

ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพหนังสือเรียนอาชีวศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 ประกาศลำดับที่ 409

รหัสวิชา 20127-2009

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม

Industrial Sensors Fundamental



ผู้แต่ง บุญธรรม ภัทราจารกุล

143.-

ซีเอ็ด

รหัสวิชา 20127-2009

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม

Industrial Sensors Fundamental

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2569 จำนวน 3,000 เล่ม



บริษัท ซีเอดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

ค้นหาหนังสือที่ต้องการ (รวม e-book และสินค้าที่น่าสนใจ) ได้เร็ว ทันใจ

★ บน PC และ Notebook ที่ www.se-ed.com

★ สำหรับ Smartphone และ Tablet ทุกยี่ห้อ ที่ <http://m.se-ed.com>

(ผ่าน browser เข้าอินเทอร์เน็ตแล้วทำ Bookmark บนจอ Home จะใช้งานได้เหมือน App ทุกประการ)
หรือติดตั้ง SE-ED Application ได้จาก Play Store บน Android หรือจาก App Store บน iOS

เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม (Industrial Sensors Fundamental)

โดย บุญธรรม ภัทราจารกุล

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย โดย บุญธรรม ภัทราจารกุล © พ.ศ. 2569

ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำการอื่นใด โดยวิธีการใด ๆ ในรูปแบบใด ๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใด ๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

บุญธรรม ภัทราจารกุล.

เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม. --กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2569.

1. อุปกรณ์ตรวจจับ.

I. ชื่อเรื่อง.

681.2

ISBN : (e-book) 978-616-08-5677-0

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เลขที่ 1858/87-90 ถนนเทพรัตน แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260

โทรศัพท์ 0-2826-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com]

อ้างอิงมาตรฐาน

คำแนะนำของ อ.กรอ.อศ. กลุ่มอาชีพเมคคาทรอนิกส์ หุ่นยนต์ และระบบอัตโนมัติ

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

วัดและทดสอบคุณสมบัติของเซนเซอร์ทางอุตสาหกรรม คุณลักษณะพื้นฐาน โครงสร้าง สัญลักษณ์ การทำงานของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ชุดควบคุม เลือกใช้งาน และบำรุงรักษา

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการทำงานและลักษณะสมบัติของเซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม
2. สามารถเลือกใช้งาน วัด ทดสอบและบำรุงรักษาเซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความรับผิดชอบ รอบคอบ ปลอดภัย
4. สามารถประยุกต์ใช้เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรมร่วมกับระบบอัตโนมัติ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานและลักษณะสมบัติของเซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม
2. เลือก ต่อใช้งานเซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม
3. ปรับตั้ง วัด ทดสอบและบำรุงรักษาเซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม
4. ประยุกต์ใช้เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรมร่วมกับระบบอัตโนมัติ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงานของทางอุตสาหกรรม คุณลักษณะพื้นฐาน โครงสร้าง สัญลักษณ์ หลักการทำงาน ปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ เลือกใช้งาน ต่อ วัด ทดสอบของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม แบบแอนะล็อก ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซ สัญญาณมาตรฐาน ตัวตรวจจับตำแหน่ง ความเร็ว ลิimitsวิตช์ เซนเซอร์ความดัน เซนเซอร์การไหล เซนเซอร์ระดับ พร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ โพโต้เซนเซอร์ โพเทนชิโอมิเตอร์ เอ็นโค้ดเดอร์ อุลตราโซนิกส์ สเตนเกจ ไทลด์ เซล เทอร์มิสเตอร์ อาร์ทีดีและเทอร์โมคัปเปิล เซนเซอร์บาร์โค้ด เซนเซอร์ RFID เซนเซอร์ Vision เซนเซอร์แบบ IO Link และบำรุงรักษาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม หลักการติดตั้งเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์บนกริปเปอร์



คำนำ

ระบบการวัดจะประกอบด้วยเซนเซอร์ (Sensors) และทรานสดิวเซอร์ (Transducers) และแอกทูเอเตอร์ (Actuators) ซึ่งปัจจุบันจะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ มากมายหลายแบบ ในการเลือกใช้งาน จึงค่อนข้างยากที่นักออกแบบระบบเมคคาทรอนิกส์จะเลือกใช้เซนเซอร์ หรือทรานสดิวเซอร์และแอกทูเอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องเรียนรู้หลักการทำงานของเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป

เซนเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณทางฟิสิกส์ และเปลี่ยนสัญญาณอินพุตที่เป็นปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณแบบแอนะล็อกหรือแบบดิจิทัลที่สัมพันธ์กับปริมาณที่ตรวจวัด เช่น แรงดันไฟฟ้า ความจุ ความเหนียวนำ และความต้านทาน เซนเซอร์มีส่วนร่วมอย่างมากในกระบวนการผลิตอัตโนมัติที่ทันสมัย ลดความต้องการแรงงานที่มีทักษะและมีประสบการณ์ เซนเซอร์สามารถตรวจจับปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิต และหยุดสายการผลิตได้โดยอัตโนมัติ ตลอดจนการตรวจสอบกระบวนการผลิตให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ มีความถูกต้อง และมีความแม่นยำสูง

ทรานสดิวเซอร์ คืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณปริมาณทางฟิสิกส์ที่ไม่ใช่ทางไฟฟ้า เช่น อุณหภูมิ แสง เสียง ไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน ความจุ ในระบบการตรวจวัดอาจใช้ทรานสดิวเซอร์แทนเซนเซอร์ ดังนั้นเซนเซอร์ก็คือทรานสดิวเซอร์

วิชาเซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม เป็นการศึกษาการทำงานของเซนเซอร์และ
ทรานสดิวเซอร์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเนื้อหาวิชาในหนังสือ **เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม** รหัสวิชา
20127-2009 เล่มนี้ เรียบเรียงขึ้นตามคำอธิบายรายวิชา ในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ
(ปวช.) สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการ
การอาชีวศึกษา มีเนื้อหาที่ตรงและครบถ้วนตามหลักสูตรพร้อมใบงาน

หากหนังสือเล่มนี้มีข้อผิดพลาดหรือมีคำแนะนำใด ๆ กรุณาติดต่อมายังผู้เขียนได้
โดยตรงที่ boontham_patraja@yahoo.com เพื่อที่ผู้เขียนจะได้้นำคำแนะนำเหล่านั้นมา
ปรับปรุงหรือเพิ่มเติมในการเขียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่ม
นี้จะให้ความรู้และเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกท่าน และขออุทิศความดี ความสมบูรณ์ ของ
หนังสือเล่มนี้ให้แก่ บิดามารดาผู้ให้กำเนิดและเป็นครูคนแรกที่เคารพรักเทิดทูนอย่างสูงยิ่ง
และครูอาจารย์ผู้ประศาสน์วิชาทุก ๆ ท่าน

บุญธรรม ภัทราจารกุล

ดาวน์โหลดแผนการสอน เฉลย

และใบงานเพิ่มเติมได้ที่

<https://download.se-ed.com>



สารบัญ

บทเรียนที่ 1 เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และแอคทูเอเตอร์	
(Sensors, Transducers and Actuators).....	1
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 1	3
1.1 เซนเซอร์ (Sensors).....	5
1.2 ทรานสดิวเซอร์ (Transducers).....	8
1.3 แอคทูเอเตอร์ (Actuators)	10
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 1	13
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 1.....	14
บทเรียนที่ 2 ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐาน	
(Sink and Source Digital and Standard Signals).....	17
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 2	19
2.1 วงจรลอจิก (Logic Circuits)	21
2.2 สัญญาณมาตรฐาน (Standard Signals)	23
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 2	30
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 2.....	32

บทเรียนที่ 3 ตัวตรวจจับตำแหน่งและความเร็ว (Displacement Sensors and Velocity Sensors)	35
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 3	37
3.1 เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่ง (Displacement Sensors).....	39
3.2 เซนเซอร์ตรวจจับความเร็ว (Speed/Velocity Sensors).....	44
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 3	50
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 3.....	51
ใบงานบทเรียนที่ 3 การวัดความเร็วรอบด้วยดีซีเทคโคเจนเนอเรเตอร์.....	53
ใบงานบทเรียนที่ 3 การใช้เครื่องวัดความหนาอุลตราโซนิก	60
บทเรียนที่ 4 ลิ้มิตสวิตช์ (Limit Switch)	69
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 4	71
4.1 สวิตช์ไฟฟ้า (Switches).....	73
4.2 รีเลย์ (Relay)	75
4.3 โครงสร้างและการทำงานของลิ้มิตสวิตช์ (Construction and operating of Limit Switch).....	77
4.4 สัญลักษณ์ของลิ้มิตสวิตช์ (Symbol of Limit Switch).....	79
4.5 หลอดไฟแสดงสถานะ (Indicating Lights).....	80
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 4	81
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 4.....	82
ใบงานบทเรียนที่ 4 การกลับทางหมุนของดีซีมอเตอร์ด้วยลิ้มิตสวิตช์.....	84
บทเรียนที่ 5 เซนเซอร์ความดัน (Pressure Sensors)	91
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 5	93
5.1 ชนิดของความดัน (Types of Pressure).....	96
5.2 เซนเซอร์ความดัน (Pressure Sensors).....	97
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 5	102
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 5.....	103
ใบงานบทเรียนที่ 5 การวัดความดันด้วยเซนเซอร์ความดัน.....	105

