเวลาจนกระทั่งปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 ที่วิศวกรไฟฟ้าจะสามารถนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมและตามบ้านเรือน การขยายตัวอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีไฟฟ้าในช่วงเวลานี้ได้เปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรมและสังคม ความหลากหลายที่เกินธรรมชาติของไฟฟ้าทำให้มันสามารถถูกนำไปใช้ในงานที่เกือบจะไร้ขีดจำกัดซึ่งรวมถึงการขนส่ง การให้ความร้อน แสงสว่าง การสื่อสาร และคอมพิวเตอร์

2.13.1 ประวัติณานก่อนที่จะมีความรู้ใด ๆ ด้านไฟฟ้า ผู้คนได้ตระหนักถึงการกระตุกของปลาไฟฟ้า ในสมัยอียิปต์โบราณพบข้อความที่จารึกในช่วงประมาณ 2750 ปีก่อนคริสต์ศักราช ได้พูดถึงปลาเหล่านี้ว่าเป็น "สายฟ้าแห่งแม่น้ำไนล์" และพรรณนาว่าพวกมันเป็น "ผู้พิทักษ์" ของปลาอื่น ๆ ทั้งหมด ปลาไฟฟ้ายังถูกบันทึกอีกครั้งในช่วงพันปีต่อมาโดยกรีกโบราณ, ชาวโรมันและนักธรรมชาติวิทยาชาวอาหรับและแพทย์มุสลิม นักเขียนโบราณหลายคน เช่น Pliny the Elder และ Scribonius Largus ได้พิสูจน์ให้เห็นถึงอาการชาจากไฟฟ้าช็อกที่เกิดจากปลาตุ๊กไฟฟ้าและปลากระเบนไฟฟ้า และยังรู้ว่าการช็อกเช่นนั้น สามารถเดินทางไปตามวัตถุที่นำไฟฟ้าผู้ป่วยที่ต้องทนทุกข์ทรมานจากการเจ็บป่วยเช่นเป็น โรคเกาต์หรือปวดหัว จะถูกส่งไปสัมผัสกับปลาไฟฟ้าซึ่งหวังว่าการกระตุกอย่างมีพลังอาจรักษาพวกเขาได้เป็นไปได้ว่าวิธีการที่เก่าแก่ที่สุดและใกล้ที่สุดในการ

ค้นพบตัวตนของฟ้าผ่าและไฟฟ้าจากแหล่งที่มาอื่น ๆ ควรที่จะอุทิศให้กับชาวอาหรับ ผู้ที่ก่อนศตวรรษที่ 15 พวกเขามีคำภาษาอารบิกสำหรับฟ้าผ่าว่า raad ที่หมายถึงปลาคะเบนไฟฟ้า

วัฒนธรรมโบราณรอบ ๆ ทะเลเมดิเตอร์เรเนียนจะรู้จักวัตถุบางอย่าง เช่นแท่งอำพัน เมื่อนำมาขัดถูกับขนแมว มันสามารถดึงดูดวัตถุที่เบาเช่นขนนกเรลีสแห่งมิลเลทัสได้ทำข้อสังเกตหลายอย่างเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตราว 600 ปีก่อนคริสตกาล จากข้อสังเกตเหล่านั้นเขาเชื่อว่าการเสียดสีทำให้เกิดแม่เหล็กบนอำพัน ซึ่งต่างกับหินแร่อื่นเช่นแมกนีไทต์ที่ไม่ต้องขัดถู เรลีสผิดที่เชื่อว่าการดึงดูดเกิดจากแม่เหล็ก แต่วิทยาศาสตร์ต่อมาจะพิสูจน์ความเชื่อมโยงระหว่างแม่เหล็กและไฟฟ้า ตามทฤษฎีที่ขัดแย้งกัน ชาวพาเทียนอาจมีความรู้เกี่ยวกับการชပ်ด้วยไฟฟ้ามาก่อน เมื่ออ้างถึงการค้นพบแบตเตอรี่แบกแดดที่คล้ายคลึงกับเซลล์กัลวานีในปี ค.ศ. 1936 แม้จะยังไม่แน่นอนว่าสิ่งประดิษฐ์ที่ได้จะเป็นไฟฟ้าในธรรมชาติหรือไม่

ไฟฟ้ายังเป็นเพียงความอยากรู้อยากเห็นทางปัญญาเป็นเวลานานพันปี กระทั่งศตวรรษที่ 1600 เมื่อวิลเลียม กิลเบิร์ตนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้ทำการศึกษาเรื่องแม่เหล็กและไฟฟ้าอย่างจริงจัง เขาได้แยกความแตกต่างของผลกระทบจากแม่เหล็กออกจากไฟฟ้าสถิตที่เกิดจากการขัดสีแท่งอำพัน เขาบัญญัติศัพท์ภาษาละตินใหม่ว่า "electricus" ("ของอำพัน" หรือ "เหมือนอำพัน" จาก electron คำกรีกโบราณสำหรับ "อำพัน") เพื่อหมายถึงคุณสมบัติในการดึงดูดวัตถุเล็ก ๆ หลังการขัดสี การผสมกันนี้ทำให้เกิดคำในภาษาอังกฤษว่า "electric" และ "electricity" ซึ่งปรากฏขึ้นครั้งแรกในสิ่งพิมพ์ Pseudodoxia Epidemica ของโรมัส บราวน์ เมื่อปี ค.ศ. 1646

ผลงานชิ้นต่อมาดำเนินการโดยอ็อตโต ฟอน เกียริก, โรเบิร์ต บอยล์, สตีเฟน เกรย์ และชาร์ล เอฟ. ดูว์เฟย์ ในคริสต์ศตวรรษที่ 18 เบนจามิน แฟรงคลิน ทำการวิจัยเรื่องไฟฟ้าอย่างกว้างขวาง เขาขายทรัพย์สินสมบัติที่มีเพื่อเป็นทุนวิจัย ในเดือนมิถุนายน ค.ศ. 1752 เขามีชื่อเสียงจากการติดลูกกุญแจโลหะไว้ที่หางของเชือกวาวที่เปียกชื้น แล้วปล่อยลอยขึ้นฟ้าในวันที่มีลมพายุรุนแรง ประกายไฟที่กระโดดอย่างต่อเนื่องจากลูกกุญแจไปยังหลังมือของเขาได้แสดงให้เห็นว่าฟ้าผ่าคือไฟฟ้าในธรรมชาติอย่างแท้จริง เขายังได้อธิบายถึงพฤติกรรมที่ผิดปกติและขัดแย้งกันเองที่ปรากฏอีกด้วยเกี่ยวกับโลหะเดนที่ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บประจุไฟฟ้าปริมาณมากในรูปของไฟฟ้าที่ประกอบด้วยทั้งประจุบวกและประจุลบ

ในปีค.ศ. 1791 ลุยจิ กัลวานีได้ตีพิมพ์การค้นพบแม่เหล็กไฟฟ้าชีวภาพของเขาที่แสดงให้เห็นว่าไฟฟ้าเป็นตัวกลางที่ผ่านสัญญาณจากเซลล์ประสาทไปสู่กล้ามเนื้อ แบตเตอรี่ของอาเลสซานโดร โวลตา หรือเซลล์ซ้อนของโวลตาในคริสต์ศตวรรษ 1800 ที่ทำจากชั้นที่สลับซ้อนกันของสังกะสีและทองแดง เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่เชื่อถือได้ให้กับเหล่านักวิทยาศาสตร์มากกว่าเครื่องจักรไฟฟ้าสถิต ที่เคยใช้กันอยู่ก่อนหน้านี้ การยอมรับในทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า ถึงความเป็นหนึ่งเดียวของปรากฏการณ์ไฟฟ้าและแม่เหล็กเป็นผลงานของ อันส์ คริสเทียน เออสเตดและอังเดร มารี แอมแปร์ในปี 1819-1820, ไมเคิล ฟาราเดย์ได้ประดิษฐ์มอเตอร์ไฟฟ้าในปีค.ศ. 1821 และจอร์จ

ไมซมอน โอห์ม ได้ใช้คณิตศาสตร์วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในปี ค.ศ. 1827 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก (และแสงสว่าง) ถูกเชื่อมกันในทางนิยามโดยเจมส์ เคริก แมกซ์เวลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากผลงาน "บนเส้นกายภาพของแรง" ของเขาในปี 1861 และปี 1862

ในตอนต้นศตวรรษที่ 19 มีความเจริญรุดหน้าด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว ขณะที่ตอนปลายศตวรรษที่ 19 จะเห็นความก้าวหน้าด้านวิศวกรรมไฟฟ้าอย่างมหาศาล จากผลงานของบุคคล เช่น อเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์, อ็อตโต บลาซี, โทมัส อัลวา เอดิสัน, Galileo Ferraris, Oliver Heaviside, Ányos Jedlik, วิลเลียม ทอมสัน บารอนเคลวินที่ 1, ชาลส์ แอลเกอร์นอน พาร์ชันส์, เวอร์เนอร์ ฟอน ซิเมนส์, โจเซฟ สวอน, นิโคลา เทสลา และ จอร์จ เวสติงเฮาส์ ไฟฟ้าได้เปลี่ยนจากความอยากรู้อยากเห็นทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับชีวิตสมัยใหม่ และกลายเป็นแรงขับเคลื่อนของการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่สอง

ในปี 1887 ไฮน์ริช เฮิร์ตซ์ค้นพบว่าขั้วไฟฟ้าที่เรืองแสงด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจะสร้างประกายไฟฟ้าได้ง่ายมาก ในปี 1905 อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ได้ตีพิมพ์เอกสารที่อธิบายข้อมูลการทดลองจากผลกระทบโฟโตอิเล็กทริกเมื่อการเป็นผลลัพธ์ของพลังงานแสงที่กำลังถูกนำส่งในแพคเกจที่แปลงเป็นปริมาณที่ไม่ต่อเนื่อง เป็นการใส่พลังงานให้กับอิเล็กตรอน การค้นพบนี้นำไปสู่การปฏิวัติควอนตัม ไอน์สไตน์ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปี 1921 สำหรับ "การค้นพบกฎของผลกระทบโฟโตอิเล็กทริก" ผลกระทบโฟโตอิเล็กทริกยังถูกใช้ในโฟโตเซลล์อย่างที่สามารถพบได้ในเซลล์แสงอาทิตย์อีกด้วยและเซลล์นี้มักจะถูกใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อการพาณิชย์

อุปกรณ์โซลิดสเตตตัวแรกเป็น "ตัวตรวจจับแบบหลอดแมว" มันถูกใช้เป็นครั้งแรกในทศวรรษที่ 1900 ในเครื่องรับวิทยุ หลอดคล้ายหลอดแมวจะถูกวางเบา ๆ ในการสัมผัสกับผลึกของแฉ่ง (เช่นผลึกเจอร์เมเนียม) เพื่อที่จะตรวจจับสัญญาณวิทยุจากผลกระทบจุดสัมผัสที่รอยต่อ (อังกฤษ: contact junction effect) ในชั้นส่วนโซลิดสเตต กระแสจะถูกกักขังอยู่ในชั้นส่วนที่เป็นของแฉ่งและสารประกอบที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อสวิตช์และขยายมัน การไหลของกระแสสามารถเข้าใจได้ในสองรูปแบบ: แบบแรกเป็นอิเล็กตรอนที่มีประจุลบ และแบบที่สองเป็นพร่องอิเล็กตรอนที่มีประจุบวกที่เรียกว่าโฮล ประจุและโฮลเหล่านี้สามารถเข้าใจได้ในแง่ของควอนตัมฟิสิกส์ วัสดุที่ใช้สร้างส่วนใหญ่มักจะเป็นสารกึ่งตัวนำที่เป็นผลึก

การประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ในปี 1947 ทำให้อุปกรณ์โซลิดสเตตเริ่มมีการใช้แพร่หลาย ในทศวรรษที่ 1950 และ 1960 ในช่วงการเปลี่ยนผ่านจากหลอดสุญญากาศไปเป็นไดโอดสารกึ่งตัวนำ, ทรานซิสเตอร์, วงจรรวม (IC) และไดโอดเปล่งแสง (LED) ปัจจุบันอุปกรณ์โซลิดสเตตที่พบบ่อยได้แก่ทรานซิสเตอร์, ชิปไมโครโปรเซสเซอร์ และหน่วยความจำแรม (RAM) ชนิดพิเศษที่เรียกว่าแฟลชแรม ซึ่งถูกใช้ใน USB แฟลชไดรฟ์ และเมื่อเร็ว ๆ นี้โซลิดสเตตไดรฟ์ได้เข้ามาแทนที่จานแม่เหล็กฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบหมุนด้วยกลไก

การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าเราเรียกว่ากระแสไฟฟ้า ความเข้มของมันเราวัดได้ในหน่วย

แอมแปร์ กระแสไฟฟ้าสามารถประกอบด้วยการเคลื่อนที่ของอนุภาคใด ๆ ที่มีประจุ โดยทั่วไปส่วนใหญ่อนุภาคเหล่านี้จะเป็นอิเล็กตรอน แต่ประจุใด ๆ ที่กำลังเคลื่อนที่ทำให้เกิดกระแส

จากธรรมเนียมปฏิบัติในอดีต กระแสบวกถูกกำหนดให้มีทิศทางเดียวกันกับการไหลเนื่องจากประจุบวกที่มันมีอยู่ หรือมีการไหลส่วนของวงจรที่เป็นบวกมากที่สุดไปยังส่วนที่เป็นลบมากที่สุด การกำหนดกระแสในลักษณะนี้เรียกว่ากระแสตามธรรมเนียมปฏิบัติ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่มีประจุลบไปรอบวงจรไฟฟ้า หนึ่งในรูปแบบของกระแสที่คุ้นเคยที่สุดจึงถือว่าเป็นบวกในทิศทางตรงกันข้าม กับทิศทางของอิเล็กตรอน อย่างไรก็ตาม ขึ้นอยู่กับหลายเงื่อนไข กระแสไฟฟ้าสามารถประกอบด้วยการไหลของอนุภาคในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง หรือแม้แต่ว่าสองทิศทางในเวลาเดียวกัน การไหลตามธรรมเนียมปฏิบัติจากบวกไปลบมีการใช้อย่างกว้างขวางเพื่อทำให้สถานการณ์นี้ง่ายขึ้น

กระบวนการที่ยอมกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวัสดุเรียกว่าการนำไฟฟ้า และธรรมชาติของมันสามารถแปรไปตามธรรมชาติของอนุภาคที่มีประจุและวัสดุที่อนุภาคนั้นจะไหลผ่าน ตัวอย่างของกระแสไฟฟ้าจะรวมถึงการนำกระแสของโลหะเมื่ออิเล็กตรอนไหลไปในตัวนำเช่นโลหะ อีกตัวอย่างหนึ่งคือการแยกสลายด้วยไฟฟ้าเมื่อไอออน (อะตอมที่มีประจุ) ไหลผ่านของเหลวหรือผ่านพลาสมาเช่น สปากของไฟฟ้า ในขณะที่อนุภาคเองสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างเชื่องช้า บางครั้งด้วยความเร็วลอยเฉื่อยเพียงเศษของมิลิเมตรต่อวินาทีเท่านั้น สนามไฟฟ้าที่ขับพวกมันนั้นตัวมันเองแผ่กระจายที่ความเร็วใกล้เคียงกับความเร็วแสง เปิดโอกาสให้สัญญาณไฟฟ้าสามารถผ่านไปได้อย่างรวดเร็วไปตามเส้นลวด

กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดผลกระทบที่สังเกตเห็นได้หลายอย่าง ซึ่งตามประวัติศาสตร์ผลกระทบเหล่านั้นเป็นวิธีการเพื่อการรับรู้การปรากฏตัวของมัน ที่ว่าน้ำสามารถถูกแยกสลายได้โดยกระแสจากเซลล์กัลวานี ผลกระทบนี้ถูกค้นพบโดยวิลเลียม นิโคลสันกับเซอร์ แอนโทนี คาร์ลิเชล สองนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษในปีคริสต์ศักราช 1800 กระบวนการนี้ปัจจุบันเรียกว่าการแยกสลายด้วยไฟฟ้าหรืออิเล็กโทรไลซิส งานของพวกเขาถูกขยายออกไปอย่างมหาศาลโดยไม่เคิลฟาราเดย์ในปี 1833 กระแสไฟฟ้าเมื่อไหลผ่านความต้านทาน มันทำให้เกิดความร้อนอยู่ภายใน ผลกระทบนี้เจมส์ เพรสคอต จูล ได้ทำการศึกษาผ่านทางคณิตศาสตร์ในปี 1840 หนึ่งใน การค้นพบที่เกี่ยวข้องกับกระแสที่สำคัญที่สุดถูกค้นพบโดยบังเอิญโดยฮันส์ คริสเทียน เออร์สเตดในปี 1820 เมื่อครั้งที่เขากำลังเตรียมการสอน เขาพบเห็นกระแสในเส้นลวดไปรอบแกนเข็มของเข็มทิศแม่เหล็ก เขาได้ค้นพบทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างแม่เหล็กกับไฟฟ้า ระดับของการปลดปล่อยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างขึ้นโดยการอาร์ก ด้วยไฟฟ้าจะสูงพอที่จะสร้างการรบกวนจากแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสามารถก่อให้เกิดอันตรายกับการทำงานของอุปกรณ์ใกล้เคียง

ในทางวิศวกรรมหรือการใช้งานตามอาคารบ้านเรือน กระแสมักจะถูกอธิบายว่าเป็น ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) คำศัพท์เหล่านี้บอกว่ากระแสจะแปรเปลี่ยนตามเวลา

ได้อย่างไร กระแสตรงอย่างที่ถูกผลิตขึ้นโดยแบตเตอรี่และเป็นที่ต้องการของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ จะไหลไปในทิศทางเดียวคือจากขั้วบวกผ่านวงจรภายนอกไปยังขั้วลบ ถ้าอย่างที่เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ การไหลนี้ถูกนำพาโดยอิเล็กตรอน พวกมันจะต้องเดินทางไปในทิศทางตรงกันข้าม กระแสกลับเป็นกระแสที่ไหลในทิศทางกลับไปที่กลับมาซ้ำ ๆ กันเกือบตลอดเวลาการไหลนี้ใช้รูปแบบของคลื่นไซน์ ดังนั้นกระแสกลับจะไหลไปและกลับมาภายในตัวนำโดยปราศจากประจุที่เคลื่อนที่เป็นระยะทางสุทธิใดในช่วงเวลา ค่าของกระแสกลับเฉลี่ยตามเวลาเป็นศูนย์ แต่มันส่งมอบพลังงานในทิศทางแรกก่อน จากนั้นก็ทิศทางย้อนกลับ กระแสกลับได้รับผลกระทบจากคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ไม่ถูกรับรู้ภายใต้สภาวะมั่นคงของกระแสตรง เช่นอินดักแตนซ์และคาปาซิแตนซ์ อย่างไรก็ตามคุณสมบัติเหล่านี้อาจมีความสำคัญเมื่อวงจรอยู่ภายใต้สัญญาณไฟกระชอก เช่น เมื่อถูกป้อนพลังงานไฟฟ้าครั้งแรก

