

ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพหนังสือเรียนอาชีวศึกษา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ประกาศลำดับที่ 540



รหัสวิชา 20104-2118

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

หุ่นยนต์เบื้องต้น

Introduction to Robotics

พต.ดร. เสรษฐชัย ชัยสนิท
ปัญญา มังฆะสร

137.-



หุ่นยนต์เบื้องต้น (Introduction to Robotics)

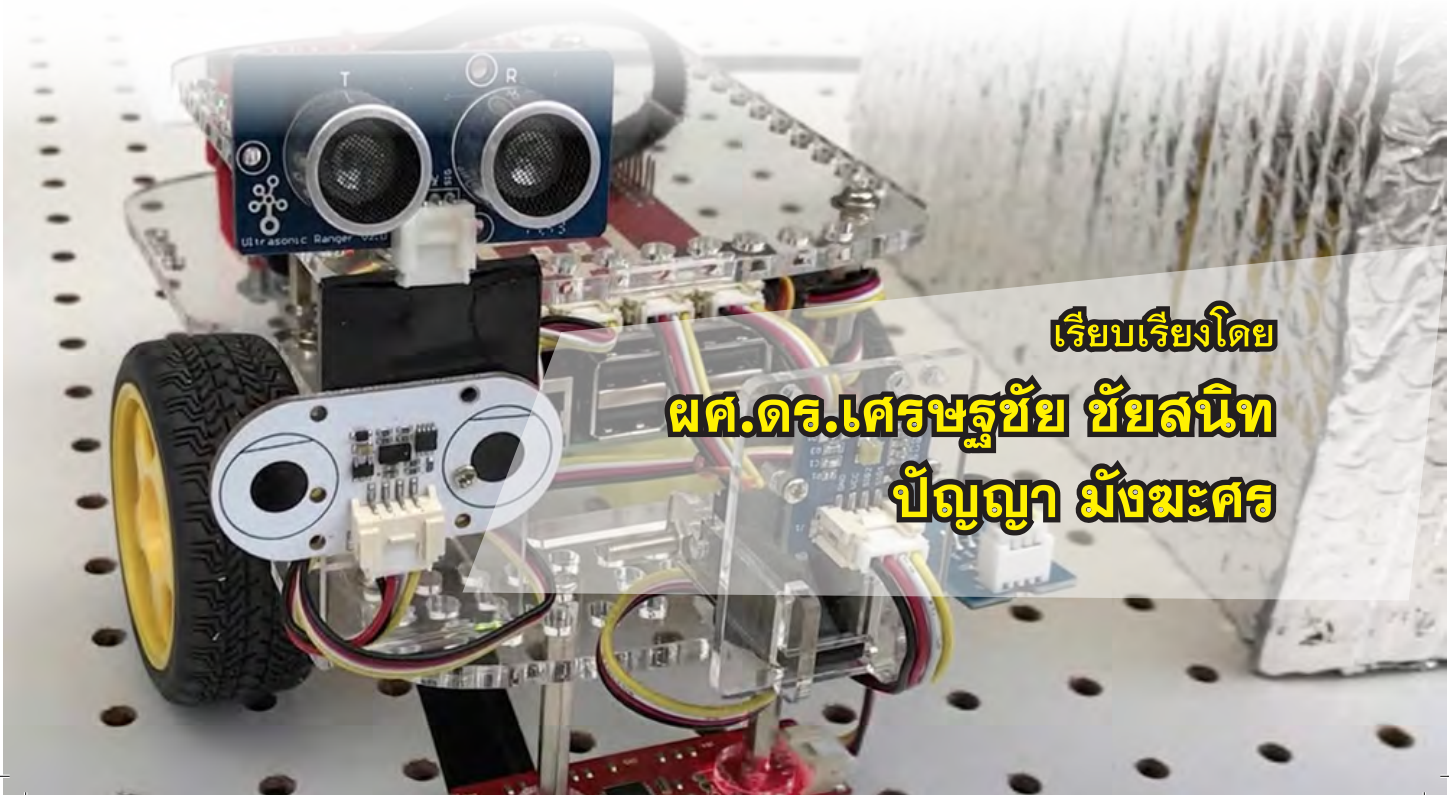
รหัสวิชา 20104-2118

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ



เรียบเรียงโดย
ผศ.ดร.เศรษฐชัย ชัยสนิท
ปัญญา มั่งพะศร



หุ่นยนต์เบื้องต้น

(Introduction to Robotics)

ISBN 978-616-495-220-1

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...

บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

Tel. 0-2472-3293-5 Fax 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

<http://www.wangaksorn.com>

ID Line : wangaksorn



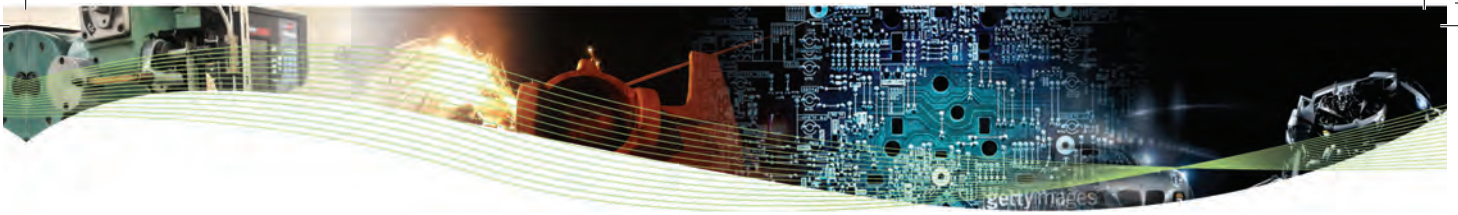
พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2565

จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม



สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

โดย บริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้
ไปทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ
นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางบริษัทฯ เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างถึงในหนังสือฉบับนี้
เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดย บริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



หุ่นยนต์เบื้องต้น (Introduction to Robotics)

รหัสวิชา 20104-2118

ท-ป-น 1-3-2



จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น
2. มีทักษะเกี่ยวกับการประกอบ ทดสอบ ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น
3. มีเจตคติและกิริยาที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และความรับผิดชอบ



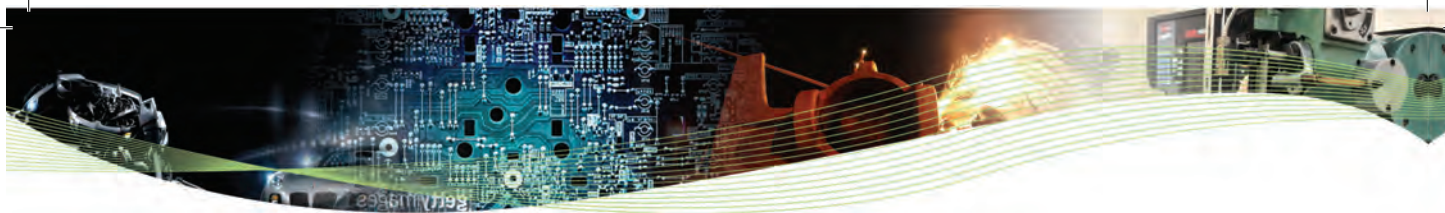
สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของหุ่นยนต์ขนาดเล็ก
2. ตรวจสอบและทดสอบการทำงาน วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ขนาดเล็ก
3. เขียนโปรแกรม ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น



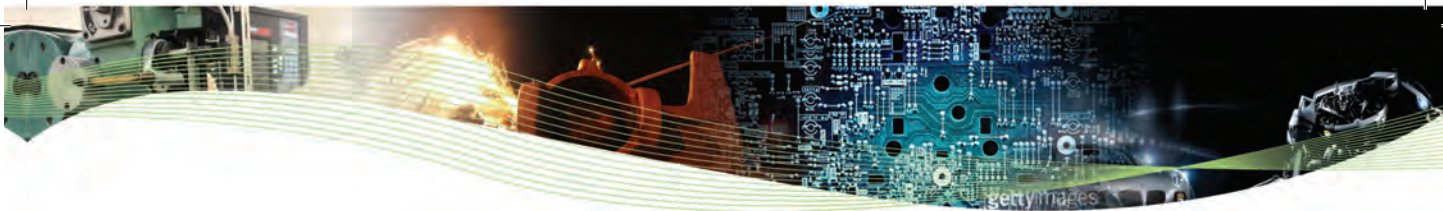
คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง หลักการทำงาน วงจรควบคุม งานประกอบโครงสร้าง และอุปกรณ์หุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือ และแบบอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ งานทดสอบการทำงานของวงจรโดยใช้โปรแกรมจำลอง และงานเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น



ตารางวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชา
วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20104-2118
ท-ป-น 1-3-2 จำนวน 4 คาบ/สัปดาห์ รวม 72 คาบ

สมรรถนะการเรียนรู้ บทที่	แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของหุ่นยนต์ขนาดเล็ก	ตรวจสอบ และทดสอบการทำงานวงจรควบคุมของหุ่นยนต์ขนาดเล็ก	เขียนโปรแกรม ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น
1. พื้นฐานวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	✓		
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	✓		
3. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท Passive	✓		
4. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท Active	✓		
5. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท Input และ Output	✓	✓	
6. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์	✓	✓	
7. การใช้งานโมดูลเซนเซอร์สำเร็จรูปกับบอร์ดอะดุยโน่		✓	✓
8. การเขียนและการทดสอบโปรแกรมควบคุมระบบอินเตอร์เฟส		✓	✓



คำนำ

วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น (Introduction to Robotics) รหัสวิชา 20104-2118 จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก สาขางานช่างไฟฟ้ากำลัง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 8 บทเรียน **ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated)** ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ และส่วนที่เป็นทักษะ ประสพการณ์ **เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer)** เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ **และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles)** จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพพ้องยัง ประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) สร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม ทุกสาขาอาชีพ

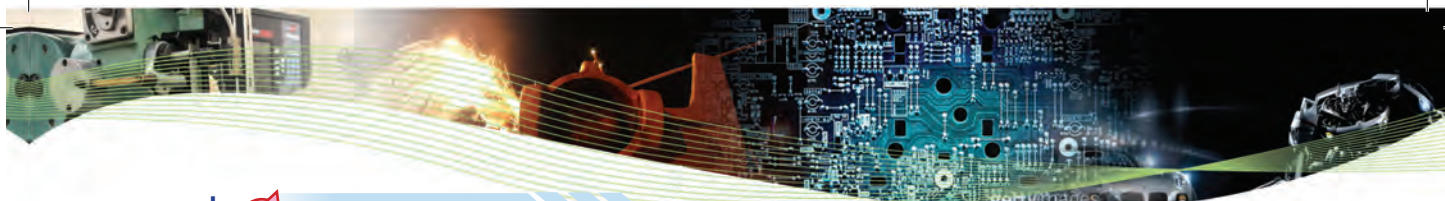
ขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