บทเรียนที่ 6 เซนเซอร์ของไหล (Flow Sensors)	113
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 6	115
6.1 ของไหล (Fluid).....	117
6.2 จำนวนเลขเรย์โนลด์ส (Reynolds Number)	120
6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของของไหลในท่อ (Factors Affecting Flow of Fluid in Tubes).....	121
6.4 เซนเซอร์ของไหลแบบกังหัน (Turbine Flow Sensors).....	122
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 6	124
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 6.....	125
ใบงานบทเรียนที่ 6 การวัดของไหลด้วยเซนเซอร์ของไหล	127
บทเรียนที่ 7 เซนเซอร์ระดับ (Level Sensors).....	135
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 7	137
7.1 เซนเซอร์ระดับแบบจุด (Point Level Sensors)	139
7.2 เซนเซอร์ระดับแบบต่อเนื่อง (Continuous Level Sensors)	144
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 7	150
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 7.....	151
ใบงานบทเรียนที่ 7 การวัดระดับแบบจุดด้วยเซนเซอร์ระดับ	153
บทเรียนที่ 8 พร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensors)	161
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 8	163
8.1 เซนเซอร์เหนี่ยวนำ (Inductive Sensors).....	165
8.2 เซนเซอร์เก็บประจุ (Capacitive Sensors)	171
8.3 การออกแบบเซนเซอร์พร็อกซิมีตี้ (Design of Proximity Sensors)	177
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 8	181
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 8.....	182
ใบงานบทเรียนที่ 8 การต่อสายไฟใช้งานเซนเซอร์เหนี่ยวนำชนิด PNP-NO และชนิด NPN-NO	184

บทเรียนที่ 9 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric Sensors).....	191
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 9	193
9.1 ส่วนประกอบของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Element of Photoelectric Sensors).....	195
9.2 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric Sensors).....	197
9.3 เซนเซอร์แสงแบบ Light ON หรือ Dark ON	200
9.4 ข้อดีและข้อเสียของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Advantages and Disadvantages of Optical Sensors)	202
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 9	203
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 9.....	204
ใบงานบทเรียนที่ 9 การใช้งานเซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด	206
บทเรียนที่ 10 โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer)	211
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 10.....	213
10.1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Circuit).....	215
10.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider)	216
10.3 โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer).....	220
10.4 โปเทนชิโอมิเตอร์ทรานสดิวเซอร์ (Potentiometer Transducers)	221
10.5 ข้อดีและข้อเสียของโปเทนชิโอมิเตอร์ทรานสดิวเซอร์ (Advantages and Disadvantages of Potentiometer Transducers).....	221
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 10	223
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 10	224
ใบงานบทเรียนที่ 10 การควบคุมเซอร์วอมอเตอร์ด้วยโปเทนชิโอมิเตอร์ ด้วยบอร์ด Arduino	226

บทเรียนที่ 11 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)	233
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 11	235
11.1 อินครีเมนตอลเอ็นโค้ดเดอร์ (Incremental Encoder)	237
11.2 การออกแบบอินครีเมนตอลเอ็นโค้ดเดอร์ (Configuration of Incremental Encoder)	237
11.3 การทำงานของอินครีเมนตอลเอ็นโค้ดเดอร์	239
11.4 ความละเอียดของสัญญาณพัลส์/รอบ (Resolution of Pulse Per Revolution).....	243
11.5 ข้อดีและข้อเสียของอินครีเมนตอลเอ็นโค้ดเดอร์ (Advantages and Disadvantages of Incremental Encoder)	243
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 11	244
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 11	245
ใบงานบทเรียนที่ 11 การวัดความเร็วรอบด้วยอินครีเมนตอลเอ็นโค้ดเดอร์ ...	247
บทเรียนที่ 12 อุลตราโซนิกเซนเซอร์ (Ultrasonic Sensors)	255
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 12	257
12.1 ชนิดของอุลตราโซนิกเซนเซอร์ (Types of Ultrasonics Sensors)	259
12.2 ข้อดีและข้อเสียของอุลตราโซนิกเซนเซอร์ (Advantages and Disadvantages of Ultrasonic Sensors).....	263
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 12	265
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 12	266
ใบงานบทเรียนที่ 12 การวัดระยะทางด้วยอุลตราโซนิกเซนเซอร์โมดูล HC-SR04.....	268
บทเรียนที่ 13 สเตรนเกจและโหลดเซลล์ (Strain Gauges and Load Cell)	275
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 13	277
13.1 สเตรนเกจ (Strain Gauges)	279
13.2 โหลดเซลล์ (Load Cell)	289

แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 13	293
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 13	294
ใบงานบทเรียนที่ 13 การสอบเทียบและการใช้งานเครื่องชั่ง สเตรนเกจโหลดเซลล์	296

บทเรียนที่ 14 เทอร์มิสเตอร์ อาร์ทีดีและเทอร์โมคัปเปิล

(Thermistor RTD and Thermocouple).....311

แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 14	313
14.1 อุณหภูมิ (Temperature)	315
14.2 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)	318
14.3 อาร์ทีดี (Resistance Temperature Detector; RTD)	321
14.4 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)	324
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 14	333
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 14	334
ใบงานบทเรียนที่ 14 การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC	336

บทเรียนที่ 15 เซนเซอร์บาร์โค้ดและคิวอาร์โค้ด

(Bar Code and QR Code Sensor)343

แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 15	345
15.1 หลักการของบาร์โค้ด (Principle of Bar Code)	347
15.2 บาร์โค้ดแสดงตัวเลขระหว่าง 0 ถึง 9 (Barcode Represent Numbers Between 0 and 9)	348
15.3 มาตรฐานบาร์โค้ด (Barcode Standards)	349
15.4 เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader)	355
15.5 คิวอาร์โค้ด (QR Code)	356
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 15	364
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 15	365
ใบงานบทเรียนที่ 15 การตั้งค่าเครื่องสแกนบาร์โค้ด และคิวอาร์โค้ดเบื้องต้น	367

บทเรียนที่ 16 เซนเซอร์ RFID	
(Radio–Frequency Identification Sensor).....	371
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 16.....	373
16.1 ระบบ RFID (RFID System).....	375
16.2 ย่านความถี่ของ RFID (RFID Frequency Bands).....	377
16.3 การทำงานของ RFID (RFID Work).....	377
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 16.....	379
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 16.....	380
ใบงานบทเรียนที่ 16 การอ่านคีย์การ์ด RFID ด้วยเซนเซอร์ RFID	382
บทเรียนที่ 17 เซนเซอร์ Vision (Vision Sensor).....	391
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 17.....	393
17.1 องค์ประกอบของระบบการมองเห็นของเครื่องจักร.....	395
17.2 การทำงานของระบบการมองเห็นของเครื่องจักร.....	396
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 17	398
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 17	399
ใบงานบทเรียนที่ 17 การ Upload บอร์ด ESP32 CAM เบื้องต้น.....	401
บทเรียนที่ 18 เซนเซอร์ IO Link.....	409
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 18.....	411
18.1 ระบบ IO Link.....	413
18.2 การทำเซนเซอร์ทั่วไปให้เป็นเซนเซอร์อัจฉริยะ	415
18.3 ข้อดีของ IO Link.....	416
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 18.....	417
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 18	418

บทเรียนที่ 19 การบำรุงรักษาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม (Industrial Sensor and Transducer Maintenance).....	421
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 19.....	423
19.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventative Maintenance ; PM).....	425
19.2 การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Maintenance ; CM).....	430
19.3 การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance ; PDM)	431
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 19	434
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 19.....	435
 บทเรียนที่ 20 หลักการติดตั้งเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในกริปเปอร์ (Principles of Installing Sensors and Transducers in Grippers) ..	437
แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 20.....	439
20.1 การวางแผนก่อนการติดตั้ง.....	441
20.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต.....	441
20.3 การจัดทำแผนการติดตั้ง	441
20.4 การเลือกประเภทของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์.....	442
20.5 วิธีการติดตั้ง.....	442
20.6 การปรับแต่งหลังการติดตั้ง.....	444
20.7 การประเมินความเสี่ยงและมาตรการความปลอดภัย.....	445
20.8 การจัดทำเอกสาร	445
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 20	446
แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 20	447
 บรรณานุกรม	449

เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และแอคทูเอเตอร์ (Sensors, Transducers and Actuators)

สาระสำคัญบทเรียนที่ 1

การวัดเป็นระบบย่อยที่สำคัญของระบบเมคาทรอนิกส์ การวัดเป็นหน้าที่หลักของการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของระบบและป้อนข้อมูลนั้นให้กับระบบเพื่อควบคุมระบบทั้งหมด

ระบบการวัด จะประกอบด้วยเซนเซอร์ (Sensors) หรือตัวตรวจรู้ ทรานสดิวเซอร์ (Transducers) หรือตัวแปลง และแอคทูเอเตอร์ (Actuators) ซึ่งนักออกแบบระบบเมคาทรอนิกส์จะเลือกใช้เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และแอคทูเอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องเรียนรู้หลักการการทำงานของเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป

จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจชนิดของเซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และแอคทูเอเตอร์
2. มีทักษะในการเลือกใช้เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และแอคทูเอเตอร์ชนิดต่าง ๆ
3. มีเจตคติและกิริยานิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความรับผิดชอบ รอบคอบปลอดภัย
4. สามารถประยุกต์ใช้เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์และแอคทูเอเตอร์ชนิดต่าง ๆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายเซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และแอคทูเอเตอร์ได้ถูกต้อง
2. เลือกใช้เซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์และแอคทูเอเตอร์ชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง
3. ทำงานด้วยความรับผิดชอบ ถูกต้อง รอบคอบปลอดภัย
4. ประยุกต์ใช้เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และแอคทูเอเตอร์ชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

ผลลัพธ์การเรียนรู้

1. ตรงต่อเวลา รักษาวินัย ชยัน วิริยะ อุตสาหะ เข้าใจหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและจิตอาสา
2. อธิบายชนิดของเซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์และแอกทูเอเตอร์
3. เลือกใช้เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์และแอกทูเอเตอร์ชนิดต่าง ๆ
4. ประยุกต์ใช้เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์และแอกทูเอเตอร์ชนิดต่าง ๆ

เนื้อหาสาระ

ศึกษาหลักการทำงานของเซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และแอกทูเอเตอร์



แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × เลือกคำตอบที่ถูกต้องลงในกระดาษคำตอบ

1. อินพุตเข้าเซนเซอร์ได้แก่อะไร

- ก. แรงดันไฟฟ้า
- ข. กระแสไฟฟ้า
- ค. ความต้านทาน
- ง. ความเร็ว

2. เอาต์พุตออกจากเซนเซอร์ได้แก่อะไร

- ก. แรงดันไฟฟ้า
- ข. ความเร็ว
- ค. ความเร่ง
- ง. อุณหภูมิ

3. เซนเซอร์แบบแอคทีฟทำงานอย่างไร

- ก. ไม่ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ข. เมื่อมีการกระตุ้น
- ค. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ง. สร้างพลังงานไฟฟ้าได้เองเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก

4. เซนเซอร์แบบพาสซีฟทำงานอย่างไร

- ก. ต้องการกำลังงานไฟฟ้า
- ข. เมื่อมีการกระตุ้น
- ค. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ง. สร้างพลังงานไฟฟ้าได้เองเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก

5. เซนเซอร์แบบแอนะล็อกทำงานอย่างไร

- ก. แบบ ON – OFF
- ข. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ค. ไม่ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ง. มีแรงดันไฟฟ้าออกมาอย่างต่อเนื่อง

6. เซนเซอร์แบบดิจิทัลทำงานอย่างไร

- ก. แบบ ON – OFF
- ข. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ค. ไม่ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ง. มีแรงดันไฟฟ้าออกมาอย่างต่อเนื่อง

7. ทรานสดิวเซอร์แบบแอคทีฟทำงานอย่างไร

- ก. ผลิตสัญญาณโดยไม่ต้องกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ข. เมื่อมีการกระตุ้น
- ค. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ง. ไม่สร้างพลังงานไฟฟ้าเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก

8. ทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟทำงานอย่างไร

- ก. ต้องการกำลังงานไฟฟ้า
- ข. เมื่อมีการกระตุ้น
- ค. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเพื่อผลิตสัญญาณ
- ง. สร้างพลังงานไฟฟ้าได้เองเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก

9. แยกทูเอเตอร์ทางไฟฟ้าได้แก่อะไร

- | | |
|-----------------|----------------|
| ก. มอเตอร์ไฟฟ้า | ข. เครื่องยนต์ |
| ค. แม่แรง | ง. เลื่อย |

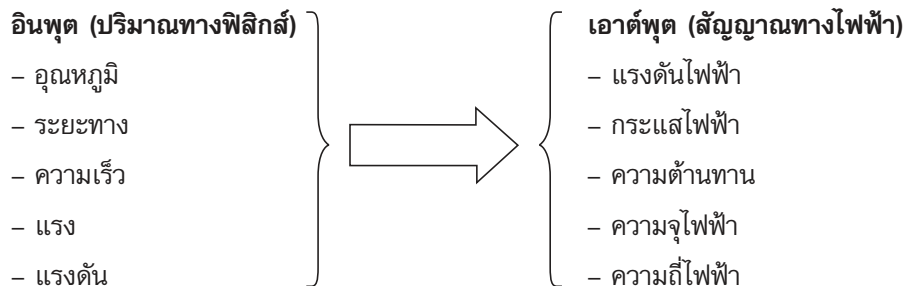
10. แยกทูเอเตอร์ทางกลได้แก่อะไร

- | | |
|-----------------|----------------|
| ก. มอเตอร์ไฟฟ้า | ข. เครื่องยนต์ |
| ค. แม่แรง | ง. เลื่อย |

ระบบการวัดประกอบด้วยเซนเซอร์ (Sensors) หรือตัวตรวจรู้ และทรานสดิวเซอร์ (Transducers) หรือตัวแปลง และแอคทูเอเตอร์ (Actuators) ซึ่งปัจจุบันมีอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้มากมายหลายแบบในการเลือกใช้งานจึงค่อนข้างยากที่นักออกแบบระบบเมคาทรอนิกส์จะเลือกใช้เซนเซอร์ หรือทรานสดิวเซอร์ และแอคทูเอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องเรียนรู้หลักการทำงานของเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป

1.1 เซนเซอร์ (Sensors)

เซนเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณทางฟิสิกส์ และเปลี่ยนสัญญาณอินพุตที่เป็นปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณแบบแอนะล็อกหรือแบบดิจิทัลที่สัมพันธ์กับปริมาณที่ตรวจวัด เช่น แรงดันไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า ความเหนี่ยวนำไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.1

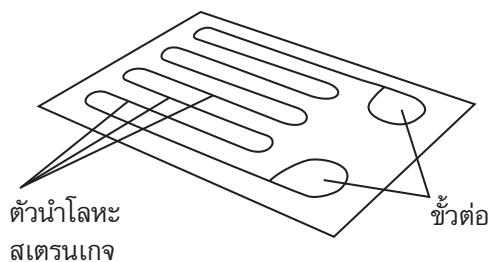


รูปที่ 1.1 อินพุตและเอาต์พุตของเซนเซอร์

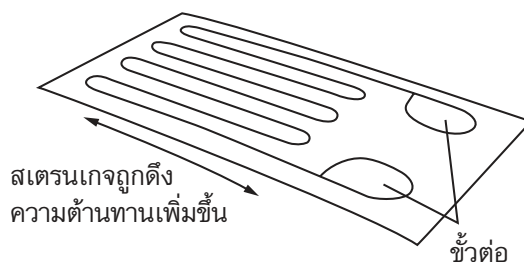
1.1.1 การแบ่งประเภทของเซนเซอร์ (Classification of Sensors)

เซนเซอร์เพื่อการใช้งานในระบบเมคาทรอนิกส์และการผลิต สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่