แนวคิดของสนามไฟฟ้าได้รับการแนะนำโดยไมเคิล ฟาราเดย์ สนามไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นโดยวัตถุที่มีประจุในที่ว่างล้อมรอบมัน และให้ผลลัพธ์เป็นแรงที่กระทำบนประจุอื่นใด ๆ ที่ถูกวางภายในสนาม สนามไฟฟ้าจะกระทำระหว่างสองประจุในลักษณะที่คล้ายคลึงกับวิธีการที่สนามแรงโน้มถ่วงจะกระทำระหว่างสองมวล และเหมือนกัน จะขยายไปสู่อินฟินิตี้และแสดงความสัมพันธ์แบบกำลังสองผกผันกับระยะทาง อย่างไรก็ตาม มีความแตกต่างที่สำคัญอย่างหนึ่ง แรงโน้มถ่วงจะทำหน้าที่ดึงดูด ดึงมวลทั้งสองเข้าหากัน ในขณะที่สนามไฟฟ้าสามารถให้ผลลัพธ์ทั้งการดึงดูดหรือการผลักกัน เนื่องจากวัตถุที่ใหญ่เช่นดาวเคราะห์โดยทั่วไปจะขนส่งประจุแบบไม่มีจำนวนเป็นสุทธิ สนามไฟฟ้าในระยะห่างมักจะเป็นศูนย์ ดังนั้นแรงโน้มถ่วงคือพลังหลักที่ระยะห่างในจักรวาล แม้ว่า จะอ่อนกว่ามาก

โดยทั่วไปสนามไฟฟ้าแปรเปลี่ยนในที่ว่าง (เกือบทั้งหมดของสนามไฟฟ้าจะแปรเปลี่ยนในที่ว่าง ยกเว้นสนามไฟฟ้ารอบ ๆ แผ่นตัวนำที่ขยายไปไกลถึงอินฟินิตี้ สนามของมันจะสมมาตร) และความแข็งแรงที่คนใดคนหนึ่งรายการที่ถูกกำหนดให้เป็นแรง (ต่อภาระต่อหน่วย) และความแรงของมันที่จุดหนึ่งจุดใดจะถูกกำหนดเป็นแรง (ต่อหน่วยประจุ) ที่จะรู้สึกได้โดยประจุที่อยู่หนึ่งแต่ขนาดเล็กน้อยถ้าประจุนั้นถูกวางที่จุดนั้น ประจุตามแนวคิด ที่เรียกว่า 'ประจุทดสอบ' จะต้องมีความเล็กและสูญหายได้เพื่อป้องกันไม่ให้สนามไฟฟ้าไปรบกวนสนามหลักและมันยังจะต้องอยู่หนึ่งอีกด้วยเพื่อป้องกันผลกระทบจากสนามแม่เหล็กอื่น ๆ เมื่อสนามไฟฟ้าถูกกำหนดในแง่ของแรง และแรงเป็นเวกเตอร์ ดังนั้นสนามไฟฟ้าจึงเป็นเวกเตอร์ด้วย โดยมีทั้งขนาดและทิศทาง โดยเฉพาะมันเป็นสนามเวกเตอร์

การศึกษาเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นโดยประจุนิ่งถูกเรียกว่าไฟฟ้าสถิต สนามอาจจะมองเห็นได้โดยชุดของเส้นสมมุติที่ทิศทางของมันที่จุดใด ๆ จะขนานไปกับทิศทางของสนาม แนวคิดนี้ถูกนำเสนอโดยฟาราเดย์ ที่ตั้งชื่อมันว่า 'เส้นแรง' บางครั้งยังคงเห็นว่าการนี้ถูกใช้งานอยู่ เส้นสนามเป็นเส้นทางที่จุดประจุบวกหนึ่งจะกระจายออกไปเมื่อมันถูกบังคับให้เคลื่อนที่ภายใน

สนาม อย่างไรก็ตามเส้นสนามเหล่านี้เป็นแนวคิดในจินตนาการโดยไม่มีการดำรงอยู่จริงทางกายภาพ และสนามจะแทรกซึมไปทุกพื้นที่ที่ที่แทรกแซงระหว่างเส้นสนาม^[37] เส้นสนามจะกระจายออกมาจากประจุหนึ่งและมีคุณสมบัติที่สำคัญหลายอย่าง: อย่างแรก พวกมันมีจุดกำเนิดจากประจุบวกและสิ้นสุดที่ประจุลบ; อย่างที่สอง พวกมันจะต้องเข้าในตัวนำที่ดีใด ๆ ที่มันจาก และอย่างที่สาม พวกมันอาจไม่เคยข้ามกันเองหรือไม่เคยสิ้นสุดตัวมันเอง

วัตถุตัวนำที่กลางจะนำพาประจุทั้งหมดบนพื้นผิวด้านนอกของมัน ดังนั้นสนามจะเป็นศูนย์ในทุกสถานที่ภายในวัตถุ นี่เป็นหลักของการทำงานของกรงฟาราเดย์ ซึ่งเป็นเปลือกโลหะตัวนำที่แยกส่วนภายในของมันออกจากผลกระทบไฟฟ้าภายนอก

หลักการของไฟฟ้าสถิตมีความสำคัญเมื่อทำการออกแบบรายการของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง มีข้อจำกัดที่แน่นอนต่อความแรงของสนามไฟฟ้าที่ตัวกลางใด ๆ อาจจะต้องมีความอดทน ถ้าเลยจากจุดนี้ไป ความล้มเหลวด้านไฟฟ้า (อังกฤษ: electrical breakdown) อาจเกิดขึ้นและอาร์คไฟฟ้าจะทำให้เกิดประกายไฟวาระหว่างส่วนที่มีประจุด้วยกัน ตัวกลางเช่นอากาศเป็นตัวอย่าง มีแนวโน้มที่จะอาร์คข้ามช่องว่างเล็ก ๆ ถ้าความแรงของสนามไฟฟ้าเกินกว่า 1 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร แต่เมื่อต้องข้ามช่องว่างขนาดใหญ่ขึ้น ค่าความแรงจนเบรกดาวน์ของสนามไฟฟ้าจะสูงขึ้น บางทีอาจสูงถึง 30 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร

ตัวอย่างที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและมองเห็นได้มากที่สุดของไฟฟ้าสถิตคือฟ้าผ่า ที่เกิดขึ้นเมื่อประจุแยกออกจากกันในเมฆโดยการยกขึ้นสูงของโดมอากาศ และเพิ่มสนามไฟฟ้าในอากาศจนมากเกินไปกว่าอากาศจะสามารถทนต่อ เมฆฟ้าผ่าขนาดใหญ่อาจมีแรงดันไฟฟ้าสูงถึง 100 MV และมีพลังงานปลดปล่อยออกมาอาจใหญ่มากถึง 250 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

ความแรงของสนามได้รับผลกระทบอย่างมากจากวัตถุตัวนำที่อยู่บริเวณใกล้เคียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมันจะรุนแรงเมื่อมันถูกบังคับให้โค้งรอบวัตถุปลายแหลมคม หลักการนี้เป็นประโยชน์ในสายล่อฟ้า ที่ปลายแหลมของมันจะทำหน้าที่ส่งเสริมให้เกิดฟ้าผ่าลงที่จุดนั้น แทนที่จะลงมาที่อาคารที่มันปกป้อง

แนวคิดของศักย์ไฟฟ้าจะเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับแนวคิดของสนามไฟฟ้า ประจุขนาดเล็กที่วางอยู่ภายในสนามไฟฟ้าจะประสบกับแรงหนึ่ง และก่อนหน้านั้น ในการที่จะนำประจุนั้นไปที่จุดนั้นโดยต้านกับแรงดังกล่าวได้ มันจำเป็นต้องมีงานเชิงกล ศักย์ไฟฟ้าที่จุดใด ๆ จะถูกกำหนดเป็นพลังงานที่ใช้เพื่อนำประจุทดสอบหนึ่งหน่วยจากระยะอนันต์อย่างช้า ๆ ไปยังจุดนั้น มันมักจะถูกวัดเป็นค่าโวลต์ และหนึ่งโวลต์เป็นศักย์ภาพสำหรับหนึ่งจูลของการทำงานจะต้องจ่ายไปเพื่อนำประจุหนึ่งคูลอมบ์จากอนันต์มาที่จุดนั้น นิยามของศักย์นี้ ในขณะที่เป็นทางการ มีการใช้ในทางปฏิบัติเล็กน้อย และแนวคิดที่มีประโยชน์มากกว่าคือความต่างศักย์ไฟฟ้า และมันเป็นพลังงานที่จำเป็นในการย้ายหนึ่งหน่วยประจุระหว่างจุดสองจุดที่กำหนด สนามไฟฟ้าจะมีคุณสมบัติพิเศษที่มันเป็นอนุรักษ์, ซึ่งหมายถึงว่าเส้นทางที่ใช้โดยประจุทดสอบจะไม่เกี่ยวข้อง นั่นคือทุกเส้นทางระหว่างสอง

จุดที่กำหนดจะใช้พลังงานเท่ากัน และดังนั้นค่าหนึ่งเดียวสำหรับความต่างศักย์อาจถูกระบุ คำว่า โวลต์ได้ถูกระบุอย่างแข็งแรงอย่างมากว่าเป็นหน่วยของทางเลือกสำหรับการวัดและคำอธิบายของความต่างศักย์ไฟฟ้า คำว่าโวลต์จะเห็นมากขึ้นในการใช้ประจำวัน

สำหรับวัตถุประสงค์ในทางปฏิบัติ มันจะเป็นประโยชน์ในการกำหนดจุดอ้างอิงทั่วไปที่จุดนี้ศักย์ทั้งหลายอาจจะถูกพูดถึงและเปรียบเทียบกับ ในขณะที่จุดนี้อาจจะอยู่ที่อินฟินิตี้ จุดอ้างอิงที่มีประโยชน์มากกว่าคือตัวโลกเอง ซึ่งถูกถือว่าเป็นศักย์เดียวกันทุกที่ จุดอ้างอิงนี้โดยธรรมชาติจะใช้ชื่อว่ากราวด์หรือดิน โลกหรือดินถูกถือว่าเป็นแหล่งที่ไม่ชัดเจนของปริมาณที่เท่ากันของประจุบวกและลบ เพราะฉะนั้นมันจึงไม่มีการปลดปล่อยและเติมประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ได้

ศักย์ไฟฟ้าเป็นปริมาณสเกลาร์ นั่นคือ มันมีแต่ปริมาณเท่านั้นไม่มีทิศทาง มันอาจถูกมองว่าเหมือนกับความสูง: อุปมาเหมือนวัตถุที่ถูกปล่อยออกมาจะ 'ตก' ผ่านความแตกต่างในความสูงที่เกิดจากสนามแรงโน้มถ่วง ดังนั้นวัตถุก็คือประจุจะ 'ตก' ผ่านแรงดันที่เกิดโดยสนามไฟฟ้า อย่างที่ relief map จะแสดงจุดเครื่องหมายของเส้นระดับชั้นดิน (อังกฤษ: contour line) ที่มีความสูงเท่ากัน หลาย ๆ จุดที่เป็นเครื่องหมายของเส้นที่มีศักย์เท่ากัน (ที่เรียกว่า equipotentials) อาจถูกวาดรอบ ๆ วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าสถิต เส้น equipotentials เหล่านี้จะข้ามทุกเส้นแรงเป็นมุมฉาก และยังต้องวางตัวขนานกับพื้นผิวของตัวนำอีกด้วย มิฉะนั้นนี้จะผลิตแรงที่จะย้ายพาหะของประจุเพื่อที่จะทำให้ศักย์ของพื้นผิวสม่ำเสมอ

สนามไฟฟ้าถูกกำหนดอย่างเป็นทางการเป็นแรงที่กระทำต่อหน่วยประจุ แต่แนวคิดของศักย์ไฟฟ้าจะช่วยให้คำนิยามมีประโยชน์มากขึ้นและเทียบเท่า: สนามไฟฟ้าคือการไล่ระดับของศักย์ไฟฟ้า มักจะมีค่าเป็นโวลต์ต่อเมตร ทิศทางเวกเตอร์ของสนามจะเป็นเส้นของความลาดชันที่ยิ่งใหญ่ที่สุดของศักย์ไฟฟ้า และเป็นจุดที่ equipotentials วางตัวอยู่ด้วยกันและใกล้กันที่สุด

การค้นพบของนายเออสเตดในปี 1821 ที่สนามแม่เหล็กจะปรากฏรอบเส้นลวดที่มีกระแสไหลได้ชี้ให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างไฟฟ้าและแม่เหล็ก นอกจากนี้การมีปฏิสัมพันธ์ดูเหมือนแตกต่างจากแรงโน้มถ่วงและแรงไฟฟ้าสถิต-สองแรงของธรรมชาติที่รู้จักกันตอนนั้น แรงบนเข็มของเข็มทิศไม่ได้ชี้เข้าเข็มไปทางลวดหรือผลักมันไปไกลจากลวดนำกระแส แต่กระทำเป็นมุมฉากกับเข็ม เออสเตดได้พูดอย่างคลุมเครือเล็กน้อยว่า "ไฟฟ้ากระทำแบบขัดแย้งในลักษณะการหมุน" แรงยังขึ้นอยู่กับการทิศทางของกระแสอีกด้วย เพราะถ้ากระแสไหลกลับทาง แรงก็จะกลับทางด้วย

เออสเตดไม่เข้าใจการค้นพบของเขาอย่างสมบูรณ์ แต่เขาสังเกตว่าผลลัพธ์จะแลกเปลี่ยนกันและกัน นั่นคือกระแสสร้างแรงบนแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กสร้างแรงบนกระแส ปรากฏการณ์นี้ได้ถูกตรวจสอบต่อไปโดยแอมแปร์ ที่ค้นพบว่าเส้นลวดคู่ขนานนำกระแสสองเส้นสร้างแรงบนกันและกัน นั่นคือถ้าเส้นลวดสองเส้นนั้นนำกระแสในทิศทางเดียวกันแรงที่เกิดจะดึงดูดกัน ในขณะที่เส้นลวดทั้งสองถ้ามีกระแสในทิศทางตรงข้ามกันแรงที่เกิดจะผลักกัน ปฏิสัมพันธ์จะถูกควบคุมโดย

โดยสนามแม่เหล็กที่กระแสนี้แต่ละเส้นลวดผลิตขึ้น และเกิดเป็นพื้นฐานสำหรับนิยามของแอมแปร์ระหว่างประเทศ

ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กกับกระแสจะมีความสำคัญอย่างมาก เพราะมันได้นำไปสู่การประดิษฐ์มอเตอร์ไฟฟ้าของไมเคิล ฟาราเดย์ในปี 1821 มอเตอร์ขั้วเหมือน (อังกฤษ: homopolar motor) ของฟาราเดย์ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรวางอยู่ในสระปรอท กระแสจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านสายไฟที่ห้อยลงมาจากเดือยหมุนเหนือแม่เหล็กและถูกจุ่มลงไปในปรอท แม่เหล็กจะส่งแรงที่ขนานที่สัมผัสกับเส้นลวด ทำให้มันหมุนเป็นวงกลมรอบแม่เหล็กได้นานเท่าที่กระแสนี้ยังคงอยู่

การทดลองของฟาราเดย์ในปี 1831 เปิดเผยว่าเส้นลวดที่เคลื่อนที่ตึงจากกับสนามแม่เหล็กจะพัฒนาความต่างศักย์ขึ้นระหว่างปลายทั้งสอง เมื่อทำการวิเคราะห์กระบวนการนี้ต่อไปจึงพบในสิ่งที่เรียกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเปิดโอกาสให้เขาสามารถระบุหลักการที่ปัจจุบันนี้เรียกว่ากฎของการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ ที่ความต่างศักย์ที่ถูกเหนี่ยวนำในวงปิดหนึ่งจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านลูป การใช้ประโยชน์จากการค้นพบนี้เปิดโอกาสให้เขาในการประดิษฐ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวแรกในปี 1831 ในเครื่องนี้เขาเปลี่ยนพลังงานกลของจานทองแดงที่กำลังหมุนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า จานของฟาราเดย์ไม่มีประสิทธิภาพและนำไปใช้ป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในทางปฏิบัติไม่ได้ แต่มันแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยพวกที่ติดตามการทำงานของเข

ความสามารถของปฏิกิริยาทางเคมีในการผลิตไฟฟ้า และความสามารถในทางตรงกันข้ามของไฟฟ้าในการผลักดันให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีมีการใช้งานที่หลากหลาย

ไฟฟ้าเคมีได้เป็นส่วนสำคัญในการผลิตไฟฟ้าเสมอ จากสิ่งประดิษฐ์ช่วงเริ่มต้นของเซลล์โซนของโวลตา เซลล์ไฟฟ้าเคมีได้วิวัฒนาการไปเป็นแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ มากมาย รวมทั้งเซลล์การชุบด้วยไฟฟ้าและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ อะลูมิเนียมสามารถผลิตขึ้นมาได้ในปริมาณมหาศาลอีกด้วยวิธีนี้และอุปกรณ์เคลื่อนที่จำนวนมากได้รับพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แบบที่ชาร์จไฟใหม่ได้

วงจรไฟฟ้าเป็นการเชื่อมต่อถึงกันของชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างน้อยหนึ่งตัวแบบที่ว่าประจุไฟฟ้าจะสามารถเดินทางไปตามเส้นทางจนกลับมาที่เดิม (หรือครบวงจร) มักจะปฏิบัติงานที่มีประโยชน์บางอย่าง

ชิ้นส่วนในวงจรไฟฟ้าสามารถเป็นได้หลายรูปแบบ ซึ่งอาจเป็นตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, สวิตช์, หม้อแปลงและอิเล็กทรอนิกส์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่แอคทีฟ มักจะเป็นสารกึ่งตัวนำ และมักจะแสดงพฤติกรรมที่ไม่เป็นเส้นตรง ที่ต้องใช้การวิเคราะห์ที่ซับซ้อน ชิ้นส่วนไฟฟ้าที่ธรรมดาที่สุดจะเป็นพวกที่เรียกว่าพาสซีฟและเชิงเส้น คือในขณะที่พวกมันอาจจัดเก็บพลังงานไว้เป็นการชั่วคราว พวกมันไม่มีแหล่งที่มาของพลังงานในตัวมันเอง และจะแสดงการตอบสนองต่อสิ่งเร้าแบบเชิงเส้น