ผศ.ดร.เศรษฐชัย ชัยสนิท

ปัญญา มังฆะศร



	หน้า
บทที่ 1 พื้นฐานวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	1
ประวัติของวงการอิเล็กทรอนิกส์	2
วงจรและการไหลของกระแสไฟฟ้า	3
วงจรไฟฟ้าสำหรับการใช้งานทั่วไป	5
สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Equipment Symbols)	10
แบบฝึกหัดท้ายบท	11
บทที่ 2 เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	13
เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	14
เครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์	21
แบบฝึกหัดท้ายบท	23
บทที่ 3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท Passive	25
ตัวต้านทานแพสซีฟ (Resistor)	26
ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor)	37
ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)	43
ไดโอด (Diode)	48
แบบฝึกหัดท้ายบท	58
บทที่ 4 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท Active	62
ทรานซิสเตอร์ (Transistor)	63
เฟต (FET)	68
วงจรรวมหรือไอซี (Integrated Circuit : IC)	70
ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	75
แบบฝึกหัดท้ายบท	77



บทที่ ๕ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท Input และ Output 79

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทอินพุต	81
สวิตช์ (Switch)	85
แบตเตอรี่ (Battery)	88
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทเอาต์พุต (Output)	95
หุฟัง	97
รีเลย์ (Relay)	98
มอเตอร์ไฟฟ้า (Electrical Motor)	99
แบบฝึกหัดท้ายบท	101

ใบงานทดลองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 103

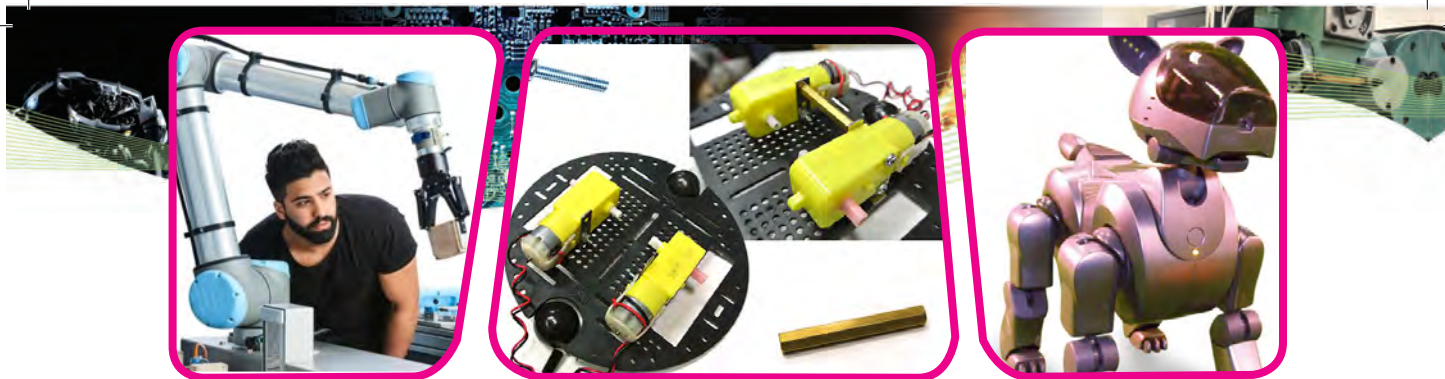
ใบงานที่ 1	ไฟ LED 1 ดวง	103
ใบงานที่ 2	วงจรไฟกะพริบตามเสียง	106
ใบงานที่ 3	วงจรเสียงเพลงอย่างง่าย	110

โครงการหุ่นยนต์แบบง่าย 113

โครงการที่ 1	หุ่นยนต์เดินหน้าเป็นเส้นตรง	114
โครงการที่ 2	หุ่นยนต์วิ่งวนซ้ายตามแสง	117
โครงการที่ 3	หุ่นยนต์กลัวความมืดวิ่งวนขวา	122
โครงการที่ 4	หุ่นยนต์ก่อกวนตอนกลางคืน	126
โครงการที่ 5	หุ่นยนต์หลบสิ่งกีดขวาง	131

บทที่ ๖ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์ 136

ความหมายของหุ่นยนต์	138
ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์	139
ประเภทของหุ่นยนต์	141
ส่วนประกอบต่าง ๆ ของหุ่นยนต์	146



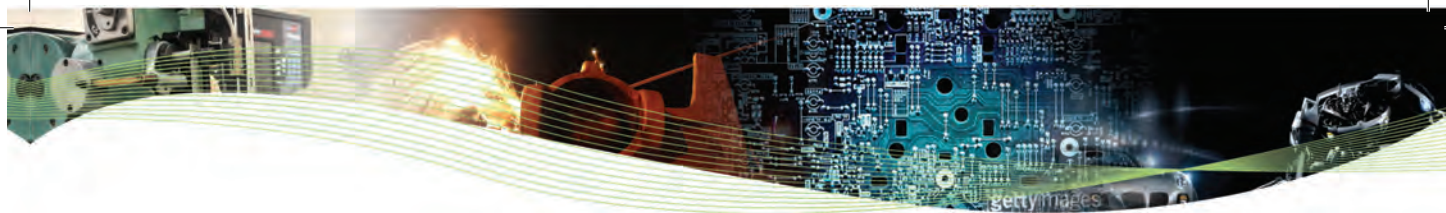
ระบบกลไกและการขับเคลื่อนหุ่นยนต์	148
ระบบเฟือง	150
ระบบสายพาน	151
การต่อวงจรด้วยแผ่นโปรโตบอร์ดขนาดเล็ก	153
อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ควบคุมหุ่นยนต์	153
แบบฝึกหัดท้ายบท	157