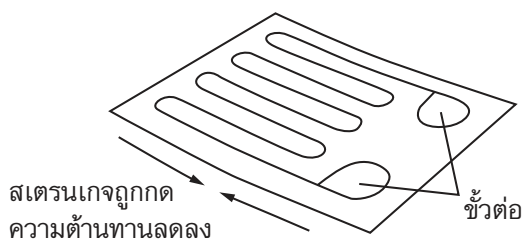
1. เซนเซอร์แบบแอคทีฟ (Active Sensors) เซนเซอร์แบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกให้กับเซนเซอร์เรียกว่า **สัญญาณกระตุ้น** ซึ่งเมื่อเซนเซอร์ทำงานตอบสนองต่อผลลัพธ์ภายนอกจะเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานหรือกระแสไฟฟ้า หรือแรงดันไฟฟ้า หรือความถี่ออกมา เมื่อสมบัติของตัวมันเปลี่ยนไปตามการตอบสนองต่อผลลัพธ์ภายนอก ตัวอย่างเช่น สเตรนเกจ (Strain Gauge) ซึ่งเกิดการเสียรูป จะทำให้ความต้านทานภายในตัวสเตรนเกจเกิดการเปลี่ยนแปลง ความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงนี้จะถูกนำไปใช้ในการตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 1.2



(ก) สเตรนเกจตำแหน่งปกติ



(ข) สเตรนเกจตำแหน่งถูกดึง



(ค) สเตรนเกจตำแหน่งถูกกด

รูปที่ 1.2 สเตรนเกจ

2. เซนเซอร์แบบพาสซีฟ (Passive Sensors) เซนเซอร์แบบนี้ไม่ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอกหรือแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นให้กับเซนเซอร์ เซนเซอร์แบบพาสซีฟจะสร้างสัญญาณเอาต์พุตออกมาเองเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก ตัวอย่างเช่น เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ที่สร้างแรงดันไฟฟ้าออกมา เมื่อสัมผัสกับความร้อน เซนเซอร์แบบพาสซีฟจะเปลี่ยนสมบัติทางฟิสิกส์ เช่น ความต้านทาน ความจุ หรือความเหนียว นำ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 เทอร์โมคัปเปิล

1.1.2 เซนเซอร์แบบแอนะล็อกและเซนเซอร์แบบดิจิทัล (Analog and Digital Sensors)

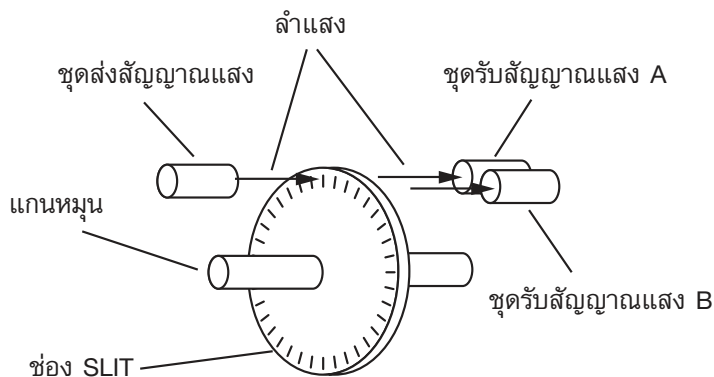
เซนเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณทางกายภาพ เช่น เคมี ความดัน อุณหภูมิ ตำแหน่ง แรง ความร้อน การไหล แสง เสียง ความเร็ว และแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็นเซนเซอร์แบบแอนะล็อกและแบบดิจิทัล

1. เซนเซอร์แบบแอนะล็อก (Analog Sensors) จะผลิตสัญญาณเอาต์พุตหรือแรงดันไฟฟ้าออกมาอย่างต่อเนื่องเป็นสัดส่วนตรงกับปริมาณที่วัดได้ ปริมาณทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความเร็ว ความดัน ความเค้น ความเครียด ระยะทาง เป็นต้น ซึ่งปริมาณทางกายภาพที่ต่อเนื่องตามธรรมชาตินี้คือ ปริมาณแบบแอนะล็อก ตัวอย่างเช่น เทอร์โมมิเตอร์ หรือเทอร์โมคัปเปิล จะแสดงอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้อย่างต่อเนื่องเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดลง ดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 เทอร์โมมิเตอร์

2. เซนเซอร์แบบดิจิทัล (Digital Sensors) จะผลิตสัญญาณเอาต์พุตในรูปของลอจิก 1 หรือลอจิก 0 (ON หรือ OFF) ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลหรือแรงดันไฟฟ้าแบบไม่ต่อเนื่องตามปริมาณที่ตรวจวัดได้ ซึ่งอาจจะส่งออกมาเป็นบิตเดียว (bit) หรือหลายบิต หรือไบต์เดียว (byte) ตัวอย่างเช่น เซนเซอร์โรตารีเอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder Sensor) ซึ่งเมื่อแผ่นจานหมุน แสงที่ลอดผ่านรูเจาะได้จะอยู่ในสภาวะลอจิก 1 หรือ ON และเมื่อแสงไม่สามารถลอดผ่านรูเจาะได้จะอยู่ในสภาวะลอจิก 0 หรือ OFF ดังแสดงในรูปที่ 1.5

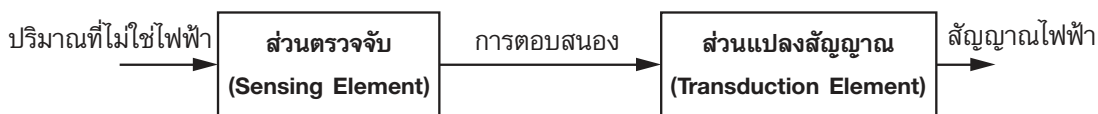


รูปที่ 1.5 เซนเซอร์โรตารีเอ็นโค้ดเดอร์

1.2 ทรานสดิวเซอร์ (Transducers)

ทรานสดิวเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์ที่ไม่ใช่ทางไฟฟ้า เช่น อุณหภูมิ แสง และเสียง แล้วแปลงไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน ความจุ ทรานสดิวเซอร์ถูกใช้ในชีวิตประจำวัน ในระบบการตรวจวัดอาจใช้ทรานสดิวเซอร์แทนเซนเซอร์ ดังนั้นเซนเซอร์ก็คือ ทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ **ส่วนตรวจจับ (Sensing Element)** ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณทางฟิสิกส์และการตอบสนอง โดยจะเป็นส่วนหนึ่งของเซนเซอร์ และ **ส่วนแปลงสัญญาณ (Transduction Element)** โดยที่เอาต์พุตของส่วนตรวจจับจะถูกส่งผ่านไปยังส่วนแปลงสัญญาณ ส่วนแปลงสัญญาณนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณที่ไม่ใช่ไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าด้วยสัดส่วนตรง ทรานสดิวเซอร์จึงทำหน้าที่ทั้งตรวจจับและแปลงสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 โครงสร้างของทรานสดิวเซอร์

1.2.1 ตัวอย่างของทรานสดิวเซอร์ (Examples of Transducers) ได้แก่

1. เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) คือเซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แล้วผลิตแรงดันไฟฟ้าตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และจะเป็นทรานสดิวเซอร์เมื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าตามค่าอุณหภูมิต่าง ๆ

2. ไมโครโฟน (Microphone) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่เปลี่ยนคลื่นเสียงไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

3. ลำโพง (Speaker) เป็นอุปกรณ์กำเนิดเสียง โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับมาจากไมโครโฟนเป็นพลังงานเสียงตามสัญญาณทางไฟฟ้า

4. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับแสงแดดแล้วเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

5. หลอดไส้ (Incandescent Light Lamp) เป็นหลอดไฟฟ้าที่ผลิตแสงด้วยการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำจนร้อนที่อุณหภูมิสูง และเกิดการเรืองแสง ดังนั้นหลอดไส้จึงเป็นทรานสดิวเซอร์ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงและความร้อน

6. มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) คือทรานสดิวเซอร์ เพราะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่

1.2.2 ชนิดของทรานสดิวเซอร์แบ่งตามการใช้พลังงาน มี 2 ชนิด ได้แก่

1. ทรานสดิวเซอร์แบบแอกทีฟ (Active Transducers) คือทรานสดิวเซอร์ที่สามารถผลิตสัญญาณเอาต์พุตในรูปของแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า โดยไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก ตัวอย่างเช่น เทอร์โมคัปเปิล

2. ทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟ (Passive Transducers) คือทรานสดิวเซอร์ที่ไม่สามารถทำงานได้หากไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก และจะผลิตสัญญาณเอาต์พุตในรูปของพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ไมโครโฟน และลำโพง

1.2.3 แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่แปลง มี 2 ชนิด ได้แก่