ตัวต้านทานบางทีอาจเป็นชิ้นส่วนพาสซีฟที่ง่ายที่สุดของวงจร ตามชื่อของมัน มันต้านกระแสที่ไหลผ่านตัวมัน สลายพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อน ความต้านทานเป็นผลมาจากการเคลื่อนไหวยของประจุผ่านตัวนำ ตัวอย่างเช่นในโลหะ ความต้านทานเกิดเนื่องจากการชนระหว่างอิเล็กตรอนและไอออนเป็นหลัก กฎของโอห์มเป็นกฎพื้นฐานของทฤษฎีวงจร ที่ระบุว่า กระแสที่ไหลผ่านความต้านทานจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต่างศักย์ที่ตกคร่อมความต้านทานนั้น ความต้านทานของวัสดุส่วนใหญ่ค่อนข้างคงที่ตามช่วงอุณหภูมิและกระแส วัสดุภายใต้เงื่อนไขเหล่านี้จะถูกรู้จักว่าเป็น 'ohmic' หน่วยของความต้านทานเป็นโอห์ม ตั้งชื่อเพื่อเป็นเกียรติแก่จอร์จ โอห์ม และมีสัญลักษณ์เป็นอักษรกรีก Ω ความต้านทาน 1Ω จะผลิตความต่างศักย์ขนาดหนึ่งโวลต์ ในการตอบสนองกับกระแสขนาดหนึ่งแอมป์

ตัวเก็บประจุได้พัฒนามาจากโถเลข์เดน มันเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บประจุได้ เร็วจัดเก็บประจุจึงเป็นการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้น มันประกอบด้วยแผ่นตัวนำสองแผ่นแยกจากกันโดยชั้นสารไดอิเล็กตริกที่เป็นฉนวนบาง ๆ; ในทางปฏิบัติ แผ่นฟอยล์โลหะบางจะขดม้วนเข้าด้วยกันเพิ่มพื้นที่ผิวต่อหน่วยปริมาตรและดังนั้นจึงเรียกมันว่าคาปาซิเตอร์ หน่วยของคาปาซิเตอร์จะเป็นฟารัด ตั้งชื่อตามไมเคิล ฟาราเดย์และมีสัญลักษณ์ F: หนึ่งฟารัดเป็นค่าความสามารถในการเก็บประจุที่จะสร้างความต่างศักย์ขนาดหนึ่งโวลต์เมื่อมันเก็บประจุขนาดหนึ่งคูลอมบ์ ตัวเก็บประจุที่เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันขึ้นแรกมันจะทำให้เกิดกระแสเป็นมันสะสมประจุ อย่างไรก็ตามกระแสจะสลายตัวไปตามเวลาเมื่อตัวเก็บประจุเริ่มเติมประจุ ในที่สุดก็ตกลงไปที่ศูนย์ ดังนั้นตัวเก็บประจุจะไม่ยอมให้มีกระแสในสถานะที่มันคง แต่จะบล็อกมันแทน

ตัวเหนี่ยวนำก็เป็นตัวนำเช่นกัน มักจะเป็นขดลวด ที่เก็บพลังงานในรูปสนามแม่เหล็กในการตอบสนองกับกระแสที่ไหลผ่านตัวมัน เมื่อกระแสเปลี่ยน สนามแม่เหล็กก็เปลี่ยนไปด้วย ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าขึ้นระหว่างปลายของตัวเหนี่ยวนำ แรงดันไฟฟ้าที่ถูกระเหนี่ยวนำขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับอัตราของการเปลี่ยนแปลงของกระแส หน่วยของการเหนี่ยวนำเป็นเฮนรี ที่ตั้งชื่อตามโจเซฟ เฮนรี เพื่อนร่วมรุ่นของฟาราเดย์ หนึ่งเฮนรีเป็นค่าการเหนี่ยวนำที่จะเหนี่ยวนำให้เกิดความต่างศักย์ขนาดหนึ่งโวลต์ถ้ากระแสผ่านมันเปลี่ยนแปลงในอัตราหนึ่งแอมแปร์ต่อวินาที ลักษณะการทำงานของตัวเหนี่ยวนำจะค่อนข้างตรงข้ามกับตัวเก็บประจุ เพราะมันจะยอมให้กระแสที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไหลได้อย่างอิสระ แต่ขัดขวางกระแสที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

อิเล็กทรอนิกส์จะเกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนไฟฟ้าแบบแอคทีฟเช่น หลอดสูญญากาศ, ทรานซิสเตอร์, ไดโอด, วงจรรวม, และเทคโนโลยีเชื่อมต่อระหว่างกันแบบพาสซีฟที่เกี่ยวข้อง พฤติกรรมที่ไม่เป็นเชิงเส้นของชิ้นส่วนแอคทีฟและความสามารถของมันในการควบคุมการไหลของอิเล็กตรอนทำให้ต้องมีการขยายสัญญาณที่อ่อนแอและอิเล็กทรอนิกส์ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการประมวลผลข้อมูล, การสื่อสารโทรคมนาคม, และการประมวลผลสัญญาณ ความสามารถของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จะทำหน้าที่ เป็นสวิตช์ทำให้การประมวลผล

ข้อมูลดิจิทัลมีความเป็นไปได้ เทคโนโลยีเชื่อมต่อกันเช่น แสงวงจร, เทคโนโลยีการบรรจุภัณฑ์แบบอิเล็กทรอนิกส์, และรูปแบบหลากหลายอื่นของโครงสร้างพื้นฐานการสื่อสารเติมเต็มหน้าที่การทำงานของวงจรและเปลี่ยนส่วนประกอบผสมให้เป็นระบบการทำงานปกติ

วันนี้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะใช้ชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำเพื่อการควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ การศึกษาอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องได้รับการพิจารณาว่าเป็นสาขาหนึ่งของฟิสิกส์สถานะของแข็ง ในขณะที่การออกแบบและสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นตอนปฏิบัติจะมาภายใต้วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

งานของฟาราเดย์และแอมแปร์แสดงให้เห็นว่าสนามแม่เหล็กที่แปรตามเวลาจะทำหน้าที่เป็นแหล่งที่มาของสนามไฟฟ้า และสนามไฟฟ้าที่แปรตามเวลาก็เป็นแหล่งที่มาของสนามแม่เหล็ก ดังนั้นเมื่อทั้งสองใดสนามหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลง อีกสนามหนึ่งก็จำเป็นที่จะถูกเหนี่ยวนำขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้จะมีคุณสมบัติของคลื่น และจะถูกเรียกโดยธรรมชาติว่าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกนำมาวิเคราะห์ในทางทฤษฎีโดยเจมส์ เคลิร์ก แมกซ์เวลล์ ในปี 1864 แมกซ์เวลล์ได้พัฒนาชุดของสมการที่อาจอธิบายอย่างทันท่วงทีถึงความสัมพันธ์ระหว่างกันของสนามไฟฟ้า, สนามแม่เหล็ก, ประจุไฟฟ้า, และกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้เขาสามารถพิสูจน์ได้ว่าคลื่นเช่นนั้นจำเป็นที่จะเดินทางด้วยความเร็วของแสง ดังนั้นตัวแสงเองเป็นรูปแบบหนึ่งของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า กฎของแมกซ์เวลล์ ซึ่ง รวมแสง, สนาม, และประจุไหลดเป็นหนึ่งเดียวเป็นหนึ่งของเหตุการณ์สำคัญที่สุดของฟิสิกส์ในทางทฤษฎี

ดังนั้นงานของนักวิจัยหลายคนได้เปิดโอกาสให้มีการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการแปลงสัญญาณให้มีกระแสสัญญาณสูง และโดยใช้ตัวนำรูปทรงที่เหมาะสม ไฟฟ้าจะยอมให้มีการส่งและการรับสัญญาณเหล่านี้ผ่านทางคลื่นวิทยุในระยะทางที่ไกลมาก

ในศตวรรษที่ 6 ก่อนคริสตกาล นักปรัชญาชาวกรีก ธาลีสแห่งไมลิตัส ได้ทำการทดลองหลายครั้งกับแท่งอำพัน และการทดลองเหล่านี้เป็นการศึกษาครั้งแรกในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ในขณะที่ใช้วิธีการนี้ ในปัจจุบันเรียกว่าผลกระทบไทรโบอิเล็กตริก สามารถกักตุนและสร้างประกายไฟ แต่ก็ไม่มีประสิทธิภาพอย่างมาก มันต้องรอต่อไปอีกจนกระทั่งมีการประดิษฐ์เซลล์ซ็อนของโวลตาในศตวรรษที่สิบแปดได้กลายเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าที่มีศักยภาพที่พร้อมให้ใช้งานได้ เซลล์ซ็อนของโวลตา และลูกหลานของมันที่ทันสมัย-แบตเตอรี่ สามารถเก็บพลังงานด้วยวิธีการทางเคมีและทำให้มันพร้อมสนองความต้องการใช้งานในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานที่หลากหลายและพบบ่อยมากซึ่งเหมาะที่จะใช้งานได้หลายอย่าง แต่การจัดเก็บพลังงานของมันมี จำกัด และเมื่อมันถูกใช้งานหมดแล้ว มันจะต้องถูกกำจัดหรือชาร์จใหม่ สำหรับความต้องการใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ พลังงานไฟฟ้าจะต้องถูกผลิตและส่งกำลังอย่างต่อเนื่องไปตามสายส่งตัวนำกระแสไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้ามักจะถูกผลิตขึ้น โดยเครื่องกำเนิดแบบที่ใช้ไฟฟ้า-เครื่องกลที่ขับเคลื่อนโดยไอน้ำที่

ผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือโดยความร้อนที่ปล่อยออกมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ หรือจากแหล่งอื่น ๆ เช่นพลังงานจลน์สกัดจากลมหรือการไหลของน้ำ กังหันไอน้ำทันสมัยที่คิดค้นโดยท่านเซอร์ชาร์ลส์ พาร์สันส์ในปี 1884 ในวันนี้มีการผลิตประมาณร้อยละ 80 ของพลังงานไฟฟ้าในโลกโดยการใช้ความหลากหลายของแหล่งความร้อน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังกล่าวไม่มีความคล้ายคลึงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบจานข้าวเหมือนของฟาราเดย์ที่สร้างในปี 1831 แต่พวกมันยังคงพึ่งพาหลักการแม่เหล็กไฟฟ้าของเขาที่ว่าตัวนำที่เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมปลายทั้งสองของมัน การประดิษฐ์หม้อแปลงในช่วงปลายศตวรรษที่สิบเก้ามีความหมายว่าพลังงานไฟฟ้าจะสามารถถูกส่งออกไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วยแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นแต่กระแสลดลง การส่งกำลังไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพจึงหมายความว่าไฟฟ้าอาจจะผลิตขึ้นที่โรงไฟฟ้าที่ส่วนกลาง ในสถานที่ที่จะได้รับประโยชน์จากการประหยัดจากขนาดและจากนั้นพลังงานไฟฟ้าจะถูกจัดส่งไปในระยะทางค่อนข้างไกลไปยังตำแหน่งที่ต้องการใช้มัน

เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าไม่สามารถจะเก็บไว้ได้ง่ายในปริมาณที่มากพอที่จะตอบสนองความต้องการในระดับชาติได้ตลอดเวลา ซึ่งจะต้องมีการผลิตให้ได้มากเท่าตามความต้องการใช้จริงอย่างแม่นยำ เพื่อผลิตให้พอดีใช้บริษัทสาธารณูปโภคไฟฟ้าจะต้องทำการคาดการณ์อย่างระมัดระวังของโหลดไฟฟ้าของพวกเขาและรักษาการประสานงานให้คงที่กับโรงไฟฟ้าทั้งหลายของพวกเขา จำนวนที่แน่นอนของการผลิตจะต้องจัดทำปริมาณสำรองเพื่อรองรับกริดไฟฟ้าในขณะที่มีการแปรปรวนและการสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

ความต้องการใช้ไฟฟ้าเติบโตด้วยความรวดเร็วอย่างมากเมื่อประเทศเริ่มจะทันสมัยและเศรษฐกิจของประเทศกำลังพัฒนา ประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่ามีความต้องการเพิ่มขึ้น 12% ในแต่ละปีในสามทศวรรษแรกของศตวรรษที่ยี่สิบ อัตราการเจริญเติบโตที่ขณะนี้กำลังประสบกับเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นใหม่เช่นสิ่งที่เกิดกับอินเดียหรือจีน ในอดีต อัตราการเจริญเติบโตในความต้องการใช้ไฟฟ้าได้แข่งรูปแบบอื่น ๆ ของพลังงาน

ความกังวลด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการผลิตไฟฟ้าได้นำไปสู่การจับตาที่เพิ่มขึ้นกับการผลิตจากแหล่งพลังงานทดแทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากลมและน้ำ ในขณะที่การอภิปรายสามารถคาดว่า จะยังคงดำเนินต่อไปในส่วนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวิธีการที่แตกต่างกันของการผลิตไฟฟ้า รูปแบบสุดท้ายของมันคือมันค่อนข้างสะอาด

ไฟฟ้าเป็นวิธีที่สะดวกมากในการถ่ายโอนพลังงาน และมันได้ถูกปรับให้เข้ากับการใช้งานขนาดใหญ่และกำลังเจริญเติบโตจำนวนมาก การประดิษฐ์หลอดไฟแบบใช้ไส้ที่ใช้งานได้ในทางปฏิบัติในทศวรรษที่ 1870 ทำให้แสงสว่างกลายเป็นหนึ่งในการประยุกต์ใช้งานพลังงานไฟฟ้าแรกที่เปิดเผยต่อสาธารณชน แม้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจะตามมาด้วยอันตรายจากตัวมันเอง การเปลี่ยนแปลงไฟเปลือยของการให้แสงสว่างจากก๊าซได้ลดอันตรายจากไฟไหม้ภายในบ้านและโรงงานลง

ไปอย่างมาก สาธารณูปโภคถูกตั้งขึ้นในหลายเมืองที่กำหนดเป้าหมายในตลาดที่กำลังขยายตัวสำหรับไฟฟ้าแสงสว่าง

ผลกระทบจากความต้านทานการให้ความร้อนของจุลที่นำไปใช้ในหลอดไฟแบบจุดไส้ยังแสดงให้เห็นถึงการใช้งานโดยตรงมากขึ้นในการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า ขณะนี้เป็นที่หลากหลายและสามารถควบคุมมันได้ มันอาจมองเห็นเป็นที่สิ้นเปลืองเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่จำเป็นต้องมีการผลิตความร้อนอยู่แล้วที่โรงไฟฟ้า หลายประเทศเช่นเดนมาร์กได้มีการออกกฎหมายเพื่อจำกัดหรือห้ามการให้ความร้อนจากตัวต้านทานด้วยไฟฟ้าในอาคารสร้างใหม่ อย่างไรก็ตาม ไฟฟ้ายังคงเป็นแหล่งพลังงานในทางปฏิบัติอย่างสูงสำหรับการให้ความร้อนและเครื่องทำความเย็น ที่มีเครื่องปรับอากาศ/ปั๊มความร้อนที่เป็นตัวแทนของภาคอุตสาหกรรมที่เจริญเติบโตสำหรับความต้องการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้ความร้อนและความเย็น ทำให้สาธารณูปโภคด้านไฟฟ้ามีหน้าที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับผลของความต้องการดังกล่าว

ไฟฟ้ายังถูกนำมาใช้ในการสื่อสารโทรคมนาคม และแน่นอนการโทรเลขได้สาธิตในเชิงพาณิชย์ในปี 1837 โดยวิลเลียม โฟเธอร์กิล คูก และชาลส์ วิทสโตน มันเป็นหนึ่งในการประยุกต์ใช้งานในยุคแรกที่สุดของไฟฟ้า กับการก่อสร้างโทรเลขข้ามทวีปเป็นครั้งแรกและจากนั้นก็สายเคเบิลข้ามมหาสมุทรแอตแลนติก, ระบบโทรเลขในยุค 1860, ไฟฟ้าได้เปิดโอกาสให้การสื่อสารสามารถติดต่อทั่วโลกภายในเวลาเป็นนาที ใยแก้วนำแสงและการสื่อสารดาวเทียมได้แชร์ส่วนแบ่งการตลาดสำหรับระบบการสื่อสาร แต่ไฟฟ้ายังสามารถคาดเดาได้ว่ามันจะยังคงเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของกระบวนการ

ผลกระทบของแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกนำไปใช้อย่างเห็นได้ชัดส่วนใหญ่ในมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งให้กำลังขับเคลื่อนที่สะอาดและมีประสิทธิภาพ มอเตอร์นิ่งเช่นเครื่องกวนจะให้บริการได้อย่างง่ายดายด้วยการจ่ายพลังงานให้ แต่ยานยนต์ที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับการประยุกต์ใช้เช่น ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้โดยบรรทุกแหล่งจ่ายไฟไปด้วยเช่นแบตเตอรี่ หรือการเก็บรวบรวมกระแสไฟฟ้าจากจุดสัมผัสที่เคลื่อนได้เช่นโครงรับไฟฟ้าเหนือหัวรถราง

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใช้ประโยชน์จากทรานซิสเตอร์ อาจจะเป็นหนึ่งในสิ่งประดิษฐ์ที่สำคัญที่สุดของศตวรรษที่ยี่สิบ และเป็นโครงสร้างพื้นฐานของวงจรที่ทันสมัยทั้งหมด วงจรรวมที่ทันสมัยอาจประกอบด้วยหลายพันล้านทรานซิสเตอร์ขนาดเล็กในพื้นที่เพียงไม่กี่ตารางเซนติเมตร

2.14 ทฤษฎีเกี่ยวกับกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

เป็นสาขาหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา แรงแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์ทางกายภาพชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาคใด ๆ ที่มีประจุไฟฟ้า แรงแม่เหล็กไฟฟ้ามักจะแสดงสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นสนามไฟฟ้า, สนามแม่เหล็ก, และแสง แรงแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นหนึ่งในสี่