บทที่ 7 **การใช้งานโมดูลเซนเซอร์สำเร็จรูปกับบอร์ดอะดุยโน** **159**

โมดูลเซนเซอร์สำเร็จรูป	160
การติดตั้งซอฟต์แวร์อะดุยโนบนวินโดวส์ (Installing Driver Arduino on Windows)	181
ขั้นตอนที่ 1. การดาวน์โหลดโปรแกรม	
“Download the Arduino IDE” (Arduino Software Download)	181
ขั้นตอนที่ 2. การติดตั้งโปรแกรม “Download the Arduino IDE”	
(Installing Driver Arduino Software Download)	182
ขั้นตอนที่ 3. การติดตั้งไดรเวอร์ของบอร์ดอะดุยโน	
(Installing the Arduino Windows Drivers)	184
ขั้นตอนที่ 4. การเซตอัพซอฟต์แวร์อะดุยโน	
และการทดสอบความพร้อมของบอร์ดก่อนการใช้งาน :	188
แบบฝึกหัดท้ายบท	193

บทที่ 8 **การเขียนและการทดสอบโปรแกรมควบคุมระบบอินเตอร์เฟซ** **195**

การติด/ดับและการสลับสีของหลอดแอลอีดีแบบ 3 สี (RGB Module)	197
การเขียนโปรแกรมและทดสอบปุ่มกดดิจิทัลแบบโมดูลสวิตช์	
(Digital Push Button Switch Module)	201



การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง (LDR Photoresistor Sensor Module)	205
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลตรวจจับสัญญาณเสียง (Sound Detection Module)	212
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลเซนเซอร์ตรวจจับการสะท้อนของแสง (Infrared Reflectance Module)	218
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลขับเสียง (Buzzer Sound Module)	224
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (L9110S Module)	228
การเขียนโปรแกรมและทดสอบปุ่มกดดิจิทัลแบบโมดูลสวิตช์กับชุดขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Digital Push Button Switch Module vs L9110S Module)	232
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลตรวจจับสัญญาณเสียงกับชุดขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Sound Detection Module vs L9110S Module)	238
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลตรวจจับสนามแม่เหล็กด้วยรีดสวิตช์ (Reed Switch Module : KY-025)	242
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลตรวจจับสนามแม่เหล็กด้วยรีดสวิตช์กับชุดขับมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง (Reed Switch Module : KY-025 vs L9110S Module)	246
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลตรวจจับการสั่นสะเทือน (Vibration Shock Sensor Module)	250
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลตรวจจับการสั่นสะเทือนของวัตถุกับชุดขับมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง (Vibration Shock Sensor Module vs L9110S Module)	257
การเขียนโปรแกรมและทดสอบโมดูลตรวจจับการสะท้อนของแสงกับชุดขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Infrared Reflectance Module vs L9110S Module)	262
การใช้โปรแกรมจำลองผลการทำงานอะดุยโน (Arduino Circuit Simulations)	269



บทที่ 1

พื้นฐานวงจรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์



แนวคิด

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับหลักการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น บทเรียนนี้เป็นการทบทวนความรู้เบื้องต้น



สาระการเรียนรู้

1. ประวัติของวงการอิเล็กทรอนิกส์
2. วงจรและการไหลของกระแสไฟฟ้า
3. วงจรไฟฟ้าสำหรับการใช้งานทั่วไป
4. สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Equipment Symbols)



สมรรถนะ

มีความรู้และทักษะเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น



จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับประวัติของวงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า เป็นหน่วยกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
3. เขียนแผนผังวงจรและการไหลของกระแสไฟฟ้า
4. อธิบายวงจรไฟฟ้าสำหรับการใช้งานได้ 3 รูปแบบ
5. บอกสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

บทที่ 1

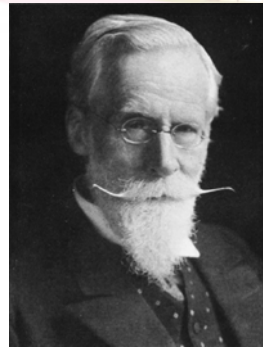
พื้นฐานวงจรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ในชีวิตประจำวัน สิ่งที่สร้างความบันเทิงทั้งที่บ้าน ที่ทำงาน หรือแม้แต่การเดินทาง ก็ต้องใช้อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่สร้างและประกอบจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่ คุณลักษณะการใช้งานหลัก ๆ อาจแบ่งได้ตามกลุ่มการควบคุม การประมวลผล และการกระจายข้อมูล อีกกลุ่มคือ การแปรผันและดูดซับพลังงานไฟฟ้าจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเป็นหลัก แต่จุดเริ่มต้นที่อิเล็กทรอนิกส์ก่อนถูกนำไปใช้อย่างจริงจังนั้น กำเนิดจากนักประดิษฐ์และผู้ที่ยึดมั่นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งเป็นเรื่องที่เราควรทราบ