1. ทรานสดิวเซอร์แบบแอนะล็อก (Analog Transducers) คือทรานสดิวเซอร์ที่เปลี่ยนปริมาณอินพุตเป็นเอาต์พุตอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น สเตรนเกจ เทอร์โมคัปเปิล และเทอร์มิสเตอร์

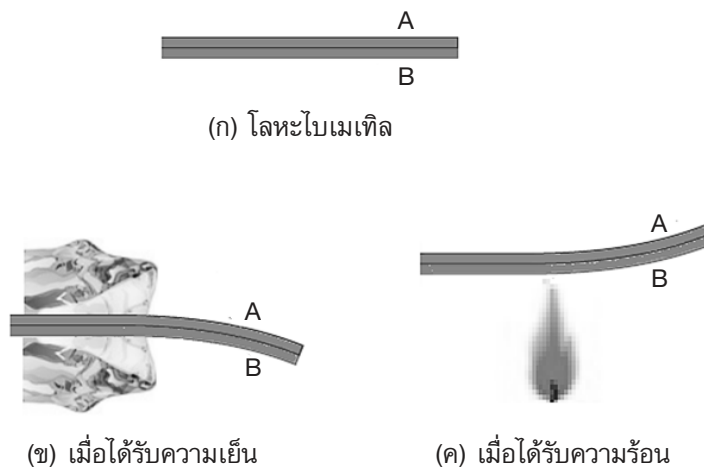
2. ทรานสดิวเซอร์แบบดิจิทัล (Digital Transducers) คือทรานสดิวเซอร์ที่เปลี่ยนปริมาณอินพุตให้เป็นเอาต์พุตในรูปของสัญญาณพัลส์ หรือในรูปของลอจิก 1 หรือลอจิก 0 (ON หรือ OFF) ตัวอย่างเช่น โฟโตเซลล์ (Photocells) และระบบแสง

1.3 แอกทูเอเตอร์ (Actuators)

แอกทูเอเตอร์คือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบต่าง ๆ ให้เป็นการเคลื่อนที่หรือพลังงานกล ดังนั้นแอกทูเอเตอร์ก็คือ ทรานสดิวเซอร์แบบเฉพาะเจาะจง

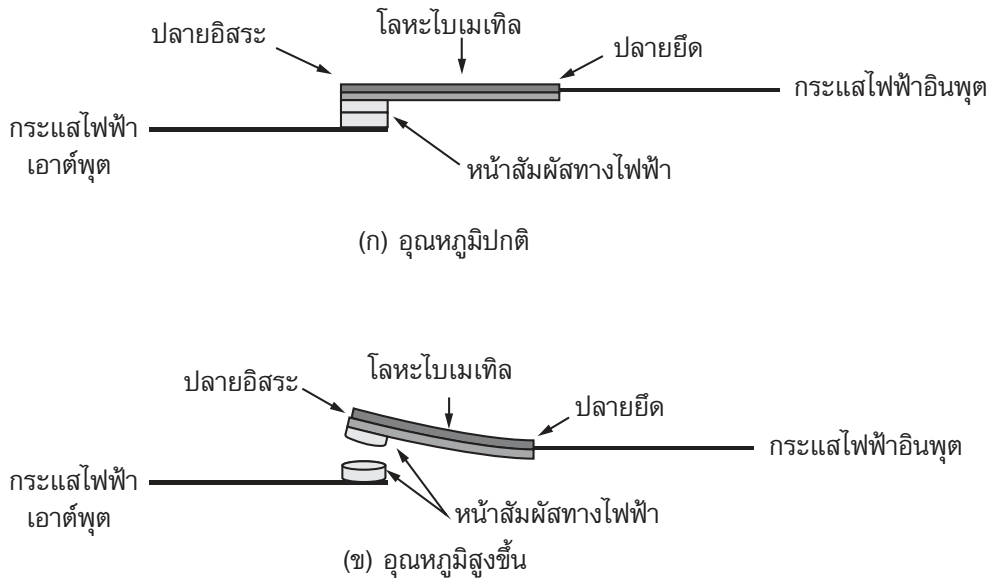
1.3.1 แอกทูเอเตอร์ทางความร้อน (Thermal Actuators)

แอกทูเอเตอร์ความร้อนชนิดหนึ่งคือ แถบโลหะไบเมทัลลิก (Bimetallic Strip) ที่มีโลหะ 2 ชนิดประกบติดกันแนบสนิท อุปกรณ์นี้จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นการเคลื่อนที่โดยตรง โดยเป็นผลจากการขยายตัวทางความร้อน จากการที่โลหะทั้งสองจะมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวไม่เท่ากันเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นเมื่อโลหะไบเมทัลลิกได้รับความร้อนหรือความเย็น จะทำให้โลหะไบเมทัลลิกเกิดการโก่งงอ ดังแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 การขยายตัวของโลหะไบเมทัลลิก
(ที่มา: บุญธรรม ภัทรจารุกุล, 2569)

แถบโลหะไบเมทัลใช้ประโยชน์จากการขยายตัวทางความร้อนเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ คือ เทอร์โมสแตตที่มีการติดตั้งหน้าสัมผัสอยู่กับที่ และหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ที่ปลายของแถบโลหะไบเมทัลใช้ในการตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 การทำงานของโลหะไบเมทัลในการตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า
(ที่มา: บุญธรรม ภัทรจารกุล, 2569)

1.3.2 แอคทูเอเตอร์ทางไฟฟ้า (Electrical Actuators)

แอคทูเอเตอร์ทางไฟฟ้า ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะทำงานโดยมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดและสร้างสนามแม่เหล็กกรอบ ๆ ขดลวด โดยขดลวดจะพันรอบ ๆ เฟลาของมอเตอร์ และวางอยู่ระหว่างขั้วของแม่เหล็กถาวรขนาดใหญ่หรือแม่เหล็กไฟฟ้า ความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้แกนเฟลาของมอเตอร์หมุน โดยที่มอเตอร์ไฟฟ้าจะเป็นทั้งทรานสดิวเซอร์และแอคทูเอเตอร์ เนื่องจากจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานแม่เหล็ก แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นแอกทูเอเตอร์ทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่
(ที่มา: บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2569)

1.3.3 แอกทูเอเตอร์ทางกล (Mechanical Actuators)

จะทำหน้าที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมไปเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น การทำงานของแอกทูเอเตอร์ทางกลจะขึ้นอยู่กับการผสมผสานของชิ้นส่วนทางกลของโครงสร้าง ได้แก่ ก้านต่อ (Linkages), ลูกเบี้ยว (Cams), เฟือง (Gears), แร็คและพีนีเยน (Rack and Pinion) และเพลา (Shaft) เป็นต้น

ตัวอย่างของแอกทูเอเตอร์ทางกลเชิงเส้น ได้แก่ บอลสกรู (Ball Screw), ลีดสกรู (Lead Screw) และแม่แรง (Screw Jack) ดังแสดงในรูปที่ 1.10 รูปที่ 1.11 และรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.10 บอลสกรู
(ที่มา: www.shutterstock.com)



รูปที่ 1.11 ลีดสกรูในเครื่องกลึง
(ที่มา: www.shutterstock.com)



รูปที่ 1.12 แม่แรงใช้ลีดสกรู
(ที่มา: www.shutterstock.com)



แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 1

ตอนที่ 1

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. เซนเซอร์คืออะไร
2. เซนเซอร์แบบแอคทีฟและเซนเซอร์แบบพาสซีฟแตกต่างกันอย่างไร
3. ทรานสดิวเซอร์คืออะไร
4. ทรานสดิวเซอร์มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่อะไร
5. แอคทูเอเตอร์คืออะไร

ตอนที่ 2

คำชี้แจง ให้นักเรียน จับคู่ ข้อที่มีความสัมพันธ์กันให้ถูกต้อง โดยอ่านคำถามด้านซ้ายมือ แล้วเลือกคำตอบด้านขวามือ และนำอักษรข้อคำตอบใส่ในช่องว่างหน้าข้อความ

_____	1. ส่วนตรวจจับของทรานสดิวเซอร์ทำหน้าที่อะไร	ก. ทรานสดิวเซอร์
_____	2. ส่วนแปลงสัญญาณของทรานสดิวเซอร์ทำหน้าที่อะไร	ข. ตรวจจับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณทางฟิสิกส์
_____	3. เทอร์โมคัปเปิลคืออะไร	ค. ใช้ในการตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า
_____	4. แดปโลหะไบเมทัลทำหน้าที่อะไร	ง. เซนเซอร์
_____	5. สเตรนเกจคืออะไร	จ. แปลงสัญญาณที่ไม่ใช่ไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × เลือกคำตอบที่ถูกต้องลงในกระดาษคำตอบ