ปฏิสัมพันธ์พื้นฐานในธรรมชาติ อีกสามแรงพื้นฐานได้แก่ อันตรกิริยาอย่างเข้ม, อันตรกิริยาอย่างอ่อน และแรงโน้มถ่วงไฟฟ้าเป็นการระบายออกของไฟฟ้าสถิตแบบหนึ่งที่ไฟฟ้าสถิตจะเดินทางระหว่างสองภูมิภาคที่มีประจุไฟฟ้า

แม่เหล็กไฟฟ้ามาจากภาษาอังกฤษ *electromagnet* คำนี้เป็นรูปแบบผสมของคำภาษากรีก สองคำได้แก่ อิเล็กตรอน และ *Magnetis Lithos* ซึ่งหมายถึง "หินแม่เหล็ก" ซึ่งเป็นแร่เหล็กชนิดหนึ่ง วิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์แม่เหล็กไฟฟ้าถูกกำหนดไว้ในความหมายของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า บางครั้งถูกเรียกว่าแรงลอเรนซ์ ซึ่งประกอบด้วยทั้งไฟฟ้าและแม่เหล็กในฐานะที่เป็นสององค์ประกอบของปรากฏการณ์

แรงแม่เหล็กไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในการกำหนดคุณสมบัติภายในของวัสดุส่วนใหญ่ที่พบในชีวิตประจำวัน สสารทั่วไปจะได้อารมณ์แบบของมันเป็นผลของแรงระหว่างโมเลกุลของโมเลกุลแต่ละตัวในสสาร อิเล็กตรอนจะถูกยึดเหนี่ยวตามกลไกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้ากับวงโคจรรอบนิวเคลียสเพื่อก่อตัวขึ้นเป็นอะตอมซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของโมเลกุล กระบวนการนี้จะควบคุมกระบวนการที่เกี่ยวข้องทั้งหลายในทางเคมีซึ่งเกิดขึ้นจากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอมหนึ่งกับอิเล็กตรอนอื่นในวงโคจรของอะตอมที่อยู่ใกล้เคียงซึ่งจะถูกกำหนดโดยการปฏิสัมพันธ์ระหว่างแรงแม่เหล็กไฟฟ้ากับโมเมนตัมของอิเล็กตรอนเหล่านั้น

มีคำอธิบายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทางคณิตศาสตร์จำนวนมาก ในไฟฟ้าพลศาสตร์แบบคลาสสิก สนามไฟฟ้าจะอธิบายถึงศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ในกฎของฟาราเดย์ สนามแม่เหล็กจะมาพร้อมกับการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและแม่เหล็ก, และสมการของแมกซ์เวลล์จะอธิบายว่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กถูกสร้างขึ้นได้อย่างไร มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งกันและกันอย่างไร และมีการเปลี่ยนแปลงโดยประจุและกระแสได้อย่างไร

การสังเกตเป็นนัยในทางทฤษฎีของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเฉพาะในการจัดตั้งของความเร็วของแสงที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ "ตัวกลาง" ของการกระจายคลื่น ความสามารถในการซึมผ่าน และแรงต้านสนามไฟฟ้า นำไปสู่การพัฒนาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษโดย อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ในปี 1905

แม้ว่าแรงแม่เหล็กไฟฟ้าถือเป็นหนึ่งในสี่แรงพื้นฐาน แต่ที่ระดับพลังงานสูงอันตรกิริยาอย่างอ่อนและแรงแม่เหล็กไฟฟ้าถูกรวมเป็นสิ่งเดียวกัน ในประวัติศาสตร์ของจักรวาล ในช่วงยุควาร์ก แรงไฟฟ้าอ่อน จะหมายถึงแรง(แม่เหล็ก)ไฟฟ้า + (อันตรกิริยาอย่าง)อ่อน

แต่เดิม ไฟฟ้าและแม่เหล็กถูกคิดว่าเป็นสองแรงแยกออกจากกัน ความคิดนี้เปลี่ยนไปเมื่อหนังสือของเจมส์ เคลิร์ก แมกซ์เวลล์ ถูกพิมพ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1873 บ่งว่า ปฏิสัมพันธ์ของประจุบวกและประจุลบถูกควบคุมโดยแรงเดียว ผลของการปฏิสัมพันธ์ทำให้เกิดผลกระทบสี่เรื่องหลัก ๆ ผลกระทบเหล่านี้สามารถสาธิตให้ดูได้จากการทดลอง ดังนี้

2.14.1 ประจุไฟฟ้าดูดหรือผลักกันด้วยแรงที่เป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางกำลังสอง

ระหว่างประจุนั้น ประจุต่างกันดูดกัน ประจุเหมือนกันผลักกัน

2.14.2 ขั้วแม่เหล็ก (หรือสภาวะการวางตัวที่จุดใด ๆ) ดูดและผลักกันในทำนองเดียวกัน และขั้วแม่เหล็กมาเป็นคู่เสมอ คือขั้วเหนือและขั้วใต้

2.14.3 กระแสไฟฟ้าที่ไหลในเส้นลวดสร้างสนามแม่เหล็กเป็นวงกลมรอบเส้นลวดนั้น ทิศทางของสนามแม่เหล็ก (ตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา) ขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสในเส้นลวด

2.14.4 กระแสไฟฟ้าจะถูกเหนี่ยวนำในขดลวด เมื่อขดลวดเคลื่อนที่เข้าหรือออกจาก สนามแม่เหล็ก หรือแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าหรือออกจากขดลวด ทิศทางของกระแสขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่

ในขณะที่ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด กำลังเตรียมการสอนในตอนเย็นของวันที่ 21 เมษายน ค.ศ. 1820 เขาได้สังเกตเห็นสิ่งน่าแปลกใจบางอย่าง เขาสังเกตเห็นเข็มทิศขยับออกจากทิศเหนือเมื่อ กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่เขาใช้อยู่ถูกปิดหรือเปิด การเคลื่อนไหวยนี้ทำให้เขามั่นใจว่า สนามแม่เหล็กถูกแผ่ออกมาจากทุกด้านของลวดที่มีกระแสไหลผ่าน เหมือนกับที่แสงและความร้อนแผ่รังสีออกมา และเป็นการยืนยันความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างไฟฟ้าและอำนาจแม่เหล็ก

ในตอนนั้น เออร์สเตด ไม่ได้ให้คำอธิบายของปรากฏการณ์อันนั้นให้เป็นที่น่าพอใจได้ และ ก็ไม่ได้พยายามที่จะนำเสนอปรากฏการณ์ในรูปแบบของคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม อีกสามเดือน ต่อมา เขาก็เริ่มค้นคว้าหาสาเหตุอย่างจริงจัง ไม่นานเขาก็พิมพ์สิ่งที่เขาค้นพบ พิสูจน์ว่ากระแสไฟฟ้า สร้างสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวด คำว่า เออร์สเตด จึงเป็นหน่วยวัดการเหนี่ยวนำ ของแม่เหล็ก ถูกตั้งให้เป็นเกียรติแก่เขาในฐานะมีคุณูปการต่อวิชาการด้านทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า

การค้นพบของเออร์สเตดมีผลทำให้มีการค้นคว้าในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์กันอย่างมากมาย ในเรื่อง พลศาสตร์ไฟฟ้า หรืออิเล็กโทรไดนามิกส์ (electrodynamics; การปฏิสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้า และแม่เหล็ก) สาขานี้มีอิทธิพลต่อนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ อ็องเดร-มารี อ็องแปร์ ที่พัฒนารูปแบบ ทางคณิตศาสตร์แบบเดียวเพื่อแสดงอำนาจแม่เหล็กระหว่างตัวนำหลายตัวที่มีกระแสไหลผ่าน การ ค้นพบของเออร์สเตดยังเป็นก้าวสำคัญในการทำให้อารมณ์ความคิดเกี่ยวกับพลังงานเป็นหนึ่งเดียว

การเป็นหนึ่งเดียว ทำให้ไมเคิล ฟาราเดย์ นำไปใช้ ขยายเพิ่มเติมโดยเจมส์ เคลิร์ก แมกซ์ เวลล์ และสร้างสูตรบางส่วนขึ้นมาโดยโอลิเวอร์ เฮฟวิไซด์ และไฮน์ริช เฮิร์ตซ์ เป็นความสำเร็จอย่าง สำคัญสำหรับฟิสิกส์เชิงคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 19 ผลที่ตามมาไปไกลมาก หนึ่งในนั้นก็คือความ เข้าใจในธรรมชาติของแสง ไม่เหมือนกับสิ่งที่นำเสนอในทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้าอื่น ๆ ในปัจจุบันถูกมองว่าอยู่ในรูปของปริมาณที่แน่นอน เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ แผ่รังสีออกไปด้วยตัวเองในรูปคลื่นแกว่งไปมาซึ่งถูกเรียกว่าโฟตอน ความถี่ในการแกว่งที่ต่างกัน ทำให้รูปแบบการแผ่อำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปแบบที่แตกต่างกัน จากคลื่นวิทยุที่มีความถี่ต่ำสุด ไปจนถึงความถี่ขนาดกลางที่เป็นแสงมองเห็นได้ และความถี่สูงสุดเป็นรังสีแกมมา

เออร์สเตดไม่ใช่คนเดียวที่ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้ากับแม่เหล็ก ในปี ค.ศ.

1802 จาน โดเมนีโก โรมานยอซี นักวิชาการกฎหมายชาวอิตาลี ขยับเข็มแม่เหล็กด้วยประจุไฟฟ้าสถิต สิ่งที่เกิดขึ้นจริงคือ ไม่มีกระแสกล่วานิกไหล จึงไม่มีอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้น การค้นพบถูกตีพิมพ์ในหนังสือพิมพ์อิตาลีในปี ค.ศ. 1802 แต่ถูกกลุ่มนักวิทยาศาสตร์มองข้ามไปในสมัยนั้น

เราอาจเข้าใจสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะสร้างสนามไฟฟ้า และทำให้เกิดแรงไฟฟ้าขึ้น แรงนี้ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต และทำให้เกิดการไหลของประจุไฟฟ้า (กระแสไฟฟ้า) ในตัวนำขึ้น ขณะเดียวกัน อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ จะสร้างสนามแม่เหล็ก และทำให้เกิดแรงแม่เหล็กต่อวัตถุที่เป็นแม่เหล็ก

คำว่า "แม่เหล็กไฟฟ้า" มาจากข้อเท็จจริงที่ว่า สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ถ้ากฎของฟิสิกส์จะเหมือนกันใน ทุก กรอบอ้างอิงเนื่องการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดสนามไฟฟ้า ในทางกลับกัน การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า ก็ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก

เนื่องจาก สนามทั้งสองไม่สามารถแยกจากกันได้ จึงควรรวมให้เป็นอันเดียวกัน เจมส์ เคลิร์ก แมกซ์เวลล์ เป็นผู้รวมสนามไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็กเข้าด้วยกันด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ เพียงสี่สมการ ที่เรียกว่า สมการของแมกซ์เวลล์ ทำให้เกิดการพัฒนอฟิสิกส์ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 19 เป็นอย่างมาก และนำไปสู่ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น แสงนั้น อธิบายได้ว่าเป็นการสั่นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายออกไป หรือเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั่นเอง ความถี่ของการสั่นที่แตกต่างกันทำให้เกิดรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น คลื่นวิทยุเกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ แสงที่มองเห็นได้เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ปานกลาง รังสีแกมมาเกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ (Software for control finger scan) มีขั้นตอนการสร้างในส่วนต่าง ๆ โดยทางกลุ่มผู้สร้างได้ร่วมวางแผนในการปฏิบัติงาน และจัดแบ่งงานตามความเหมาะสม

ขั้นตอนในการดำเนินโครงการ แบ่งออกเป็นดังนี้

- 3.1 การวางแผนและการเตรียมการ
- 3.2 การออกแบบ ERDM การทำงานของ Smart Home Project
- 3.3 การออกแบบ DFD Context Diagram การทำงานของ Smart Home Project
- 3.4 การออกแบบ DFD Level 0 การทำงานของ Smart Home Project
- 3.5 เขียนชุดคำสั่ง
- 3.6 บันทึกข้อมูลลงบนคลาวด์

3.1 การวางแผนและการเตรียมการ

การวางแผนและการเตรียมการ เริ่มเมื่อคณะกรรมการพิจารณาโครงการให้เสนอหัวข้อโครงการในภาคเรียนที่ 1 ทางกลุ่มผู้จัดทำเสนอหัวข้อโครงการชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือซึ่งมีลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ในการดำเนินโครงการดังตารางที่ 3.1

3.1.1 การวางแผนทำโครงการ

- 3.1.1.1 เสนอหัวข้อโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
- 3.1.1.2 ศึกษาโปรแกรม Arduino
- 3.1.1.3 อนุมัติโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
- 3.1.1.4 เขียนโครงการบทที่ 1-3
- 3.1.1.5 ศึกษาแบบและข้อมูล โดยศึกษาตามเว็บไซต์ต่าง ๆ
- 3.1.1.6 วางแผนการปฏิบัติงาน โดยจัดลำดับก่อนและหลังการปฏิบัติงาน
- 3.1.1.7 ส่งโครงการบทที่ 1-3
- 3.1.1.8 ศึกษาการบันทึกข้อมูลลงบนคลาวด์
- 3.1.1.9 ใช้โปรแกรม Arduino เขียนชุดคำสั่งควบคุม
- 3.1.1.10 ทดสอบการทำงานของชุดคำสั่ง
- 3.1.1.11 บันทึกข้อมูลลงบนคลาวด์
- 3.1.1.12 ทดสอบความถูกต้องของข้อมูล
- 3.1.1.13 เขียนโครงการบทที่ 4-5

- 3.1.1.14 ส่งโครงการบทที่ 1-5
- 3.1.1.15 ขึ้นขอสอบโครงการหลังจากทฤษฎีบทที่ 1-5
- 3.1.1.16 อนุมัติสอบโครงการ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการนี้
- 3.1.1.17 ส่งโครงการ โดยการนำบทที่ 1-5 มาเข้าเล่ม
- 3.1.2 การเตรียมการ
 - 3.1.2.1 เตรียมโปรแกรมสำหรับการเขียนชุดคำสั่ง
 - 3.1.2.2 ศึกษาชุดคำสั่งสำหรับควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

ตารางดำเนินงานโครงการนี้ใช้ระยะเวลาในการพัฒนา ตั้งแต่เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2562 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ดังตารางที่ 3.1

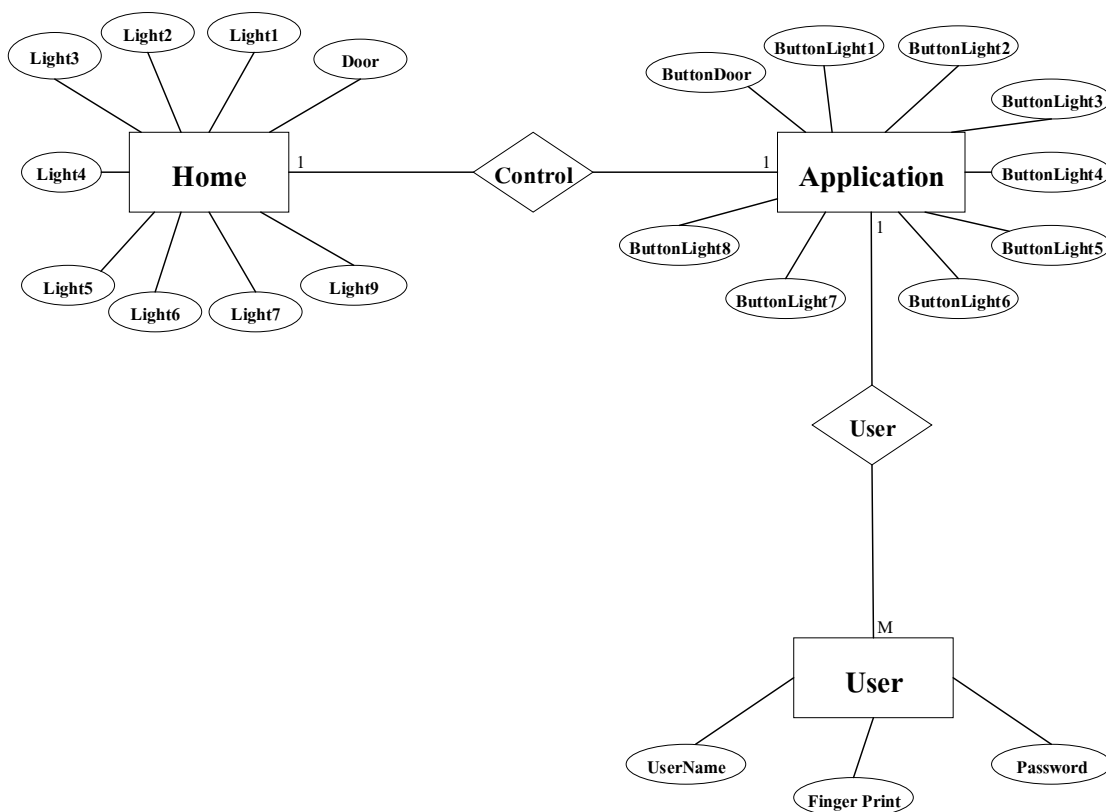
ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการ

ลำดับขั้นการทำงาน	เดือนที่								
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
	62	62	62	62	62	62	62	63	63
1. เสนอหัวข้อโครงการกับ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	*								
2. ศึกษาโปรแกรม Arduino	*								
3. อนุมัติโครงการกับ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ		*							
4. เขียนโครงการบทที่ 1-3		*							
5. ศึกษาแบบและข้อมูล		*							
6. วางแผนการปฏิบัติงาน โดยจัดลำดับก่อนและหลัง การปฏิบัติงาน			*						
7. ส่งโครงการบทที่ 1-3			*						
8. ศึกษาการบันทึกข้อมูล ลงบนคลาวด์			*						
9. ใช้โปรแกรม Arduino เขียนชุดคำสั่ง				*					
10. ทดสอบการทำงานของ ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของ ของเครื่องสแกนลายนิ้วมือ				*					

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการ (ต่อ)