ประวัติของวงการอิเล็กทรอนิกส์

ประวัติศาสตร์ของวงการอิเล็กทรอนิกส์ เริ่มจากการประดิษฐ์หลอดรังสีแคโทด (Cathode Rays Tube) ในปี ค.ศ. 1875 ของ เซอร์วิลเลียม ครูกส์ (Sir William Crookes) ต่อมา วิลเลียม คอนราด เรินต์เกน (William Conrad Roentgen) ได้พัฒนาการประดิษฐ์ต่อไป สู่เรื่องการค้นพบรังสีเอกซ์ ในปี ค.ศ. 1895 และโจเซฟ ทอมสัน (Joseph Thomson) ได้ค้นพบอิเล็กตรอนในปี ค.ศ. 1897 ตามลำดับ จากนั้น ในปี ค.ศ. 1904 จอห์น แอมโบรส ฟเลมมิง (John Ambrose Fleming) ได้ประดิษฐ์หลอดไดโอดขึ้นเป็นครั้งแรก ซึ่งไดโอดก็กลายมาเป็นชิ้นส่วนพื้นฐานในการสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ต่อมาอีก 2 ปี ลี เดอ ฟอเรสต์ (Lee De Forest) ก็สามารถประดิษฐ์หลอดไตรโอด ซึ่งสามารถควบคุมกระแสการไหลของอิเล็กตรอนได้ ถัดมาอีก 13 ปี คือ ในปี ค.ศ. 1919 วอลเตอร์ ชอตต์กี (Walter Schottky) ได้คิดค้นหลอดสุญญากาศแบบหลายขั้ว นอกจากนั้น ยังได้พัฒนาทฤษฎีที่ใช้อธิบายการไหลของอิเล็กตรอนและหลุมในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อีกด้วย



ที่มาภาพ : <http://www.chemistrybyzernearntengploy.blogspot.com>, www.aetherforce.com

รูปที่ 1.1 > เซอร์วิลเลียม ครุกส์ ผู้ประดิษฐ์หลอดรังสีแคโทด และโจเซฟ ทอมสัน ผู้ค้นพบอิเล็กตรอน

ความก้าวหน้าในการวิจัยและพัฒนาด้านอิเล็กทรอนิกส์ เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1940 หลังจากทีหลอดสุญญากาศได้มีบทบาทที่สำคัญในงานอิเล็กทรอนิกส์ จึงได้มีการพัฒนาต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง โดยรัสเซล ชูแมคโอล์ห์ (Russell Shoemake Ohl) ได้ค้นพบผลึกซิลิกอนที่สามารถนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์ไดโอด นำไปสู่การคิดค้นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำออกมาเป็น **ทรานซิสเตอร์** ในปี ค.ศ. 1948 โดย วิลเลียมชอคลีย์ (William Bradford Shockley) วอลเตอร์ แบริตเทน (Walter H. Brattain) และจอห์น บาร์ดีน (John Bardeen) ซึ่งถูกนำมาใช้แทนที่หลอดสุญญากาศ ทำให้เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ มีขนาดเล็กและราคาถูกลง

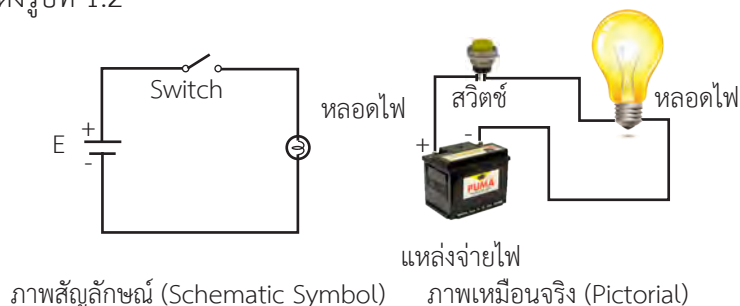
อย่างไรก็ตาม ก็ยังไม่เป็นที่พึงพอใจของอุตสาหกรรมเท่าไรนัก เนื่องจากการสร้างเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ยังคงต้องนำอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจำนวนมากมาต่อเชื่อมกันให้เป็นวงจรรวม ซึ่งเป็นงานที่ค่อนข้างยุ่งยาก จึงเกิดแนวความคิดที่จะทำให่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ถูกยุบรวมวงจรเข้าไปบนสารกึ่งตัวนำที่เป็นชิ้นเดียว และแล้ว ในปี ค.ศ. 1959 จิน เฮอร์นี (Jean Hoerni) และ โรเบิร์ต นอยซ์ (Robert Noyce) ก็สามารถพัฒนาแผงวงจรรวมที่เรียกกันว่า **ไอซี (Integrated Circuit : IC)** ได้เป็นผลสำเร็จ ต่อมาอีกเพียงปีเดียว แผงวงจรรวมดังกล่าวก็เริ่มเข้าไปแทนที่อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในช่วงต้น ๆ ของทศวรรษ 1960 นั้น วงจรรวมยังไม่มีควมซับซ้อนมาก โดยอาจมีทรานซิสเตอร์ประมาณ 20-200 ตัว ต่อแผ่นชิปหนึ่งแผ่น และเพิ่มขึ้นมาเป็น 200-5,000 ตัว ในช่วงปี 1970 ปัจจุบันนี้ แผงวงจรรวมพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างมาก แผงวงจรรวมสามารถบรรจุทรานซิสเตอร์นับเป็นล้าน ๆ ตัวได้



วงจรและการไหลของกระแสไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้า คือ เส้นทางเดินของสัญญาณไฟฟ้าหรือเส้นทางการเดินของอิเล็กตรอน การเดินทางของตัวนำไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอน

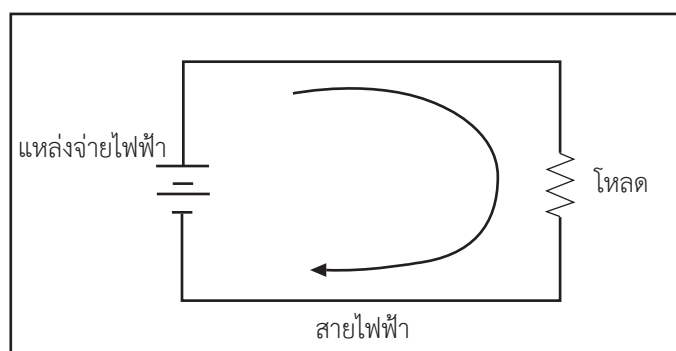
ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้ามี 3 ส่วน คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้า สายต่อวงจร และอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า **โหลด** ดังรูปที่ 1.2



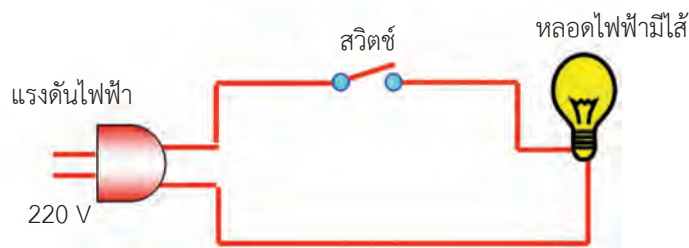
ที่มาภาพ : <http://www.kpp.ac.th>

รูปที่ 1.2 > ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า

แหล่งจ่ายไฟฟ้า คือ แหล่งจ่ายพลังงานที่จ่ายให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือไฟฟ้าเกิดการทำงาน โดยพลังงานที่จ่ายไปยังวงจร จะถูกส่งผ่านสายตัวนำไฟฟ้าหรือสายไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังไฟฟ้าผ่านไปยังโหลดหรืออุปกรณ์ ส่วน **โหลด** ก็คืออุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรต์ศน์ ตู้เย็น หลอดไฟฟ้า เตารีด ไมโครเวฟ เป็นต้น ส่วนวงจรไฟฟ้าที่ใช้งานจริง แสดงได้ดังรูปที่ 1.3 โดยสามารถเขียนสัญลักษณ์แสดงวงจรไฟฟ้าได้ ดังรูปที่ 1.4

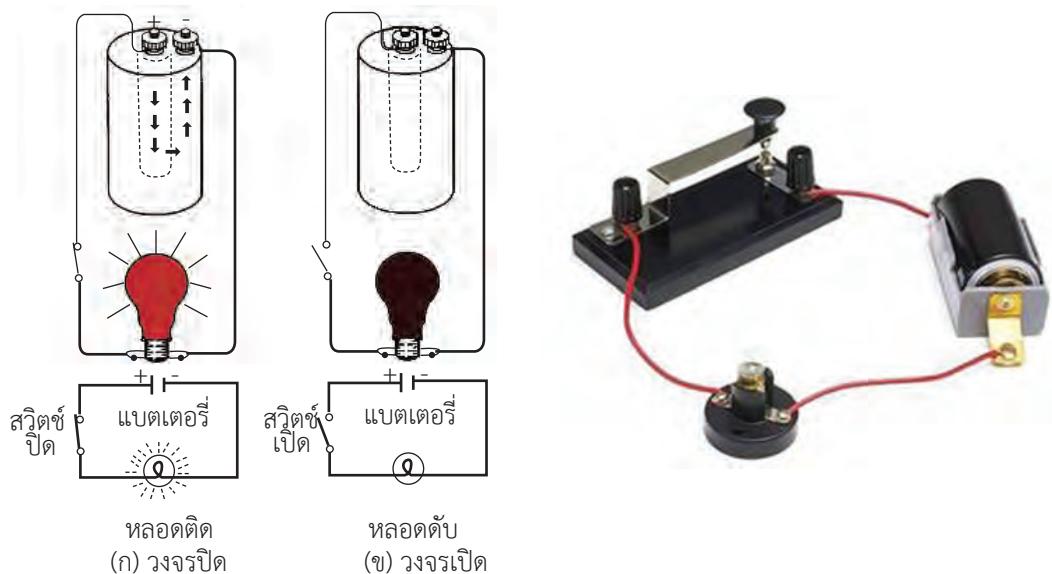


รูปที่ 1.3 > ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 1.4 > วงจรไฟฟ้า

การเดินทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบครบวงจร (Close Circuit) และแบบไม่ครบวงจร (Open Circuit) โดยมีสวิตช์ทำหน้าที่ในการปิดและเปิดวงจรการทำงาน การไหลของกระแสไฟฟ้าครบวงจร เรียกว่า **วงจรปิด** แสดงดังรูปที่ 1.5 (ก) ส่วนการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไม่ครบวงจร เรียกว่า **วงจรเปิด** ดังรูปที่ 1.5 (ข)



รูปที่ 1.5 > วงจรไฟฟ้าแบบครบวงจรและไม่ครบวงจร

ในกรณีที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกิดการเสียหาย หรือสายทองแดงเกิดการขาดวงจร ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร ก็จะเป็นวงจรเปิดได้เช่นกัน