1. อินพุตเข้าเซนเซอร์ได้แก่อะไร

- | | |
|----------------|---------------|
| ก. แรงดันไฟฟ้า | ข. ความเร็ว |
| ค. ความต้านทาน | ง. กระแสไฟฟ้า |

2. เอาต์พุตออกจากเซนเซอร์ได้แก่อะไร

- | | |
|----------------|-------------|
| ก. ความเร่ง | ข. ความเร็ว |
| ค. แรงดันไฟฟ้า | ง. อุณหภูมิ |

3. เซนเซอร์แบบแอคทีฟทำงานอย่างไร

- ก. ไม่ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ข. เมื่อมีการกระตุ้น
- ค. สร้างพลังงานไฟฟ้าได้เองเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก
- ง. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก

4. เซนเซอร์แบบพาสซีฟทำงานอย่างไร

- ก. ไม่ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ข. เมื่อมีการกระตุ้น
- ค. สร้างพลังงานไฟฟ้าได้เองเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก
- ง. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก

5. เซนเซอร์แบบแอนะล็อกทำงานอย่างไร

- ก. มีแรงดันไฟฟ้าออกมาอย่างต่อเนื่อง
- ข. แบบ ON – OFF
- ค. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ง. ไม่ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก

6. เซนเซอร์แบบดิจิตอลทำงานอย่างไร

- ก. มีแรงดันไฟฟ้าออกมาอย่างต่อเนื่อง
- ข. แบบ ON – OFF
- ค. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ง. ไม่ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก

7. ทรานสดิวเซอร์แบบแอคทีฟทำงานอย่างไร

- ก. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ข. ไม่สร้างพลังงานไฟฟ้าเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก
- ค. ผลิตสัญญาณโดยไม่ต้องกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอก
- ง. เมื่อมีการกระตุ้น

8. ทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟทำงานอย่างไร

- ก. ต้องการกำลังงานไฟฟ้า
- ข. เมื่อมีการกระตุ้น
- ค. สร้างพลังงานไฟฟ้าได้เองเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก
- ง. ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเพื่อผลิตสัญญาณ

9. แอกทูเอเตอร์ทางไฟฟ้าได้แก่อะไร

- | | |
|-----------------|----------------|
| ก. แม่แรง | ข. เลื่อย |
| ค. มอเตอร์ไฟฟ้า | ง. เครื่องยนต์ |

10. แอกทูเอเตอร์ทางกลได้แก่อะไร

- | | |
|-----------------|----------------|
| ก. แม่แรง | ข. เลื่อย |
| ค. มอเตอร์ไฟฟ้า | ง. เครื่องยนต์ |

ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซ และสัญญาณมาตรฐาน (Sink and Source Digital and Standard Signals)

สาระสำคัญบทเรียนที่ 2

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือวงจรดิจิทัล ดิจิทัลแบบซิงค์และแบบซอร์ซ เป็นแนวคิดพื้นฐานที่จะอธิบายถึงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าซอร์ซและกระแสไฟฟ้าซิงค์ที่เชื่อมต่อกับวงจร ระบบ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ เพื่อที่จะควบคุมการทำงาน เช่น หลอดไฟ LED ไตรเวอร์ รีเลย์ และเซนเซอร์

รูปแบบการส่งสัญญาณที่นิยมใช้มากที่สุดในระบบเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมสมัยใหม่คือสัญญาณ ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 4–20 mA ซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกมาตรฐาน เพื่อแสดงสัญญาณการวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง และเป็นสัดส่วนกับสัญญาณอินพุต

จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจชนิดของดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐาน
2. มีทักษะในการเลือกใช้ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐานชนิดต่าง ๆ
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความรับผิดชอบ รอบคอบปลอดภัย
4. สามารถประยุกต์ใช้ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐานชนิดต่าง ๆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายชนิดของดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐานได้ถูกต้อง
2. เลือกใช้ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐานชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง
3. ทำงานด้วยความรับผิดชอบ ถูกต้อง รอบคอบปลอดภัย
4. ประยุกต์ใช้ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐานชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

ผลลัพธ์การเรียนรู้

1. ตรงต่อเวลา รักษาวินัย ขยัน อดทน ใฝ่หาความรู้ เข้าใจหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและจิตอาสา
2. อธิบายดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐานชนิดต่าง ๆ
3. เลือกใช้ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐานชนิดต่าง ๆ
4. ประยุกต์ใช้ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐานชนิดต่าง ๆ

เนื้อหาสาระ

ศึกษาชนิดของดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซ และสัญญาณมาตรฐานชนิดต่าง ๆ



แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 2

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × เลือกคำตอบที่ถูกต้องลงในกระดาษคำตอบ

1. วงจรลอจิกซิงค์จะเชื่อมต่ออุปกรณ์ในลักษณะแบบใด

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| ก. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากับโหลดไฟฟ้า | ข. กราวด์กับโหลดไฟฟ้า |
| ค. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากับกราวด์ | ง. วงจรแบบซิงค์-ซิงค์ |

2. วงจรลอจิกซอร์ซจะเชื่อมต่ออุปกรณ์ในลักษณะแบบใด

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| ก. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากับโหลดไฟฟ้า | ข. กราวด์กับโหลดไฟฟ้า |
| ค. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากับกราวด์ | ง. วงจรแบบซอร์ซ-ซอร์ซ |

3. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. การเชื่อมต่อวงจรจะเชื่อมต่อแบบซิงค์-ซอร์ซ
- ข. การเชื่อมต่อวงจรจะเชื่อมต่อแบบซิงค์-ซิงค์
- ค. การเชื่อมต่อวงจรจะเชื่อมต่อแบบซอร์ซ-ซอร์ซ
- ง. วงจรซิงค์อินพุตหรือซิงค์เอาต์พุตจะเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับกราวด์

4. วงจรลอจิกซิงค์จะใช้ทรานซิสเตอร์แบบใด

- | | |
|------------------------|------------------------|
| ก. ทรานซิสเตอร์แบบ NNP | ข. ทรานซิสเตอร์แบบ NPN |
| ค. ทรานซิสเตอร์แบบ PPP | ง. ทรานซิสเตอร์แบบ PNP |

5. วงจรลอจิกซิงค์จะใช้ทรานซิสเตอร์แบบใด

- | | |
|------------------------|------------------------|
| ก. ทรานซิสเตอร์แบบ NNP | ข. ทรานซิสเตอร์แบบ NPN |
| ค. ทรานซิสเตอร์แบบ PPP | ง. ทรานซิสเตอร์แบบ PNP |

6. สัญญาณมาตรฐานที่ใช้ควบคุมระบบนิวแมติกส์จะมีแรงดันอากาศเท่าไร

- | | |
|---------------------------|--------------|
| ก. 3-15 psi | ข. 1-2 bar |
| ค. 1-2 kg/cm ² | ง. 15-20 psi |

7. สัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานที่นิยมใช้งานมีค่าเท่าไร

ก. 1–5 VDC

ข. 1–6 VDC

ค. 1–10 VDC

ง. 1–12 VDC

8. สัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐานที่นิยมใช้งานมีค่าเท่าไร

ก. 4–20 mA

ข. 4–25 mA

ค. 0.4–2 mA

ง. 0.4–2.5 mA

9. สัญญาณที่ต่ำกว่า 0% หมายความว่าอย่างไร

ก. ค่าเริ่มต้นการวัด

ข. มีความผิดพลาดของระบบ

ค. สัญญาณต่ำกว่าสัญญาณ Live Zero

ง. มีค่า 0 V

10. การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณจะมีกี่ลักษณะ

ก. 1 ลักษณะ

ข. 2 ลักษณะ

ค. 3 ลักษณะ

ง. 4 ลักษณะ

ซิงค์และซอร์ซ (Sink and Source) เป็นคำศัพท์ที่มาจากระบบควบคุมอุตสาหกรรม ใช้กำหนดการควบคุมการไหลของไฟฟ้ากระแสตรงในโหลดไฟฟ้า โดย Sink Digital I/O จะเป็นการเชื่อมต่อแบบโหลดไฟฟ้ากับกราวด์ ในขณะที่ Source Digital I/O จะเป็นการเชื่อมต่อแบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากับโหลดไฟฟ้า

2.1 วงจรลอจิก (Logic Circuits)