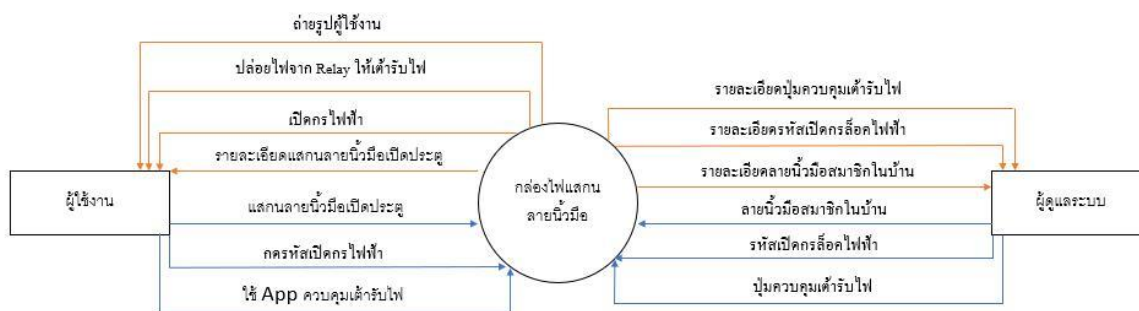
ลำดับชั้นการทำงาน	เดือนที่								
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
	62	62	62	62	62	62	62	63	63
11. บันทึกข้อมูลลงบน คลาวด์				*					
12. ทดสอบความถูกต้อง ของข้อมูล				*					
13. เขียนโครงการบทที่ 4-5					*				
14. ส่งโครงการบทที่ 1-5					*				
15. ยื่นขอสอบโครงการ หลังจากทฤษฎีบทที่ 1-5						*			
16. อนุมัติสอบโครงการ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำ โครงการนี้						*			
17. สอบโครงการ เป็นการ นำเสนอเนื้อหาต่าง ๆ ใน บทที่ 1-5 กับ คณะกรรมการสอบ โครงการ						*			
18. ส่งโครงการ โดยการนำ บทที่ 1-5 มาเข้าเล่ม						*			

3.2 การออกแบบ ERDM การทำงานของ Smart Home Project



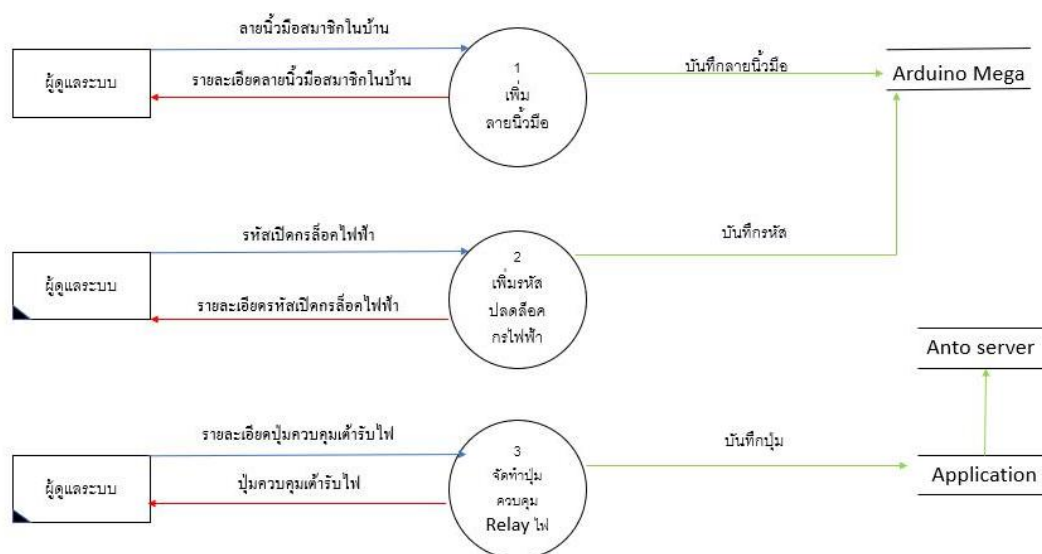
รูปภาพที่ 3.1 การออกแบบ ERDM การทำงานของ Smart Home Project

3.3 การออกแบบ DFD Context Diagram การทำงานของ Smart Home Project

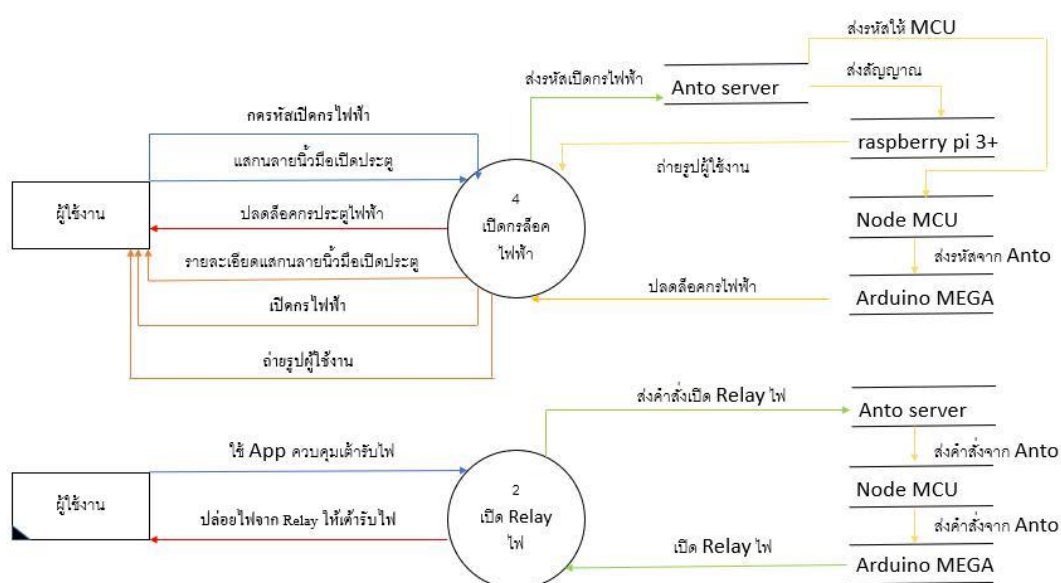


รูปภาพที่ 3.2 การออกแบบ DFD Context Diagram การทำงานของ Smart Home Project

3.4 การออกแบบ DFD Level 0 การทำงานของ Smart Home Project



รูปภาพที่ 3.3 การออกแบบ DFD Level 0 การทำงานของ Smart Home Project



รูปภาพที่ 3.4 การออกแบบ DFD Level 0 การทำงานของ Smart Home Project (ต่อ)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาทำให้เราได้เรียนรู้ถึงการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ต้องสามัคคีกันในการวิเคราะห์และออกแบบตลอดจนถึงขั้นตอนการทำงานแต่ละขั้นตอนว่ามีอะไรบ้าง ในที่นี้ทางคณะผู้จัดทำจะกล่าวถึงผลของการศึกษาข้อมูล และผลที่ได้รับอย่างละเอียด แบ่งออกเป็นดังนี้

4.1 ขั้นตอนการดำเนินการเขียนโปรแกรม

4.2 ขั้นตอนการบันทึกชุดคำสั่งลงบนบอร์ด Arduino

4.1 ขั้นตอนการดำเนินการเขียนโปรแกรม

ขั้นตอนนี้คณะผู้จัดทำได้ทำออกความคิดและเพื่อแบ่งหน้าที่ของแต่ละคนเพื่อให้ขั้นตอนการทำงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีการกระจายหน้าที่การทำงานให้เท่าเทียมกันเพื่อให้ทุกคนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ และให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานและรับความคิดเห็นของผู้อื่นด้วย ขั้นตอนการสร้างมีดังนี้

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งของ Arduino Mega เพื่อสั่งการให้บอร์ด Arduino Mega ควบคุมประตูและไฟฟ้าภายในบ้าน โดยมีชุดคำสั่งดังนี้

```
#define relay1 22  
#define relay2 24  
#define relay3 26  
#define relay4 28  
#define relay5 30  
#define relay6 32  
#define relay7 34  
#define relay8 36  
#define relay9 38  
#define relay10 40  
#define relay11 42  
#define relay12 44  
#define relay13 46  
#define relay14 48  
#define relay15 50
```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
#define relay16 52

#include <Adafruit_Fingerprint.h>

SoftwareSerial mySerial(10, 11);

Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);

int p1 = 0;

int timer = 0;

int cc = 0;

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

int setmode = 0;

//-----

#include <Keypad.h>

const byte ROWS = 4; //four rows

const byte COLS = 4; //three columns

char keys[ROWS][COLS] = {

  {'1', '2', '3', 'A'},

  {'4', '5', '6', 'B'},

  {'7', '8', '9', 'C'},

  {'*', '0', '#', 'D'}

};

byte rowPins[ROWS] = {37, 35, 33, 31};    //

byte colPins[COLS] = {29, 27, 25, 23};    //

Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );

String savepass = "";

int id;

int datanode;

char data[10];

String timenow;

String datenow;

int buzzer = 8;
```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
String password1 = "1111";
String password2 = "2222";
String password3 = "3333";
String password4 = "4444";
String password5 = "5555";
String password6 = "6666";
String password7 = "7777";
String password8 = "8888";
int m;

//-----

void setup()
{ Serial.begin(115200);
  pinMode(relay1, OUTPUT);
  pinMode(relay2, OUTPUT);
  pinMode(relay3, OUTPUT);
  pinMode(relay4, OUTPUT);
  pinMode(relay5, OUTPUT);
  pinMode(relay6, OUTPUT);
  pinMode(relay7, OUTPUT);
  pinMode(relay8, OUTPUT);
  pinMode(relay9, OUTPUT);
  pinMode(relay10, OUTPUT);
  pinMode(relay11, OUTPUT);
  pinMode(relay12, OUTPUT);
  pinMode(relay13, OUTPUT);
  pinMode(relay14, OUTPUT);
  pinMode(relay15, OUTPUT);
  pinMode(relay16, OUTPUT);
  digitalWrite(relay1, HIGH);
  digitalWrite(relay2, HIGH);
  digitalWrite(relay3, HIGH);
```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
digitalWrite(relay4, HIGH);
digitalWrite(relay5, HIGH);
digitalWrite(relay6, HIGH);
digitalWrite(relay7, HIGH);
digitalWrite(relay8, HIGH);
digitalWrite(relay9, HIGH);
digitalWrite(relay10, HIGH);
digitalWrite(relay11, HIGH);
digitalWrite(relay12, HIGH);
digitalWrite(relay13, HIGH);
digitalWrite(relay14, HIGH);
digitalWrite(relay15, HIGH);
digitalWrite(relay16, HIGH);
while (!Serial); // For Yun/Leo/Micro/Zero/...
delay(100);
Serial.println("\n\nAdafruit finger detect test");
// set the data rate for the sensor serial port
finger.begin(57600);
if (finger.verifyPassword()) {
  Serial.println("Found fingerprint sensor!");
} else {
  Serial.println("Did not find fingerprint sensor :(");
  while (1) {
    delay(1);
  }
}
finger.getTemplateCount();
Serial.print("Sensor contains "); Serial.print(finger.templateCount); Serial.println(" templates");
Serial.println("Waiting for valid finger...");
Serial3.begin(115200);
//-----
```


4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

lcd.begin();

lcd.backlight();

// lcd.setCursor(0, 0);

// lcd.print("Temp ");

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Welcome ");

} // end setup

void loop() {

  if ( Serial3.available()

  {   String getdata = Serial3.readString();

      getdata.toCharArray(data, 10);

      int n = sscanf(data, "%d=%d", &id, &datanode);

      Serial.print(F("n="));

      Serial.println(n);

      Serial.print(F("id="));

      Serial.print(id);

      Serial.print(F(", datanode="));

      Serial.println(datanode);

      if ( id == 13 )

      {   savepass = String(datanode);

          p1 = 1;

          Serial.println("          SavePass from App = " + String(savepass));

          delay(1000);

      }

      if ( id == 21 && datanode == 1 )

      {   Serial.println("          Open 1");

          digitalWrite(relay2,LOW);

          delay(1000);

      }

      if ( id == 21 && datanode == 0 )

      {   Serial.println("          Close 1");

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

digitalWrite(relay2,HIGH);
delay(1000);
}

//-----

if ( id == 22 && datanode == 1 )
{
    Serial.println("          Open 2");
    digitalWrite(relay3,LOW);
    delay(1000);
}

if ( id == 22 && datanode == 0 )
{
    Serial.println("          Close 2");
    digitalWrite(relay3,HIGH);
    delay(1000);
}

//-----
}

getFingerprintIDez();
delay(50);
char key = keypad.getKey();
if (key != NO_KEY)
{
    Serial.println(key);
    //-----

if ( key == 'A')
{
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';
    m = 0;

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

lcd.clear();

setmode = 1;

}

//-----

if ( setmode == 0)
{
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Welcome ");
}

if ( setmode == 1 )
{
    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Plesse identify...");
}

if ( setmode == 1 && key != 'A' && key != 'B' && key != 'C' && key != 'D' && key != '*'
&& key != '#' )
{
    data[m++] = key;

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Plesse identify...");

    Serial.println("          data= " + String(data));

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print(data);
}

if ( setmode == 1 && key == '*')
{
    data[0] = '\0';

    data[1] = '\0';

    data[2] = '\0';

    data[3] = '\0';

    data[4] = '\0';

    data[5] = '\0';

    data[6] = '\0';

    m = 0;
}

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

Serial.println("          data= " + String(data));
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("  ");
}

if ( setmode == 1 && key != '#' && m == 5)
{
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';

    m = 0;

    Serial.println("          data= " + String(data));
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("  ");
}

if ( setmode == 1 && key == '#' )
{
    Serial.println("          data= " + String(data));
    savepass = String(data);

    Serial.println("          SavePass= " + String(savepass));
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print("Enter!");
    p1 = 1;
    delay(1000);
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print("  ");
    delay(1000);
}

} // end key

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
//=====
=====

if ( savepass == password1 && p1 == 1 )
{   Serial.println("                    User1 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=1");
    lcd.print("Welcome Boss");
    digitalWrite(relay1, LOW);
    delay(5000);
    Serial.println("                    User1 - Door Close");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("                    ");
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    savepass = "";
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';
    m = 0;
    p1 = 0;
}

//=====
=====

if ( savepass == password2 && p1 == 1 )
{   Serial.println("                    User2 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=2");
    lcd.print("Welcome Tam");
```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
digitalWrite(relay1, LOW);
delay(5000);
Serial.println("User2 - Door Close");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" ");
digitalWrite(relay1, HIGH);
savepass = "";
data[0] = '\0';
data[1] = '\0';
data[2] = '\0';
data[3] = '\0';
data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';
m = 0;
p1 = 0;
}

//=====
=====

if ( savepass == password3 && p1 == 1 )
{
  Serial.println("User3 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  Serial3.println("10=3");
  lcd.print("WelcomeBrainLess");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  delay(5000);
  Serial.println("User3 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

savepass = "";
data[0] = '\0';
data[1] = '\0';
data[2] = '\0';
data[3] = '\0';
data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';
m = 0;
p1 = 0;
}

//=====================================================
//=====================================================

if ( savepass == password4 && p1 == 1 )
{
    Serial.println("                        User4 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=4");
    lcd.print("Welcome  Oldman");
    digitalWrite(relay1, LOW);
    delay(5000);
    Serial.println("                        User4 - Door Close");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("                        ");
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    savepass = "";
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';

```


4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

if ( savepass == password6 && p1 == 1 )
{
    Serial.println("                                User6 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=6");
    lcd.print("Welcome  Earth");
    digitalWrite(relay1, LOW);
    delay(5000);

    Serial.println("                                User6 - Door Close");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("                                ");
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    savepass = "";
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';
    m = 0;
    p1 = 0;
}

//=====================================================
=====

if ( savepass == password7 && p1 == 1 )
{
    Serial.println("                                User7 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=7");
    lcd.print("Welcome Supachai");
    digitalWrite(relay1, LOW);
    delay(5000);

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

Serial.println("                                User7 - Door Close");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("                                ");
digitalWrite(relay1, HIGH);
savepass = "";
data[0] = '\0';
data[1] = '\0';
data[2] = '\0';
data[3] = '\0';
data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';
m = 0;
p1 = 0;
}

//=====

=====

if ( savepass == password8 && p1 == 1 )
{
  Serial.println("                                User8 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  Serial3.println("10=8");
  lcd.print("Welcome ann");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  delay(5000);
  Serial.println("                                User8 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                                ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
  savepass = "";
  data[0] = '\0';
  data[1] = '\0';

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

data[2] = '\0';
data[3] = '\0';
data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';
m = 0;
p1 = 0;
}

if ( savepass != password1 && savepass != password2 && savepass != password3 && savepass
!= password4 && savepass != password5 && savepass != password6 && savepass != password7
&& savepass != password8 && p1 == 1 )
{
    Serial.println("                Wrong Password ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=99");
    lcd.print("Wrong!  ");
    delay(1000);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("                ");
    savepass = "";
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';
    m = 0;
    p1 = 0;
}

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

}

//=====================================================
//=====================================================

} // end loop

uint8_t getFingerprintID() {
    uint8_t p = finger.getImage();
    switch (p) {
        case FINGERPRINT_OK:
            Serial.println("Image taken");
            break;
        case FINGERPRINT_NOFINGER:
            Serial.println("No finger detected");
            return p;
        case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
            Serial.println("Communication error");
            return p;
        case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
            Serial.println("Imaging error");
            return p;
        default:
            Serial.println("Unknown error");
            return p;
    }

    // OK success!
    p = finger.image2Tz();
    switch (p) {
        case FINGERPRINT_OK:
            Serial.println("Image converted");
            break;
        case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
            Serial.println("Image too messy");

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

    return p;
case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
    Serial.println("Communication error");
    return p;
case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
    Serial.println("Could not find fingerprint features");
    return p;
case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
    Serial.println("Could not find fingerprint features");
    return p;
default:
    Serial.println("Unknown error");
    return p;
}

// OK converted!
p = finger.fingerFastSearch();
if (p == FINGERPRINT_OK) {
    Serial.println("Found a print match!");
} else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
    Serial.println("Communication error");
    return p;
} else if (p == FINGERPRINT_NOTFOUND) {
    Serial.println("Did not find a match");
    return p;
} else {
    Serial.println("Unknown error");
    return p;
}

// found a match!
Serial.print("Found ID #"); Serial.print(finger.fingerID);
Serial.print(" with confidence of "); Serial.println(finger.confidence);

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

return finger.fingerID;
}

// returns -1 if failed, otherwise returns ID #
int getFingerprintIDez() {
  uint8_t p = finger.getImage();
  if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
  p = finger.image2Tz();
  if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
  p = finger.fingerFastSearch();
  if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

  // found a match!

  Serial.print("Found ID #"); Serial.print(finger.fingerID);

  //-----

  if ( finger.fingerID == 1 && setmode == 1 )
  {
    Serial.println("                          User1 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Welcome Toey");
    digitalWrite(relay1, LOW);
    Serial3.println("10=1");
    delay(5000);
    Serial.println("                          User1 - Door Close");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("                          ");
    digitalWrite(relay1, HIGH);
  }

  //-----

  if ( finger.fingerID == 2 && setmode == 1)
  {
    Serial.println("                          User2 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Welcome Tam");
    digitalWrite(relay1, LOW);
  }
}

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

Serial3.println("10=2");
delay(5000);

Serial.println("                                User2 - Door Close");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("                                ");
digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----

if ( finger.fingerID == 3 && setmode == 1)
{
  Serial.println("                                User3 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("WelcomeBrainLess");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  Serial3.println("10=3");
  delay(5000);
  Serial.println("                                User3 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                                ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----

if ( finger.fingerID == 4 && setmode == 1)
{
  Serial.println("                                User4 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Welcome Young");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  Serial3.println("10=4");
  delay(5000);
  Serial.println("                                User4 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                                ");
}