วงจรไฟฟ้าสำหรับการใช้งานทั่วไป

สำหรับการใช้งานทั่วไป วงจรไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ วงจรอนุกรม วงจรขนาน และวงจรอนุกรมขนาน ซึ่งแต่ละวงจรจะมีรูปแบบที่ต่างกัน ดังนี้

วงจรอนุกรม

วงจรอนุกรมหรือลำดับ คือ วงจรไฟฟ้าที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อรวมกันมากกว่า 1 ตัว โดยอุปกรณ์ต่อเชื่อมกันในลักษณะปลายทางด้านหนึ่งของอุปกรณ์ต่อไปยังอีกปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวถัดไป จากนั้นนำปลายด้านที่เหลือของอุปกรณ์มาต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจนครบวงจร โดยมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในทิศทางเดียวกันตลอด ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 ตำแหน่งกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานต่าง ๆ ของวงจรอนุกรม

คุณสมบัติการทำงานของวงจรที่มีโหนดต่ออนุกรมหรือลำดับกัน มีดังนี้

1. ความต้านทานรวม (R_T) เท่ากับความต้านทานรวมแต่ละตัวในวงจรรวมกัน

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

2. กระแสไฟฟ้ารวม (I_T) เท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

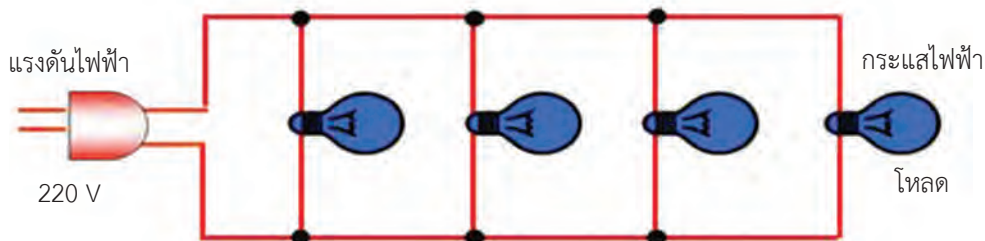
$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

3. แรงดันไฟฟ้ารวม (V_T) เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่คร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวนำมารวมกัน

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

วงจรขนาน

วงจรขนาน คือ วงจรไฟฟ้าที่นำมาต่อกันในลักษณะที่ปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานแต่ละตัวนำมาต่อเชื่อมกันและนำปลายที่เหลือของตัวต้านทานทั้งหมดอีกด้านหนึ่งนำมาต่อเชื่อมกันในลักษณะเดียวกัน จากนั้นนำปลายทั้งสองด้านที่ต่อเชื่อมกันแล้วมาต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟของวงจร ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 ตำแหน่งกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานต่าง ๆ ของวงจรขนาน

คุณสมบัติการทำงานของวงจรที่มีโหลดต่อขนานกัน มีดังนี้

1. ความต้านทานรวม (R_T) เท่ากับอัตราส่วนผกผันของความต้านทานรวมแต่ละตัวในวงจรรวมกัน

$$(1/R_T) = (1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3)$$

2. กระแสไฟฟารวม (I_T) เท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรแต่ละตัวนำมารวมกัน

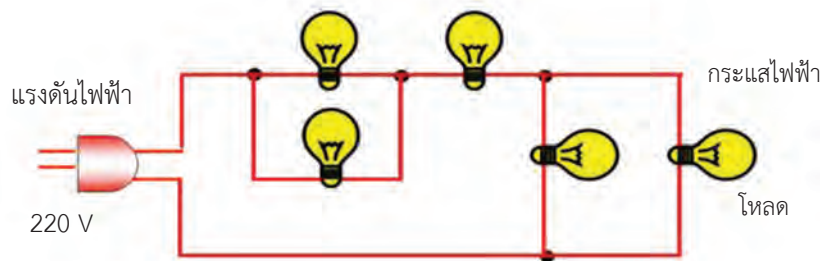
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

3. แรงดันไฟฟารวม (V_T) เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

วงจรแบบผสม

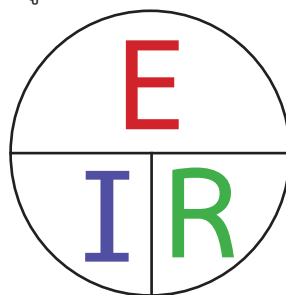
วงจรอนุกรมขนานหรือแบบผสม คือ วงจรไฟฟ้าที่ต่อรวมกันระหว่างวงจรอนุกรมและวงจรขนาน ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 > วงจรผสมหรือวงจรอนุกรมขนาน

สำหรับการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานของวงจรผสม ต้องพิจารณาถึงโหลดที่ต่อในวงจรนั้นว่ามีค่าใดบ้างที่ต่อแบบอนุกรม และค่าใดบ้างที่ต่อแบบขนาน จากนั้นนำค่าที่ต่อจากอนุกรมมาหาค่าของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานในแบบอนุกรม และนำค่าที่ต่อแบบขนานมาหาค่าของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานในแบบของวงจรขนาน ดังรูปที่ 1.8 โดยสามารถคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานได้จากกฎของโอห์ม