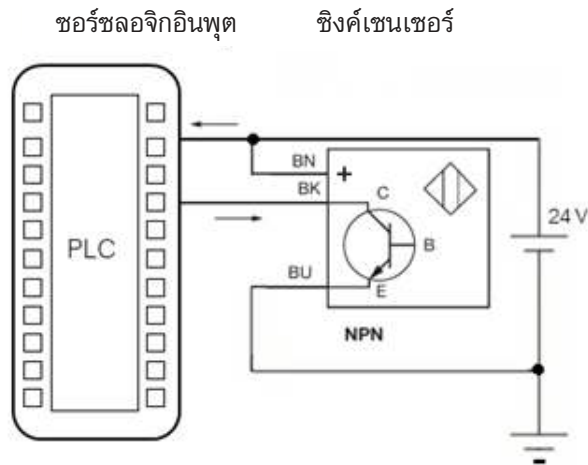
วงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือวงจรดิจิทัล จะประกอบด้วยส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น ตัวต้านทาน ทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และไดโอด เป็นต้น วงจรเหล่านี้จะต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โหลดไฟฟ้า และกราวด์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์จะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและสวิตช์เปิด/ปิด

วงจรลอจิก คือวงจรไฟฟ้าที่เอาต์พุตจะเป็นฟังก์ชันของอินพุต ซึ่งอาจรวมถึงไบนารีอินพุตจำนวนหนึ่งตัวขึ้นไปและไบนารีเอาต์พุตหนึ่งตัว วงจรลอจิกอาจประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าไบนารีหรืออิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงสวิตช์ รีเลย์ ไดโอด และทรานซิสเตอร์

2.1.1 วงจรลอจิกซิงค์ (Sink Logic Circuits) วงจรลอจิกแบบซิงค์และแบบซอร์ซ จะเกี่ยวข้องกับสัญญาณ I/O ของ PLC และใช้กับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น วงจรเหล่านี้จะแตกต่างกันตามประเภทของส่วนประกอบที่ใช้และการกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

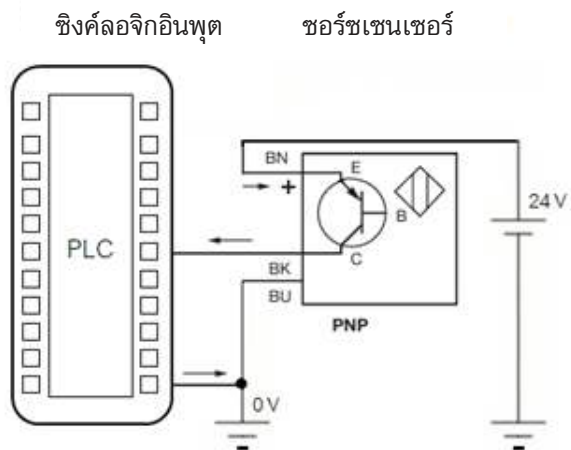
การเดินสายไฟ I/O เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ หากเดินสายไฟอุปกรณ์ไม่ถูกต้อง อาจทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ มากมาย เช่น มอเตอร์ไม่สามารถทำงานตามที่ต้องการ จนถึงผลิตภัณฑ์เสียหาย วิศวกรหรือผู้ผลิตจึงได้กำหนดคำศัพท์เฉพาะในการเดินสายไฟที่แตกต่างกัน เพื่อให้แน่ใจว่าได้เดินสายไฟแบบเดียวกัน ได้แก่ ซิงค์และซอร์ซ (Sink and Source)

การต่อวงจรลอจิกซิงค์ วงจรจะประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้า โหลดไฟฟ้าและกราวด์ เป็นวงจรอย่างง่ายที่มีดิจิทัลอินพุตหนึ่งตัวเชื่อมต่อกับเอาต์พุตโดยใช้ทรานซิสเตอร์แบบ NPN เป็นเส้นทางลงกราวด์ของโหลดไฟฟ้า (อินพุต) เมื่อวงจรซอร์ซอินพุตจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านโหลดไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าวงจรซิงค์เอาต์พุตผ่านทรานซิสเตอร์แบบ NPN ขั้ว C แล้วไหลออกขั้ว E ลงกราวด์ของวงจรซิงค์เอาต์พุต ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงซิงค์เอาต์พุตเชื่อมต่อกับซอร์ซอินพุต โดยวงจรซอร์ซอินพุต จะเชื่อมต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟบวก (Vcc) และทรานซิสเตอร์ NPN (ที่มา: บุญธรรม ภัทรจารุกุล, 2569)

2.1.2 วงจรลอจิกซอร์ซ (Source Logic Circuits) สำหรับวงจรลอจิกซอร์ซ วงจรนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์แบบ PNP เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อวงจรเอาต์พุตดิจิทัลซอร์ซ จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านทรานซิสเตอร์แบบ PNP เข้าขั้ว E กระแสไฟฟ้าจะไหลออกที่ขั้ว C แล้ว ไหลเข้าโหลดไฟฟ้าของวงจรอินพุตซิงค์แล้วลงกราวด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงเอาต์พุตดิจิทัลซอร์ซเชื่อมต่อกับอินพุตดิจิทัลซิงค์ โดยวงจร อินพุตจะเชื่อมต่อระหว่างทรานซิสเตอร์ PNP และกราวด์ (ที่มา: บุญธรรม ภัทรจารุกุล, 2569)

2.1.3 การออกแบบใช้งานวงจรลอจิกซิงค์และซอร์ซ (Sink and Source Logic Circuits Design)

1. การเชื่อมต่อวงจรจะเชื่อมต่อแบบซิงค์-ซอร์ซ และแบบซอร์ซ-ซิงค์เสมอ และจะไม่ใช้การเชื่อมต่อวงจรแบบซอร์ซ-ซอร์ซ หรือวงจรแบบซิงค์-ซิงค์
2. การเดินสาย I/O ระหว่าง PLC และอุปกรณ์ เช่น เซนเซอร์แบบ 3 สาย PLC สัญญาณ I/O จะมีขั้วต่อ 2 ขั้วสำหรับการเชื่อมต่อ ขั้วหนึ่งสำหรับกระแสไฟฟ้าอินพุต และอีกขั้วหนึ่งสำหรับกระแสไฟฟ้าเอาต์พุต
3. เซนเซอร์และแอคทูเอเตอร์ได้รับการออกแบบมาให้มีทั้งแบบกระแสไฟฟ้าซอร์ซหรือแบบกระแสไฟฟ้าซิงค์ เพื่อเชื่อมต่อกับตัวควบคุมอย่างเหมาะสม
4. วงจรซิงค์อินพุตหรือซิงค์เอาต์พุตจะเป็นเส้นทางลงกราวด์สำหรับโหลดไฟฟ้า
5. วงจรซอร์ซอินพุตหรือซอร์ซเอาต์พุตจะเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสำหรับโหลดไฟฟ้า

2.2 สัญญาณมาตรฐาน (Standard Signals)

สัญญาณ คือปริมาณทางกายภาพใด ๆ ที่ถ่ายทอดข้อมูล สัญญาณแอนะล็อกคือสัญญาณชนิดหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง แตกต่างจากสัญญาณดิจิทัลที่เป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสัญญาณทั้งสองชนิดต่างก็ถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่

2.2.1 สัญญาณนิวแมติกส์ (Pneumatics Signal) สัญญาณมาตรฐานที่ใช้ควบคุมระบบนิวแมติกส์จะอยู่ในรูปของแรงดันอากาศมีช่วง 3–15 psi (0.2–1 bar หรือ 0.2–1 kg/cm²) ซึ่งแรงดันอากาศระหว่าง 3–15 psi จะถูกส่งไปควบคุมการเคลื่อนที่ของแอคทูเอเตอร์ เช่น ลิ้นควบคุมหรือกระบอกลูกสูบนิวแมติกส์

ตัวอย่างเช่น เมื่อตัวกำหนดตำแหน่งวาล์ว (Valve Positioner) ได้รับสัญญาณแรงดันอากาศระหว่าง 3–15 psi จากตัวควบคุม มันจะปรับแรงดันอากาศไปยังแอคทูเอเตอร์ของวาล์วเพื่อให้วาล์วเปิด-ปิดในตำแหน่งต่าง ๆ ตามที่ต้องการ หรือใช้ควบคุมการยืดและหดของกระบอกลูกสูบในตำแหน่งต่าง ๆ ตามที่ต้องการ

2.2.2 สัญญาณแรงดันไฟฟ้า (Voltage Signal) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานที่นิยมใช้งานคือ 1–5 VDC ซึ่งเมื่อค่าวัด 0% จะมีแรงดันไฟฟ้า 1 V และเมื่อค่าวัด 100 % จะมีแรงดันไฟฟ้า 5 V การใช้สัญญาณมาตรฐานแบบแรงดันไฟฟ้าจะไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องส่งสัญญาณระยะไกล เนื่องจากความต้านทานของสายสัญญาณจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมและถูกสัญญาณรบกวนได้ง่าย สัญญาณแบบแรงดันไฟฟ้านี้เหมาะกับการส่งสัญญาณระยะใกล้และมีการต่อเข้ากับอุปกรณ์รับสัญญาณหลายแบบ เนื่องจากสะดวกในการติดตั้ง