```

4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----

if ( finger.fingerID == 5 && setmode == 1)
{
  Serial.println("                    User5 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Welcome Est");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  Serial3.println("10=5");
  delay(5000);
  Serial.println("                    User5 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                    ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----

if ( finger.fingerID == 6 && setmode == 1)
{
  Serial.println("                    User6 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Welcome Earth");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  Serial3.println("10=6");
  delay(5000);
  Serial.println("                    User6 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                    ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----

if ( finger.fingerID == 7 && setmode == 1)
{
  Serial.println("                    User7 - Door Open");

```


4.1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Welcome SuperKo");
digitalWrite(relay1, LOW);
Serial3.println("10=7");
delay(5000);
Serial.println("                                User7 - Door Close");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("                                ");
digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----
if ( finger.fingerID == 8 && setmode == 1)
{
  Serial.println("                                User8 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Welcome Ann");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  Serial3.println("10=8");
  delay(5000);
  Serial.println("                                User8 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                                ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}

Serial.print(" with confidence of "); Serial.println(finger.confidence);
return finger.fingerID;
}

```

4.1.2 การเริ่มต้นเขียนชุดคำสั่งของ Arduino Node MCU เพื่อรับคำสั่งจาก Server และส่งต่อคำสั่งให้กับบอร์ด Arduino Mega โดยมีชุดคำสั่งดังนี้

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial mySerial(D1, D2); // RX, TX

#include <AntoIO.h>

const char *ssid = "Tam";
const char *pass = "11111111";
const char *user = "econtec_design";
const char *token = "MdjU9M3wYp0GZLGj5SkDXo5LHl25NI8gny7Ebm4f";
const char *thing = "atw_server";

AntoIO anto(user, token, thing);

int value = 0;
int count = 0;
int count_timer;

//-----

int id;
int datamega;
char data[8];

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  mySerial.begin(115200);
  delay(10);
  pinMode(D4, OUTPUT);
  digitalWrite(D4, HIGH);
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Anto library version: ");
  Serial.println(anto.getVersion());
  Serial.print("\nTrying to connect ");
  Serial.print(ssid);
  Serial.println("...");
```

4.1.2 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Node MCU (ต่อ)

```

anto.begin(ssid, pass, messageReceived);
Serial.println("\nConnected Anto done");
anto.sub("password");
anto.sub("light1");
anto.sub("light2");
digitalWrite(D4, LOW);
} // end setup

void loop()
{
  anto.mqtt.loop();

  if (!anto.mqtt.isConnected())
    Serial.println("Disconnected");

  if ( mySerial.available())
  {
    String getdata = mySerial.readString();
    getdata.toCharArray(data, 8);
    int n = sscanf(data, "%d=%d", &id, &datamega);
    Serial.print(F("n="));
    Serial.println(n);
    Serial.print(F("id="));
    Serial.print(id);
    Serial.print(F(", datamega="));
    Serial.println(datamega);
    if ( id == 10 && datamega != 99 )
    {
      //settemp = datamega;

      Serial.println("          Get Form Mega , >> User = " + String(datamega));
      anto.pub("message", "User" + String(datamega) + " is come in");
      anto.pub("door", "1");
      delay(1000);
      anto.pub("door", "0");
    }

    if ( id == 10 && datamega == 99 )
    {
      //settemp = datamega;

```

4.1.2 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Node MCU (ต่อ)

```

Serial.println("Get Form Mega , >> User = " + String(datamega));
anto.pub("message", "มีคนพยายามเข้าประตู");
anto.pub("door", "1");
delay(1000);
anto.pub("door", "0");
}

} // end mySerial
} // end loop

void messageReceived(String thing, String channel, String payload) {
    Serial.print("Recieved: ");
    Serial.print(thing);
    Serial.print("/");
    Serial.print(channel);
    Serial.print("-> ");
    Serial.println(payload);
    if (channel.equals("password")) {
        value = payload.toInt();
        mySerial.println("13=" + String(value));
        Serial.println("13=" + String(value));
        delay(1000);
    }
    if (channel.equals("light1")) {
        value = payload.toInt();
        if ( value == 1 )
        {
            mySerial.println("21=" + String(value));
            Serial.println("21=" + String(value));
            delay(1000);
        }
        if ( value == 0 )
        {
            mySerial.println("21=" + String(value));
            Serial.println("21=" + String(value));
        }
    }
}

```

4.1.2 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Node MCU (ต่อ)

```

delay(1000);
}
}

if (channel.equals("light2")) {
    value = payload.toInt();
    if ( value == 1 )
    {   mySerial.println("22=" + String(value));
        Serial.println("22=" + String(value));
        delay(1000);
    }
    if ( value == 0 )
    {   mySerial.println("22=" + String(value));
        Serial.println("22=" + String(value));
        delay(1000);
    }
}