1. กฎของโอห์ม คือ จำนวนของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้า (I) เปลี่ยนแปลงตามค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ที่จ่ายให้กับวงจรนั้น แต่เปลี่ยนแปลงเป็นส่วนกลับกับความต้านทาน (R) ของไฟฟ้าในวงจร โดยสามารถเขียนกฎของโอห์มรูปวงกลม ดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 > กฎของโอห์มรูปวงกลม

จากกฎของโอห์มรูปวงกลม ดังรูปที่ 1.9 สามารถนำไปใช้คำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (I) และความต้านทาน (R) เพื่อแก้ปัญหาของวงจรอนุกรม วงจรขนาน และวงจรผสมที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งเขียนสมการได้ ดังนี้

$$I = \frac{E}{R} \quad R = \frac{E}{I} \quad E = IR$$

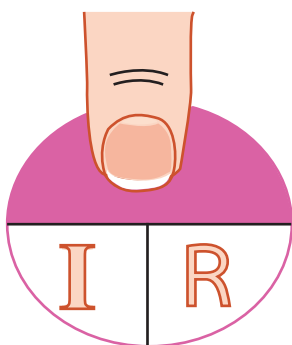
เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย แอมแปร์ (A)

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วย โวลต์ (V)

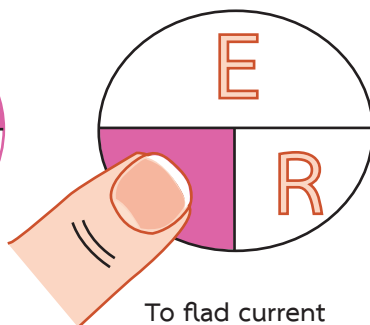
R คือ ความต้านทาน หน่วย โอห์ม (Ω)

2. การหา E, I, R ในรูปวงกลมกฎของโอห์ม การหาสมการที่สัมพันธ์กันระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน สามารถใช้เทคนิคง่าย ๆ โดยการใช้รูปวงกลมกฎของโอห์ม คือ

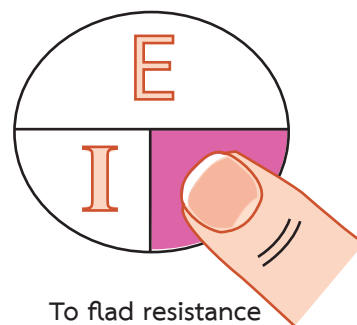
- เมื่อต้องการทราบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการหา เพียงนำปลายนิ้วปิดที่ตัวอักษร E ดังรูปที่ 1.10 (A) จะได้ตัวแปรกระแสไฟฟ้าคูณกับความต้านทาน ($I \times R$)
- เมื่อต้องการทราบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการหา เพียงนำปลายนิ้วปิดที่ตัวอักษร I ดังรูปที่ 1.10 (B) จะได้ตัวแปรแรงดันไฟฟ้าหารด้วยความต้านทาน (E/R)
- เมื่อต้องการทราบค่าความต้านทานที่ต้องการหา เพียงนำปลายนิ้วปิดที่ตัวอักษร R ดังรูปที่ 1.10 (C) จะได้ตัวแปรแรงดันไฟฟ้าหารด้วยกระแสไฟฟ้า (E/I)



To find voltage
(A)



To find current
(B)



To find resistance
(C)

รูปที่ 1.10 > การหา E, I, R ในกฎของโอห์มรูปวงกลม

กำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า คือ อัตราของการทำงานในหนึ่งหน่วยเวลา โดยกำลังต้องคิดสัมพันธ์กับเวลาเสมอ มีหน่วยเป็น **วัตต์ (Watt)**

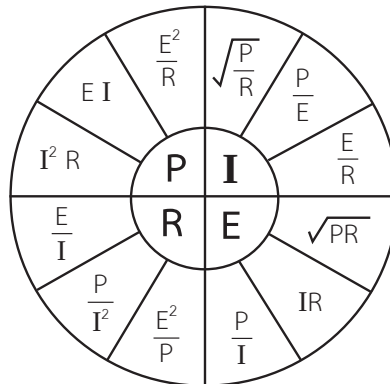
$$P = \frac{W}{t} \quad \text{และ} \quad P = EI$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์ (W)

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็นโวลต์ (V)

I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

สมการข้างต้น สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกฎของโอห์มกับกำลังไฟฟ้าได้ ดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 > วงกลมแสดงความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและกฎของโอห์ม

การใช้งานความสัมพันธ์ของสูตรวงกลม ดังรูปที่ 1.11 เช่น เมื่อต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้า จะได้สมการที่สัมพันธ์กับสมการกำลังไฟฟ้า คือ $I = P/E$, $I =$ รากที่สองของ P/R เป็นต้น

พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า คือ พลังงานที่ใช้ไปหรือสร้างขึ้นมาจากกำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น **กิโลวัตต์ - ชั่วโมง (Kilowatt - hour)** เราสามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าได้จากสมการดังนี้เมื่อ

$$W = Pt$$

W คือ พลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น จูล (J)

P คือ กำลังไฟฟ้า หน่วยเป็น วัตต์ (W)

t คือ เวลา หน่วยเป็น ชั่วโมง (H)

เมื่อแทนค่ากำลังไฟฟ้าด้วยหน่วยของกิโลวัตต์ และแทนค่าเวลาด้วยหน่วยของชั่วโมง จะได้หน่วยของพลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมงหรือยูนิต ซึ่ง $1 \text{ กิโลวัตต์} = 1,000 \text{ วัตต์}$ กล่าวคือ $1 \text{ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง}$