}

}

} // end messageReceived From Anto

```

4.2 ขั้นตอนการบันทึกชุดคำสั่งลงบนบอร์ด Arduino

4.2.1 ตรวจสอบชุดคำสั่งให้เรียบร้อย

4.2.2 เลือกอุปกรณ์ที่จะบันทึกคำสั่งลงไป

4.2.3 เลือก Serial Port ให้เรียบร้อย

4.2.4 กด Upload ชุดคำสั่งลงบอร์ด

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ในการทำโครงการชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ผู้จัดทำได้วางแผนเอาไว้ ซึ่งชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ สามารถทำงานได้ตรงตามที่ต้องการและการประสบปัญหาต่าง ๆ ในที่นี้ทางคณะผู้จัดทำได้ประสบปัญหาในการปฏิบัติงานหลายๆ อย่าง ซึ่งคณะผู้จัดทำจากโครงการมีข้อเสนอแนะที่จะนำมาปรับปรุงแก้ไขในส่วนต่าง ๆ ของชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือให้ทำงานได้ดีมากยิ่งขึ้น

5.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 5.1.1 เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำโครงการ Smart home Smart office
- 5.1.2 เพื่อสร้างความปลอดภัยให้กับผู้อยู่อาศัย
- 5.1.3 เพื่อลดงบประมาณในการสร้างบ้านอัจฉริยะหรือออฟฟิศอัจฉริยะ เนื่องจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือ มีต้นทุนน้อยกว่าและถูกกว่าเครื่องสแกนแบบคีย์การ์ด
- 5.1.4 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 5.1.5 เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการชื่อ Low cost smart home

5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 5.2.1 ใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำโครงการ Smart home Smart office
- 5.2.2 สร้างความปลอดภัยให้กับผู้อยู่อาศัย
- 5.2.3 ลดงบประมาณในการสร้างบ้านอัจฉริยะหรือออฟฟิศอัจฉริยะ เนื่องจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือ มีต้นทุนน้อยกว่าและถูกกว่าเครื่องสแกนแบบคีย์การ์ด
- 5.2.4 ศึกษาการทำงานของชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 5.2.5 นำความรู้ที่ได้จากการเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการชื่อ Low cost smart home

5.3 ปัญหาที่ประสบในการดำเนินโครงการ

การดำเนินการของโครงการชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ นั้นทางคณะผู้จัดทำได้ประสบปัญหาการดำเนินโครงการหลายอย่างดังต่อไปนี้

- 5.3.1 ปัญหาในการเขียนชุดโปรแกรม

5.3.2 ปัญหาในการบันทึกชุดโปรแกรมลงบนบอร์ด Arduino

5.4 ผลการดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ เริ่มจากการเสนอโครงการต่อคณะกรรมการพิจารณา ทางคณะกรรมการพิจารณาได้เสนอแนะในส่วนต่าง ๆ และคณะผู้จัดทำได้ทำตามข้อเสนอของคณะกรรมการจนได้รับการอนุมัติการทำโครงการแล้วทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ โดยได้ทำการศึกษาและดำเนินการตามที่วางแผนไว้จนสำเร็จลุล่วง

ผลการดำเนินโครงการชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ด้วยตัวชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ควบคุมการทำงานของเครื่องสแกนลายนิ้วมือและแจ้งเตือนเมื่อมีการเข้าสู่ระบบล้มเหลวผ่าน Application ที่จะช่วยรักษาความปลอดภัยและทำงานควบคู่กับเครื่องสแกนลายนิ้วมือได้

5.5 การอภิปรายผล

ในการใช้ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องสแกนลายนิ้วมือและแจ้งเตือนเมื่อมีการเข้าสู่ระบบล้มเหลวผ่าน Application ที่จะช่วยรักษาความปลอดภัยและทำงานควบคู่กับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ทั้งนี้เครื่องสแกนลายนิ้วมือมีความทันสมัยและสามารถใส่รหัสผ่านเป็นตัวเลข นอกเหนือจากการสแกนลายนิ้วมือได้

5.6 ข้อเสนอแนะ

ในนี้จะกล่าวถึงข้อเสนอแนะ ในการพัฒนาและต่อยอดเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

5.6.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

5.6.1.1 ควรเพิ่มความสวยงามของเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

5.6.2 ข้อเสนอแนะทางเทคนิค

5.6.2.1 ระบบสแกนลายนิ้วมือควรมีความเสถียรมากกว่านี้

บรรณานุกรม

บริษัท กราวิเทคไทย (ไทยแลนด์) จำกัด. (2560). **ทฤษฎีเกี่ยวกับบอร์ด Arduino Mega 2560.**

ค้นหาข้อมูลวันที่ 2 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.gravitechthai.com/product-detail.php?WP=qmIZAJ1CM5O0hJatrTZo7o3Q>

กัลญารัตน์ สติรสสุขสมบูรณ์ (2559). **ทฤษฎีเกี่ยวกับภาษาซี.** ค้นหาข้อมูลวันที่ 3

กรกฎาคม 2562, จาก <https://sites.google.com/a/banraiwiththaya.ac.th/kruwattana/kar-kheiyin-porkaerm/bth-thi-1-phasasi-beuxng-tn>

บริษัท ซีเคียวเมท จำกัด. (2558). **ทฤษฎีเกี่ยวกับกลอนแม่เหล็กไฟฟ้า.** ค้นหาข้อมูลวันที่ 20

กันยายน 2562, จาก <http://securemate.co.th/accessories/กลอนแม่เหล็ก/14-อุปกรณ์เสริม/กลอนไฟฟ้า.html>

ทันพงษ์ ภูริรักษ์. (2560). **ทฤษฎีเกี่ยวกับ LCD Character Display 20x4.** ค้นหาข้อมูลวันที่ 11

กันยายน 2562, จาก http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_6.pdf

ธีรพงษ์ จันทรโสภณ. (2560). **ทฤษฎีเกี่ยวกับสายไฟ.** ค้นหาข้อมูลวันที่ 12 กันยายน 2562,

จาก <https://stmath09.wordpress.com/หน่วยที่-4-เรื่องที่-5-การค>

นรมน โครณ. (2559). **ทฤษฎีเกี่ยวกับลายนิ้วมือ.** ค้นหาข้อมูลวันที่ 11 กันยายน 2562,

จาก <http://bme3g7.blogspot.com/p/blog-page.html>

นพพร จุจันทร์. (2560). **ทฤษฎีเกี่ยวกับ Keypad.** ค้นหาข้อมูลวันที่ 11 กันยายน 2562,

จาก <http://elec2web.blogspot.com/2016/04/arduino-uno-keypad-4x4.html>

บุญเกิด สนธิพันธ์. (2561). **ทฤษฎีเกี่ยวกับโปรแกรม Arduino IDE.** ค้นหาข้อมูลวันที่ 2

กรกฎาคม 2562, จาก http://www.ayuttech.ac.th/2017/images/pdf/boonkoed/microcontroller_9.pdf

ยอดศักดิ์ รักษาแก้ว. (2559). **ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบคลาวด์ คอมพิวติ้ง.** ค้นหาข้อมูลวันที่ 11

กันยายน พ.ศ. 2562, จาก [http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2016/](http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2016/TU_2016_5723036165_4972_3913.pdf)

[TU_2016_5723036165_4972_3913.pdf](http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2016/TU_2016_5723036165_4972_3913.pdf)

บริษัท ลีโอนิกส์ จำกัด. (2534). **ทฤษฎีเกี่ยวกับไฟฟ้า.** ค้นหาข้อมูลวันที่ 13 กันยายน 2562,

จาก http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/elec_knowledge02.php

ศรัญ ไชยวงศ์. (2560). **ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ**. ค้นหาข้อมูลวันที่ 10

กันยายน 2562, จาก <http://www.cm-systemservice.com/Article/Detail/27425>

สมชาย ทยานง. (2531). **ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดคำสั่ง**. ค้นหาข้อมูลวันที่ 3 กรกฎาคม 2562,

จาก http://saranukromthai.or.th/sub/other_sub.php?file=encyclopedia/book11.html

อานนท์ ณ หนองคาย. (2560). **ทฤษฎีเกี่ยวกับ Nodemcu v3**. ค้นหาข้อมูลวันที่ 2 กรกฎาคม 2562,

จาก <https://embeddedsystem2558.wordpress.com/esp8266-nodemcu-คืออะไร-และการติดตั้ง-c/>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบเสนอร่างโครงการ

ภาคผนวก ข รายงานผลความคืบหน้า

ภาคผนวก ค การดำเนินการเขียนโปรแกรม

ภาคผนวก ง ประวัติผู้เขียน

ภาคผนวก ก

แบบเสนอร่างโครงการ



สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
แบบเสนอร่างโครงการ

เรื่อง

ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

Software for control finger scan

โดย

นายวีรชาติ นาครัตน์ รหัสประจำตัว 37068

นายศรัณย์ สร้อยทอง รหัสประจำตัว 41172

ภาคเรียนที่ 1/2562

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ

แบบเสนอร่างโครงการ

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ชื่อโครงการ ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

Software for control finger scan

ชื่อผู้เสนอโครงการ 1. นายวิรัชติ นาครัตน์ รหัสประจำตัว 37068 (หัวหน้ากลุ่มโครงการ)

ชื่อผู้ร่วมโครงการ 2. นายศรัณย์ สร้อยทอง รหัสประจำตัว 41172

นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ รอบเช้า

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์สุธารัตน์ ทองใหม่

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์คุณานนท์ สุขเกษม

มีความประสงค์ขออนุมัติหัวข้อโครงการ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ในวิชาโครงการ จำนวน 4 หน่วยกิต

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ดังรายละเอียดโครงการที่แนบมาด้วย

ลงชื่อ (หัวหน้ากลุ่มโครงการ)

ลงชื่อ (สมาชิกกลุ่มโครงการ)

..... / /

ความเห็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ความเห็นผู้รับผิดชอบโครงการ สาขาวิชา
.....	
.....	
.....	
ลงนาม	ลงนาม
..... / /	 / /
ลงนาม	
..... / /	

หมายเหตุ พร้อมแนบโครงการ ตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

1. ชื่อโครงการ

ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

Software for control finger scan

2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบัน เทคโนโลยีเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก จนมาถึงยุคปัจจุบัน Smart Home เทคโนโลยีไร้สายที่จะช่วยให้เรานั้นสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกอย่างภายในบ้านได้ และแม้กระทั่งการตรวจจับความผิดปกติ ด้วยระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน การใช้เทคโนโลยีไร้สายเข้ามาดูแลบ้านหรือ Smart Home เป็นอีกหนึ่งกระแสโลกาภิวัตน์ที่เข้ามามีบทบาทภายในชีวิตประจำวันของทุกคนมากขึ้นทุกวัน

ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นความสำคัญการใช้ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ จึงได้นำมาใส่ในตัวโครงการ Smart Home นี้จนเกิดมาเป็น Smart Security ที่ใช้ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องสแกนลายนิ้วมือและแจ้งเตือนเมื่อมีการเข้าสู่ระบบล้มเหลวผ่าน Application ที่จะช่วยรักษาความปลอดภัยและทำงานควบคู่กับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ทั้งนี้เครื่องสแกนลายนิ้วมือมีความทันสมัยและสามารถใส่รหัสผ่านเป็นตัวเลขนอกเหนือจากการสแกนลายนิ้วมือได้ พร้อมทั้งความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งาน ที่สามารถบันทึกข้อมูลของผู้ใช้งานได้ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้งาน เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันมีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น ทางคณะผู้จัดทำจึงนำเทคโนโลยีมาผสมผสานกับระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน จนเกิดเป็น Smart Security ซึ่งเป็นระบบที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันกับ Smart Home เพื่อเสริมสร้างระบบความปลอดภัยให้ดียิ่งขึ้น เครื่องสแกนลายนิ้วมือช่วยลดปัญหาการเข้าบ้านไม่ได้ เนื่องจากการลืมกุญแจบ้านของผู้ใช้งาน เมื่อมีเครื่องสแกนลายนิ้วมือนั่งติดตั้งอยู่ที่ประตูบ้าน การพกกุญแจบ้านจึงไม่จำเป็นต่อการใช้งาน

ดังนั้น การจัดทำชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ จึงเป็นโครงการที่คณะผู้จัดทำได้จัดทำเพื่อตอบสนองเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น ช่วยในการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านและความปลอดภัยของผู้ใช้งาน และลดปัญหาการลืมกุญแจบ้านและไม่สามารถเข้าบ้านได้ของผู้ใช้งาน ทางคณะผู้จัดทำมุ่งเน้นไปในทางการรักษาความปลอดภัยของบ้านและความทันสมัย การช่วยลดปัญหาการลืมกุญแจบ้านและไม่สามารถเข้าได้ของผู้ใช้งาน ให้ผู้ใช้งานหรือสถานที่ ที่ทางคณะผู้จัดทำได้นำเครื่องไปติดตั้งไว้ ทางคณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่าโครงการ ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ เป็นตัวอย่างแนวทางให้เยาวชนรุ่นใหม่ได้นำไปคิดวิเคราะห์และพัฒนาต่อยอดอย่างไม่มีการสิ้นสุด เสริมสร้างทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรมของคณะผู้จัดทำ ด้านความคิด ด้านการพลิกแพลงแก้ไขปัญหาอย่างถูกต้องและถูกวิธี

3. วัตถุประสงค์ของโครงการ

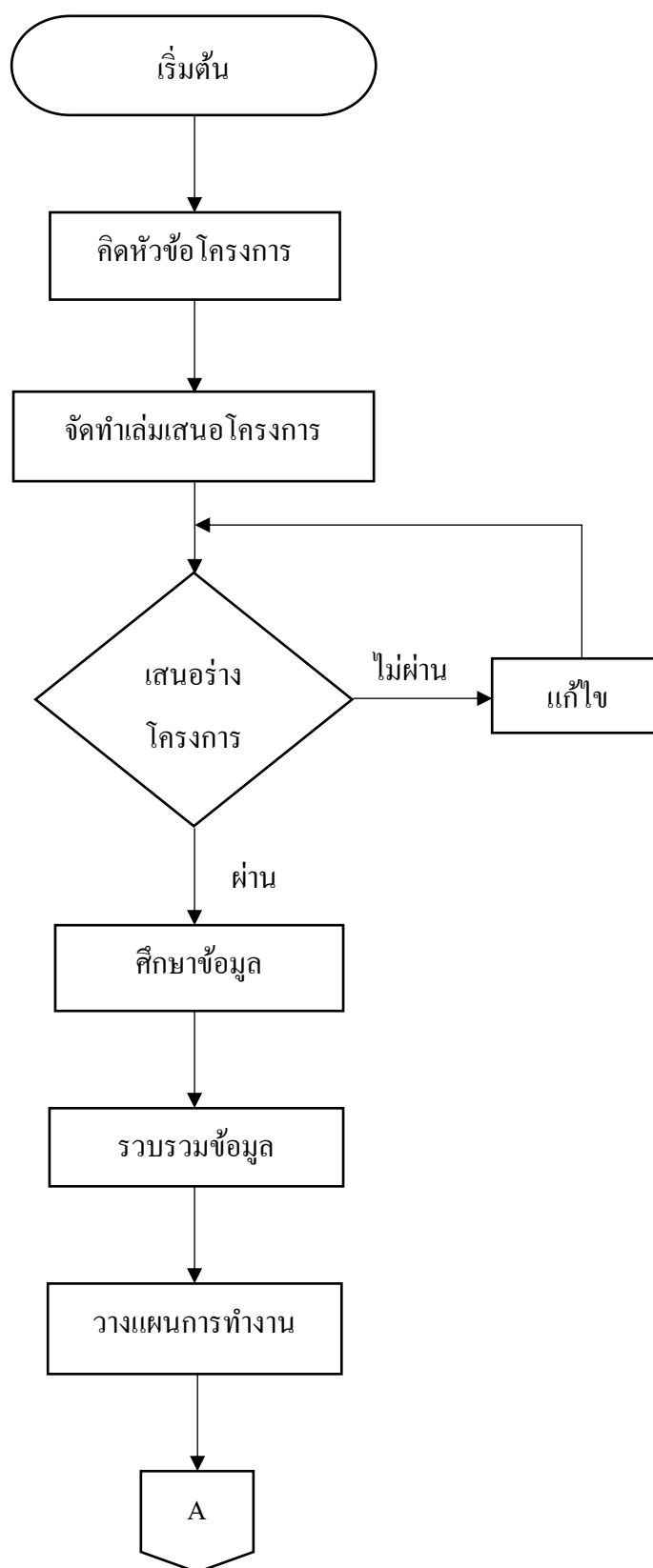
- 3.1 เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำโครงการ Smart home Smart office
- 3.2 เพื่อสร้างความปลอดภัยให้กับผู้อยู่อาศัย
- 3.3 เพื่อลดงบประมาณในการสร้างบ้านอัจฉริยะหรือออฟฟิศอัจฉริยะ เนื่องจาก
เครื่องสแกนลายนิ้วมือ มีต้นทุนน้อยกว่าและถูกกว่าเครื่องสแกนแบบคีย์การ์ด

4. ขอบเขตของโครงการ

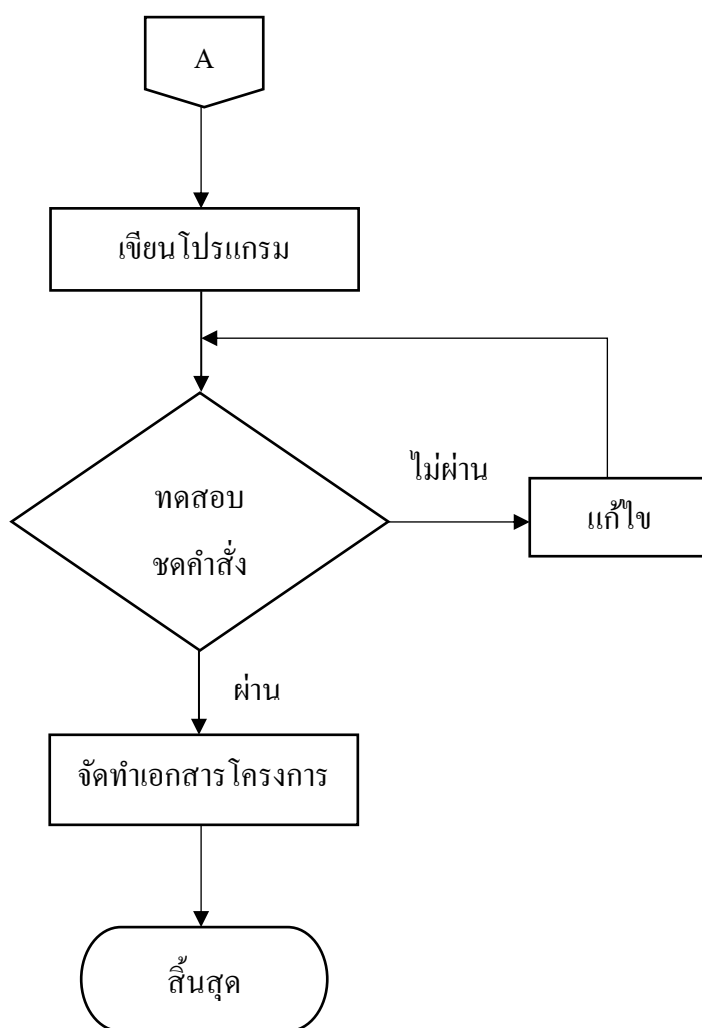
- 4.1 สามารถใช้ชุดคำสั่งควบคุมการบันทึกข้อมูลของผู้ใช้งานได้
- 4.2 สามารถใช้ชุดคำสั่งควบคุมการล็อกและปลดล็อกประตูได้
- 4.3 สามารถใช้ชุดคำสั่งสแกนลายนิ้วมือล็อกและปลดล็อกประตูได้

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 5.1 คิดหัวข้อโครงการ
- 5.2 จัดทำรูปเล่มเสนอร่างโครงการ
- 5.3 เสนอร่างโครงการ
- 5.4 แก้ไขเสนอร่างโครงการ
- 5.5 ส่งเสนอร่างโครงการที่แก้ไขแล้ว
- 5.6 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดทำชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 5.7 รวบรวมข้อมูลในด้านโปรแกรมที่จะใช้เขียนโปรแกรมในการ
ควบคุมการทำงาน
- 5.8 วางแผนการทำงานกระจายงานแบ่งการทำงานเป็นส่วน ๆ
- 5.9 ทำชิ้นงาน
- 5.10 ทดสอบการทำงานของ ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ว่าเป็นไปตามที่
วางแผนไว้หรือไม่
- 5.11 แก้ไขตัวชิ้นงาน
- 5.12 จัดทำเอกสารโครงการ



รูปที่ 1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนภาพ Flowchart ขั้นตอนการดำเนินงาน(ต่อ)

6. ระยะเวลาการทำโครงการ

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน								
		ปี พ.ศ. 2562							ปี พ.ศ. 2563	
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	คิดหัวข้อโครงการ	↔								
2	จัดทำเอกสารแบบเสนอร่างโครงการ	↔								
3	เสนอหัวข้อโครงการ		↔							
4	ค้นหาข้อมูล		↔	↔						
5	รวบรวมข้อมูล			↔						
6	วางแผนการทำงาน				↔					
7	เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน				↔					
8	ทดสอบการทำงาน					↔				
9	แก้ไขโปรแกรม					↔	↔			
10	ตรวจสอบความเรียบร้อย							↔		
11	นำเสนอโครงการ							↔	↔	
12	จัดทำรูปเล่มโครงการ	←	←							→

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาการทำงานของชุดคำสั่งควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
2. เพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้อยู่อาศัยที่ใช้งานเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
3. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการ

8. งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงการ

ค่าหมึกพิมพ์เอกสาร	1,500 บาท
กระดาษ A4	500 บาท
รวม	2,000 บาท

9. เอกสารอ้างอิง

https://www.it24hrs.com/2019/arena_garden_smart_home/

<https://www.smartsecurity.in.th/>

<https://www.1belief.com/fingerprint/>

ภาคผนวก ข
รายงานผลความก้าวหน้าโครงการ



แบบประเมินความก้าวหน้าโครงการ

ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

Software for control finger scan

โดย

นายวีรชาติ นาครัตน์ รหัสประจำตัว 37068

นายศรัณย์ สร้อยทอง รหัสประจำตัว 41172

ภาคเรียนที่ 1/2562

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนชการ

แบบฟอร์มประเมินความก้าวหน้าโครงการ

ชื่อโครงการ ชุดโปรแกรมควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

Software for control finger scan

ปีการศึกษา 2562

ชื่อผู้จัดทำโครงการ	(1) นายวีรชาติ นาครัตน์ รหัส 37068	ระดับปวส. 2
	(2) นายศรัณย์ สร้อยทอง รหัส 41172	ระดับปวส. 2

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์ สุชารัตน์ ทองใหม่

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม อาจารย์ คุณานนท์ สุขเกษม

โครงการนี้จัดอยู่ในกลุ่มของ

- | | |
|---|--|
| ☐ Web Programming | ☐ Computer Multimedia |
| ☐ Computer Programming | ☐ Database System |
| ☐ Hardware Computer | ☐ |

ขอบเขตของโครงการทั้งหมด

1. ใช้ชุดคำสั่งควบคุมการบันทึกข้อมูลของผู้ใช้งาน
2. ใช้ชุดคำสั่งควบคุมการล็อกและปลดล็อกประตู
3. มีการใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนชุดคำสั่งควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
4. มีการใช้โปรแกรม MySQL ในการเขียนระบบฐานข้อมูล
5. มีการลงทะเบียนลายนิ้วมือเพื่อใช้ในการสแกนลายนิ้วมือล็อกและปลดล็อกประตู

รายงานผลความก้าวหน้าของโครงการ 25%

รายละเอียดของหัวข้อที่รายงานผล ความก้าวหน้า	ผ่าน	ไม่ผ่าน	เหตุผล(กรณีไม่ผ่าน)
1. รวบรวมข้อมูล			
2. ศึกษาข้อมูล			
3. วิเคราะห์ข้อมูล			
5. โครงการ บทที่ 1			
6. โครงการ บทที่ 2 (บางส่วน)			

การประเมินผลความก้าวหน้าของโครงการโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

☐ ผ่าน

☐ ไม่ผ่าน

ข้อชี้แจงของอาจารย์ที่ปรึกษา (กรณีที่อาจารย์ที่ปรึกษาประเมินไม่ผ่าน)

.....

ลายเซ็น

(อาจารย์สุธารัตน์ ทองใหม่)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ / / 2562

การประเมินผลความก้าวหน้าของโครงการโดยอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

☐ ผ่าน

☐ ไม่ผ่าน

ข้อชี้แจงของอาจารย์ที่ปรึกษา (กรณีที่อาจารย์ที่ปรึกษาประเมินไม่ผ่าน)

.....

ลายเซ็น

(อาจารย์คุณานันท์ สุขเกษม)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

วันที่ / / 2562

ส่วนนี้สำหรับกรรมการ

การประเมินผลความก้าวหน้าของโครงการโดยกรรมการ

☐ ผ่าน

☐ ไม่ผ่าน

ความคิดเห็นของกรรมการ (กรณีที่กรรมการประเมินไม่ผ่าน)

.....

ลายเซ็น

()

กรรมการตรวจสอบ

วันที่ / / 2562

รายงานผลความก้าวหน้าของโครงการ 50%

รายละเอียดของหัวข้อที่รายงานผลความก้าวหน้า	ผ่าน	ไม่ผ่าน	เหตุผล (กรณีไม่ผ่าน)
6. เขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ Arduino mega เข้ากับ Fingerprint , Keypad และ LCD Screen			
7. เขียนโปรแกรมเชื่อม Arduino mega เข้ากับ Node mcu esp 8266			
8. เขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ relay Arduino 16 ch			
9. เขียนโปรแกรม สั่ง เปิด-ปิด relay Arduino			
10. ทดลองโปรแกรม			
11. จัดทำเอกสารโครงการบทที่ 2 ในส่วนที่เหลือ			
12. จัดทำเอกสารโครงการบทที่ 3			

การประเมินผลความก้าวหน้าของโครงการโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

☐ ผ่าน

☐ ไม่ผ่าน

ข้อชี้แจงของอาจารย์ที่ปรึกษา (กรณีที่อาจารย์ที่ปรึกษาประเมินไม่ผ่าน)

.....

ลายเซ็น

(อาจารย์สุทธารัตน์ ทองใหม่)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ / / 2562

การประเมินผลความก้าวหน้าของโครงการโดยอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

☐ ผ่าน

☐ ไม่ผ่าน

ข้อชี้แจงของอาจารย์ที่ปรึกษา (กรณีที่อาจารย์ที่ปรึกษาประเมินไม่ผ่าน)

.....

ลายเซ็น

(อาจารย์คุณานนท์ สุขเกษม)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

วันที่ / / 2562

ส่วนนี้สำหรับกรรมการ

การประเมินผลความก้าวหน้าของโครงการโดยกรรมการ

☐ ผ่าน

☐ ไม่ผ่าน

ความคิดเห็นของกรรมการ (กรณีที่กรรมการประเมินไม่ผ่าน)

.....

ลายเซ็น

()

กรรมการตรวจสอบ

วันที่ / / 2562

รายงานผลความก้าวหน้าของโครงการ 75%

รายละเอียดของหัวข้อที่รายงานผลความก้าวหน้า	ผ่าน	ไม่ผ่าน	เหตุผล (กรณีไม่ผ่าน)
13. เขียนโปรแกรมต่อ finger scan เข้ากับอุปกรณ์เปิดปิดไฟบ้านผ่านระบบอินเทอร์เน็ต			
14. ทดลองสั่งเปิดประตูผ่านโปรแกรม			
15. ทดลองโปรแกรมสั่งเปิดประตูผ่าน fingerprint และ keypad			
16. เขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน			
17. ทดลองโปรแกรมสั่งปลดล็อกประตูผ่านแอปพลิเคชัน			
18. ทดลองระบบทั้งหมดของอุปกรณ์			
19. จัดทำโครงการบทที่ 4			

การประเมินผลความก้าวหน้าของโครงการโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

☐ ผ่าน

☐ ไม่ผ่าน

ข้อชี้แจงของอาจารย์ที่ปรึกษา (กรณีที่อาจารย์ที่ปรึกษาประเมินไม่ผ่าน)

.....

ลายเซ็น

(อาจารย์สุธารัตน์ ทองใหม่)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ / / 2562

การประเมินผลความก้าวหน้าของโครงการโดยอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

☐ ผ่าน

☐ ไม่ผ่าน

ข้อชี้แจงของอาจารย์ที่ปรึกษา (กรณีที่อาจารย์ที่ปรึกษาประเมินไม่ผ่าน)

.....

ลายเซ็น

(อาจารย์คุณานนท์ สุขเกษม)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

วันที่ / / 2562

ส่วนนี้สำหรับกรรมการ

การประเมินผลความก้าวหน้าของโครงการโดยกรรมการ

☐ ผ่าน

☐ ไม่ผ่าน

ความคิดเห็นของกรรมการ (กรณีที่กรรมการประเมินไม่ผ่าน)

.....

ลายเซ็น

()

กรรมการตรวจสอบ

วันที่ / / 2562

รายงานผลความก้าวหน้าของโครงการ 100%

รายละเอียดของหัวข้อที่รายงานผลความก้าวหน้า	หมายเหตุ
1. จัดทำโครงการบทที่ 5	
2. แก้ไขงานและสรุประบบงาน	
3. รูปเล่มโครงการฉบับสมบูรณ์	
4. ขอสอบโครงการ	

หมายเหตุ รายงานผลความก้าวหน้าของโครงการ 100% จะอยู่ช่วงหลังจากสอบนำเสนอโครงการไปแล้ว

ภาคผนวก ค
การดำเนินการเขียนโปรแกรม

การดำเนินการเขียนชุดคำสั่งควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

1. ขั้นตอนการดำเนินการเขียนโปรแกรม

ขั้นตอนนี้คณะผู้จัดทำได้ออกความคิดและเพื่อแบ่งหน้าที่ของแต่ละคนเพื่อให้ขั้นตอนการทำงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีการกระจายหน้าที่การทำงานให้เท่าเทียมกันเพื่อให้ทุกคนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ และให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานและรับความคิดเห็นของผู้อื่นด้วย ขั้นตอนการสร้างมีดังนี้

1.1 การเขียนชุดคำสั่งของ Arduino Mega เพื่อสั่งการให้บอร์ด Arduino Mega ควบคุม ประตูและไฟฟ้าภายในบ้าน โดยมีชุดคำสั่งดังนี้

```
#define relay1 22
#define relay2 24
#define relay3 26
#define relay4 28
#define relay5 30
#define relay6 32
#define relay7 34
#define relay8 36
#define relay9 38
#define relay10 40
#define relay11 42
#define relay12 44
#define relay13 46
#define relay14 48
#define relay15 50
#define relay16 52
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
SoftwareSerial mySerial(10, 11);
Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);
int p1 = 0;
int timer = 0;
int cc = 0;
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

int setmode = 0;

//-----

#include <Keypad.h>

const byte ROWS = 4; //four rows
const byte COLS = 4; //three columns
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};

byte rowPins[ROWS] = {37, 35, 33, 31}; //
byte colPins[COLS] = {29, 27, 25, 23}; //

Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );

String savepass = "";

int id;

int datanode;

char data[10];

String timenow;

String datenow;

int buzzer = 8;

String password1 = "1111";
String password2 = "2222";
String password3 = "3333";
String password4 = "4444";
String password5 = "5555";
String password6 = "6666";
String password7 = "7777";
String password8 = "8888";

int m;

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
//-----
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(relay1, OUTPUT);
  pinMode(relay2, OUTPUT);
  pinMode(relay3, OUTPUT);
  pinMode(relay4, OUTPUT);
  pinMode(relay5, OUTPUT);
  pinMode(relay6, OUTPUT);
  pinMode(relay7, OUTPUT);
  pinMode(relay8, OUTPUT);
  pinMode(relay9, OUTPUT);
  pinMode(relay10, OUTPUT);
  pinMode(relay11, OUTPUT);
  pinMode(relay12, OUTPUT);
  pinMode(relay13, OUTPUT);
  pinMode(relay14, OUTPUT);
  pinMode(relay15, OUTPUT);
  pinMode(relay16, OUTPUT);
  digitalWrite(relay1, HIGH);
  digitalWrite(relay2, HIGH);
  digitalWrite(relay3, HIGH);
  digitalWrite(relay4, HIGH);
  digitalWrite(relay5, HIGH);
  digitalWrite(relay6, HIGH);
  digitalWrite(relay7, HIGH);
  digitalWrite(relay8, HIGH);
  digitalWrite(relay9, HIGH);
  digitalWrite(relay10, HIGH);
  digitalWrite(relay11, HIGH);
  digitalWrite(relay12, HIGH);
}
```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
digitalWrite(relay13, HIGH);
digitalWrite(relay14, HIGH);
digitalWrite(relay15, HIGH);
digitalWrite(relay16, HIGH);
while (!Serial); // For Yun/Leo/Micro/Zero/...
delay(100);
Serial.println("\n\nAdafruit finger detect test");
// set the data rate for the sensor serial port
finger.begin(57600);
if (finger.verifyPassword()) {
  Serial.println("Found fingerprint sensor!");
} else {
  Serial.println("Did not find fingerprint sensor :(");
  while (1) {
    delay(1);
  }
}
finger.getTemplateCount();
Serial.print("Sensor contains "); Serial.print(finger.templateCount); Serial.println(" templates");
Serial.println("Waiting for valid finger...");
Serial3.begin(115200);
//-----
lcd.begin();
lcd.backlight();
// lcd.setCursor(0, 0);
// lcd.print("Temp ");
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Welcome ");
} // end setup
void loop() {
  if ( Serial3.available())
```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
{ String getdata = Serial3.readString();
getdata.toCharArray(data, 10);
int n = sscanf(data, "%d=%d", &id, &datanode);
Serial.print(F("n="));
Serial.println(n);
Serial.print(F("id="));
Serial.print(id);
Serial.print(F(", datanode="));
Serial.println(datanode);
if ( id == 13 )
{   savepass = String(datanode);
    p1 = 1;
    Serial.println("          SavePass from App = " + String(savepass));
    delay(1000);
}
if ( id == 21 && datanode == 1 )
{   Serial.println("          Open 1");
    digitalWrite(relay2,LOW);
    delay(1000);
}
if ( id == 21 && datanode == 0 )
{   Serial.println("          Close 1");
    digitalWrite(relay2,HIGH);
    delay(1000);
}
//-----
if ( id == 22 && datanode == 1 )
{   Serial.println("          Open 2");
    digitalWrite(relay3,LOW);
    delay(1000);
}
```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

if ( id == 22 && datanode == 0 )
{
    Serial.println("          Close 2");
    digitalWrite(relay3,HIGH);
    delay(1000);
}

//-----
}

getFingerprintIDez();
delay(50);
char key = keypad.getKey();
if (key != NO_KEY)
{
    Serial.println(key);
    //-----
}

if ( key == 'A')
{
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';
    m = 0;
    lcd.clear();
    setmode = 1;
}

//-----

if ( setmode == 0)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Welcome ");
}

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

if ( setmode == 1 )
{
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Plesse identify...");
}

if ( setmode == 1 && key != 'A' && key != 'B' && key != 'C' && key != 'D' && key != '*'
&& key != '#' )
{
    data[m++] = key;
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Plesse identify...");
    Serial.println("          data= " + String(data));
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(data);
}

if ( setmode == 1 && key == '*')
{
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';
    m = 0;
    Serial.println("          data= " + String(data));
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("  ");
}

if ( setmode == 1 && key != '#' && m == 5)
{
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';
m = 0;
Serial.println("          data= " + String(data));
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("  ");
}
if ( setmode == 1 && key == '#' )
{
  Serial.println("          data= " + String(data));
  savepass = String(data);
  Serial.println("          SavePass= " + String(savepass));
  lcd.setCursor(7, 1);
  lcd.print("Enter!");
  p1 = 1;
  delay(1000);
  lcd.setCursor(7, 1);
  lcd.print("  ");
  delay(1000);
}
} // end key

//=====
=====

if ( savepass == password1 && p1 == 1 )
{
  Serial.println("          User1 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  Serial3.println("10=1");
  lcd.print("Welcome Boss");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  delay(5000);
}

```


1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

Serial.println("                        User1 - Door Close");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("                        ");
digitalWrite(relay1, HIGH);
savepass = "";
data[0] = '\0';
data[1] = '\0';
data[2] = '\0';
data[3] = '\0';
data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';
m = 0;
p1 = 0;
}

//=====================================================
//=====================================================

if ( savepass == password2 && p1 == 1 )
{
  Serial.println("                        User2 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  Serial3.println("10=2");
  lcd.print("Welcome Tam");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  delay(5000);
  Serial.println("                        User2 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                        ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
  savepass = "";
  data[0] = '\0';
  data[1] = '\0';

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

data[2] = '\0';
data[3] = '\0';
data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';
m = 0;
p1 = 0;
}

//=====================================================
=====

if ( savepass == password3 && p1 == 1 )
{   Serial.println("                                User3 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=3");
    lcd.print("WelcomeBrainLess");
    digitalWrite(relay1, LOW);
    delay(5000);
    Serial.println("                                User3 - Door Close");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("                                ");
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    savepass = "";
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';
    m = 0;
    p1 = 0; }

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
//=====
=====

if ( savepass == password4 && p1 == 1 )
{   Serial.println("                        User4 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=4");
    lcd.print("Welcome  Oldman");
    digitalWrite(relay1, LOW);
    delay(5000);
    Serial.println("                        User4 - Door Close");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("                        ");
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    savepass = "";
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';
    m = 0;
    p1 = 0;
}

//=====
=====

if ( savepass == password5 && p1 == 1 )
{   Serial.println("                        User5 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=5");
    lcd.print("Welcome  Est");
```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

digitalWrite(relay1, LOW);
delay(5000);

Serial.println("                        User5 - Door Close");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("                        ");
digitalWrite(relay1, HIGH);

savepass = "";
data[0] = '\0';
data[1] = '\0';
data[2] = '\0';
data[3] = '\0';
data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';

m = 0;
p1 = 0;
}

//=====================================================
=====

if ( savepass == password6 && p1 == 1 )
{
  Serial.println("                        User6 - Door Open");

  lcd.setCursor(0, 1);
  Serial3.println("10=6");
  lcd.print("Welcome  Earth");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  delay(5000);
  Serial.println("                        User6 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                        ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
  savepass = "";

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

data[0] = '\0';
data[1] = '\0';
data[2] = '\0';
data[3] = '\0';
data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';

m = 0;
p1 = 0;
}

//=====

=====

if ( savepass == password7 && p1 == 1 )
{   Serial.println("                User7 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=7");
    lcd.print("Welcome Supachai");
    digitalWrite(relay1, LOW);
    delay(5000);
    Serial.println("                User7 - Door Close");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("                ");
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    savepass = "";
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

m = 0;

p1 = 0;

}

//=====================================================
=====

if ( savepass == password8 && p1 == 1 )
{
    Serial.println("                                User8 - Door Open");
    lcd.setCursor(0, 1);
    Serial3.println("10=8");
    lcd.print("Welcome ann");
    digitalWrite(relay1, LOW);
    delay(5000);
    Serial.println("                                User8 - Door Close");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("                                ");
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    savepass = "";
    data[0] = '\0';
    data[1] = '\0';
    data[2] = '\0';
    data[3] = '\0';
    data[4] = '\0';
    data[5] = '\0';
    data[6] = '\0';
    m = 0;
    p1 = 0;
}

if ( savepass != password1 && savepass != password2 && savepass != password3 && savepass
!= password4 && savepass != password5 && savepass != password6 && savepass != password7
&& savepass != password8 && p1 == 1 )
{
    Serial.println("                                Wrong Password ");

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

lcd.setCursor(0, 1);
Serial3.println("10=99");
lcd.print("Wrong!  ");
delay(1000);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("          ");
savepass = "";
data[0] = '\0';
data[1] = '\0';
data[2] = '\0';
data[3] = '\0';
data[4] = '\0';
data[5] = '\0';
data[6] = '\0';
m = 0;
p1 = 0;
}

//=====================================================
=====

} // end loop

uint8_t getFingerprintID() {
  uint8_t p = finger.getImage();
  switch (p) {
    case FINGERPRINT_OK:
      Serial.println("Image taken");
      break;
    case FINGERPRINT_NOFINGER:
      Serial.println("No finger detected");
      return p;
    case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
      Serial.println("Communication error");

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

    return p;
case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
    Serial.println("Imaging error");
    return p;
default:
    Serial.println("Unknown error");
    return p;
}
// OK success!
p = finger.image2Tz();
switch (p) {
case FINGERPRINT_OK:
    Serial.println("Image converted");
    break;
case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
    Serial.println("Image too messy");
    return p;
case FINGERPRINT_PACKETRECIEVEERR:
    Serial.println("Communication error");
    return p;
case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
    Serial.println("Could not find fingerprint features");
    return p;
case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
    Serial.println("Could not find fingerprint features");
    return p;
default:
    Serial.println("Unknown error");
    return p;
}
// OK converted!

```


1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

p = finger.fingerFastSearch();
if (p == FINGERPRINT_OK) {
    Serial.println("Found a print match!");
} else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
    Serial.println("Communication error");
    return p;
} else if (p == FINGERPRINT_NOTFOUND) {
    Serial.println("Did not find a match");
    return p;
} else {
    Serial.println("Unknown error");
    return p;
}

// found a match!
Serial.print("Found ID #"); Serial.print(finger.fingerID);
Serial.print(" with confidence of "); Serial.println(finger.confidence);
return finger.fingerID;
}

// returns -1 if failed, otherwise returns ID #
int getFingerprintIDez() {
    uint8_t p = finger.getImage();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
    p = finger.image2Tz();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
    p = finger.fingerFastSearch();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

    // found a match!

    Serial.print("Found ID #"); Serial.print(finger.fingerID);

    //-----

    if ( ! finger.fingerID == 1 && setmode == 1 )

    {   Serial.println("
User1 - Door Open");

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Welcome Toey");
digitalWrite(relay1, LOW);
Serial3.println("10=1");
delay(5000);
Serial.println("                        User1 - Door Close");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("                        ");
digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----

if ( finger.fingerID == 2  && setmode == 1)
{
  Serial.println("                        User2 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Welcome Tam");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  Serial3.println("10=2");
  delay(5000);
  Serial.println("                        User2 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                        ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----

if ( finger.fingerID == 3  && setmode == 1)
{
  Serial.println("                        User3 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("WelcomeBrainLess");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  Serial3.println("10=3");
  delay(5000);
}

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```

Serial.println("                User3 - Door Close");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("                ");

digitalWrite(relay1, HIGH);

}

//-----

if ( finger.fingerID == 4  && setmode == 1)

{   Serial.println("                User4 - Door Open");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("Welcome  Young");

    digitalWrite(relay1, LOW);

    Serial3.println("10=4");

    delay(5000);

    Serial.println("                User4 - Door Close");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("                ");

    digitalWrite(relay1, HIGH);

}

//-----

if ( finger.fingerID == 5  && setmode == 1)

{   Serial.println("                User5 - Door Open");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("Welcome  Est");

    digitalWrite(relay1, LOW);

    Serial3.println("10=5");

    delay(5000);

    Serial.println("                User5 - Door Close");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("                ");

    digitalWrite(relay1, HIGH);

}

```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
//-----
if ( finger.fingerID == 6 && setmode == 1)
{
  Serial.println("                User6 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Welcome Earth");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  Serial3.println("10=6");
  delay(5000);
  Serial.println("                User6 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----

if ( finger.fingerID == 7 && setmode == 1)
{
  Serial.println("                User7 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Welcome SuperKo");
  digitalWrite(relay1, LOW);
  Serial3.println("10=7");
  delay(5000);
  Serial.println("                User7 - Door Close");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("                ");
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}

//-----

if ( finger.fingerID == 8 && setmode == 1)
{
  Serial.println("                User8 - Door Open");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Welcome Ann");
```

1.1 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Mega (ต่อ)

```
digitalWrite(relay1, LOW);
Serial3.println("10=8");
delay(5000);
Serial.println("User8 - Door Close");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" ");
digitalWrite(relay1, HIGH);
}
Serial.print(" with confidence of "); Serial.println(finger.confidence);
return finger.fingerID;
}
```

4.1.2 การเริ่มต้นเขียนชุดคำสั่งของ Arduino Node MCU เพื่อรับคำสั่งจาก Server และส่งต่อคำสั่งให้กับบอร์ด Arduino Mega โดยมีชุดคำสั่งดังนี้

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(D1, D2); // RX, TX
#include <AntoIO.h>
const char *ssid = "Tam";
const char *pass = "11111111";
const char *user = "econtec_design";
const char *token = "MdjU9M3wYp0GZLGj5SkDXo5LH125NI8gny7Ebm4f";
const char *thing = "atw_server";
AntoIO anto(user, token, thing);
int value = 0;
int count = 0;
int count_timer;
//-----
int id;
int datamega;
char data[8];
void setup()
```

1.2 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Node MCU (ต่อ)

```
{ Serial.begin(115200);
  mySerial.begin(115200);
  delay(10);
  pinMode(D4, OUTPUT);
  digitalWrite(D4, HIGH);
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Anto library version: ");
  Serial.println(anto.getVersion());
  Serial.print("\nTrying to connect ");
  Serial.print(ssid);
  Serial.println("...");
  anto.begin(ssid, pass, messageReceived);
  Serial.println("\nConnected Anto done");
  anto.sub("password");
  anto.sub("light1");
  anto.sub("light2");
  digitalWrite(D4, LOW);
} // end setup

void loop()
{ anto.mqtt.loop();
  if (!anto.mqtt.isConnected())
    Serial.println("Disconnected");
  if ( mySerial.available())
  { String getdata = mySerial.readString();
    getdata.toCharArray(data, 8);
    int n = sscanf(data, "%d=%d", &id, &datamega);
    Serial.print(F("n="));
    Serial.println(n);
    Serial.print(F("id="));
    Serial.print(id);
```

4.1.2 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Node MCU (ต่อ)

```

Serial.print(F(" datamega="));
Serial.println(datamega);
if ( id == 10 && datamega != 99 )
{
    //settemp = datamega;

    Serial.println("                Get Form Mega , >> User = " + String(datamega));
    anto.pub("message", "User" + String(datamega) + " is come in");
    anto.pub("door", "1");
    delay(1000);
    anto.pub("door", "0");
}
if ( id == 10 && datamega == 99 )
{
    //settemp = datamega;

    Serial.println("Get Form Mega , >> User = " + String(datamega));
    anto.pub("message", "มีคนพยายามเข้าประตู");
    anto.pub("door", "1");
    delay(1000);
    anto.pub("door", "0");
}

} // end mySerial
} // end loop

void messageReceived(String thing, String channel, String payload) {
    Serial.print("Recieved: ");
    Serial.print(thing);
    Serial.print("/");
    Serial.print(channel);
    Serial.print("-> ");
    Serial.println(payload);
    if (channel.equals("password")) {
        value = payload.toInt();
        mySerial.println("13=" + String(value));
        Serial.println("13=" + String(value));
    }
}

```

4.1.2 การเขียนชุดคำสั่งควบคุม Arduino Node MCU (ต่อ)

```

delay(1000);
}
if (channel.equals("light1")) {
    value = payload.toInt();
    if ( value == 1 )
    {   mySerial.println("21=" + String(value));
        Serial.println("21=" + String(value));
        delay(1000);
    }
    if ( value == 0 )
    {   mySerial.println("21=" + String(value));
        Serial.println("21=" + String(value));
        delay(1000);
    }
}
if (channel.equals("light2")) {
    value = payload.toInt();
    if ( value == 1 )
    {   mySerial.println("22=" + String(value));
        Serial.println("22=" + String(value));
        delay(1000);
    }
    if ( value == 0 )
    {   mySerial.println("22=" + String(value));
        Serial.println("22=" + String(value));
        delay(1000);
    }
}
} // end messageReceived From Anto

```


4.2 ขั้นตอนการบันทึกชุดคำสั่งลงบนบอร์ด Arduino

- 4.2.1 ตรวจสอบชุดคำสั่งให้เรียบร้อย
- 4.2.2 เลือกอุปกรณ์ที่จะบันทึกคำสั่งลงไป
- 4.2.3 เลือก Serial Port ให้เรียบร้อย
- 4.2.4 กด Upload ชุดคำสั่งลงบอร์ด

ภาคผนวก ง

ประวัติผู้เขียน



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-ชื่อสกุล

นายวิรัชติ นาครัตน์

วันเดือนปีเกิด

12 มกราคม 2543

สถานที่เกิด

กาฬสินธุ์

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

1984/73 หมู่บ้านศิริคาม ซอยศิริคาม 6 สุขุมวิท 72

ลำโรงเหนือ อำเภอเมืองสมุทรปราการ

สมุทรปราการ

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2557

มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3

โรงเรียนพระโขนงพิทยาลัย

พ.ศ.2559

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนวิชาการ

ผลงาน

พ.ศ.2561

เข้าร่วมกิจกรรมอุ่นไอรัก

พ.ศ.2561

แข่งขันทักษะวิชาชีพ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-ชื่อสกุล	นายศรัณย์ สร้อยทอง
วันเดือนปีเกิด	6 เมษายน 2543
สถานที่เกิด	สมุทรปราการ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	120/418 หมู่ 8 หมู่บ้านพฤษภา 74/3 ต.บางเมือง อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10270
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2557	มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 โรงเรียนเซนต์ราฟาแอล
พ.ศ.2559	มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 โรงเรียนประภามนตรี 2
ผลงาน	
พ.ศ.2561	เข้าร่วมกิจกรรมอุ่นไอรัก
พ.ศ.2561	แข่งขันทักษะวิชาชีพ