2.2.3 สัญญาณกระแสไฟฟ้า (Current Signal) การใช้เครื่องขยายสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์สามารถออกแบบวงจรให้ส่งกระแสไฟฟ้าในปริมาณคงที่ได้ดีกว่าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งตรงกันข้ามกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า เช่น แบตเตอรี่ ซึ่งจะจ่ายกระแสไฟฟ้ามากหรือน้อยเท่าที่จำเป็นไปยังวงจรภายนอกเพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตให้คงที่

สัญญาณกระแสไฟฟ้าหรือเรียกว่าสัญญาณ 4–20 mA ถูกใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม จะมีค่ากระแสไฟฟ้า 4–20 mA และแรงดันไฟฟ้า 1–5 V ซึ่งเหตุผลประการหนึ่งที่ใช้สัญญาณ 4–20 mA เป็นมาตรฐาน เพราะมีความปลอดภัยเนื่องจากมีแรงดันไฟฟ้าต่ำและระดับกระแสไฟฟ้าต่ำที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และ/หรือการเกิดจุดติดไฟจากสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรม

2.2.3.1 สัญญาณ Live Zero (Live Zero Signal) สัญญาณลมมาตรฐาน 3–15 Psi และสัญญาณกระแสไฟฟ้า 4–20 mA เรียกว่า Live Zero เนื่องจากช่วงของมาตรฐานเหล่านี้ไม่ได้เริ่มต้นด้วยค่า 0 ซึ่ง Live Zero เป็นวิธีการแยกแยะระหว่างสัญญาณค่า 0% ที่ถูกต้องและสัญญาณที่เสียหาย

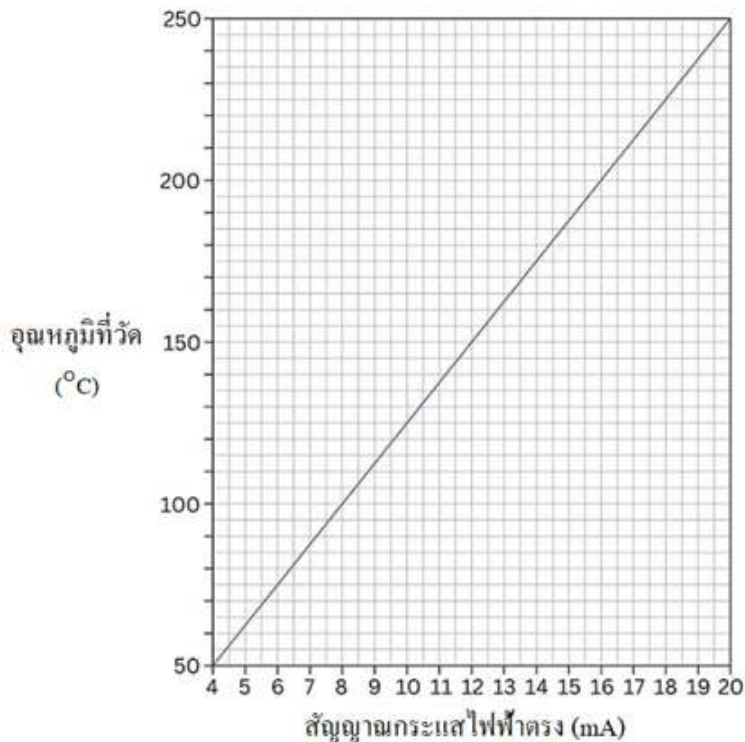
สัญญาณ Live Zero ของสัญญาณ 4–20 mA คือการกำหนดค่าสัญญาณกระแสไฟฟ้าเริ่มต้นที่ไม่ใช่ 0 ในการส่งข้อมูลให้กับระบบควบคุมอุตสาหกรรม ซึ่งสัญญาณที่ต่ำกว่า 4 mA (0%) จะบ่งบอกถึงความผิดพลาดของระบบ เช่น สายสัญญาณในวงจรขาดหรือเครื่องมือวัดเสียหาย ทำให้สัญญาณกระแสไฟฟ้า 4 mA (หรือ 1 V) เป็นจุดเริ่มต้นของการวัดจริง

โดยค่ากระแสไฟฟ้า 4 mA จะแสดง 0% ของการวัด และมีแรงดันไฟฟ้า 1 V และ 20 mA จะแสดง 100% ของการวัด และมีแรงดันไฟฟ้า 5 V ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของการวัดสัญญาณกระแสไฟฟ้าและสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนกันกับค่าที่เพิ่มขึ้นระหว่าง 0 ถึง 100%

% ของการวัด	สัญญาณกระแสไฟฟ้า 4–20 mA	สัญญาณแรงดันไฟฟ้า 1–5 V
0%	4.0 mA	1.0 V
10%	5.6 mA	1.4 V
20%	7.2 mA	1.8 V
25%	8.0 mA	2.0 V
30%	8.8 mA	2.2 V
40%	10.4 mA	2.6 V
50%	12.0 mA	3.0 V
60%	13.6 mA	3.4 V
70%	15.2 mA	3.8 V
75%	16.0 mA	4.0 V
80%	16.8 mA	4.2 V
90%	18.4 mA	4.6 V
100%	20.0 mA	5.0 V

หากเราต้องการสอบเทียบ (Calibrate) เครื่องส่งสัญญาณอุณหภูมิ (Temperature Transmitter) 4–20 mA สำหรับช่วงการวัด 50 ถึง 250 องศาเซลเซียส เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดและกระแสไฟฟ้าบนกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดและกระแสไฟฟ้า
(ที่มา: บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2569)

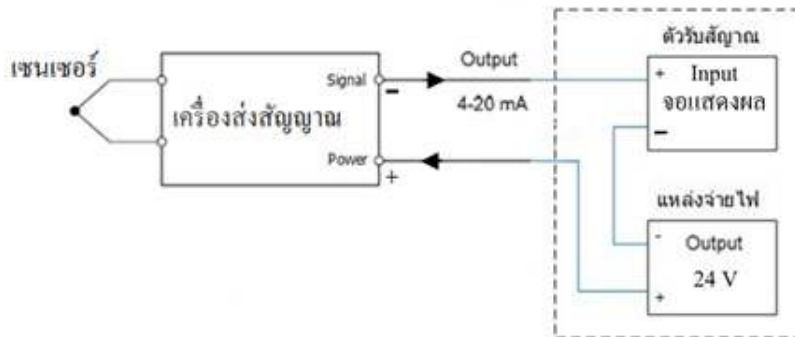
2.2.3.2 เครื่องส่งสัญญาณ (Signal Transmitter) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากเครื่องมือวัดหรือเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ให้เป็นสัญญาณ 4–20 mA เครื่องส่งสัญญาณมีหลายชนิด และเรียกชื่อตามชนิดของเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ เช่น Thermocouple Transmitter RTD Transmitter และ Pressure Transmitter เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Thermocouple Transmitter ส่งสัญญาณ 4–20 mA
(ที่มา: บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2569)

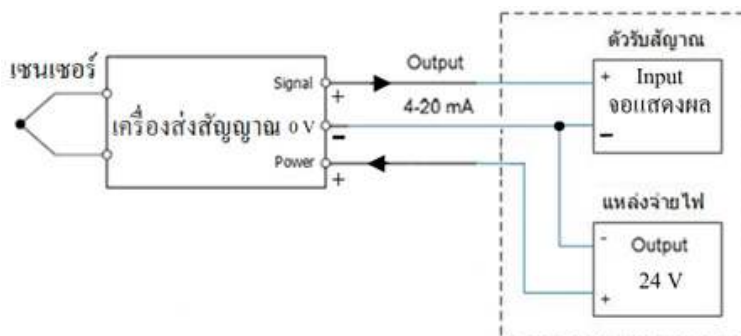
2.2.3.3 การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณ 4–20 mA จะมี 3 ลักษณะ ได้แก่

1. การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณ 4–20 mA แบบ 2 สาย (2 Wire Signal Transmitter) การเชื่อมต่อแบบนี้จะใช้สายไฟฟ้าเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับไปเลี้ยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องส่งสัญญาณ และอีกเส้นหนึ่งเป็นเอาต์พุตของเครื่องส่งสัญญาณ ข้อดีของการเชื่อมต่อแบบนี้คือช่วยลดต้นทุนของการเดินสายไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.5



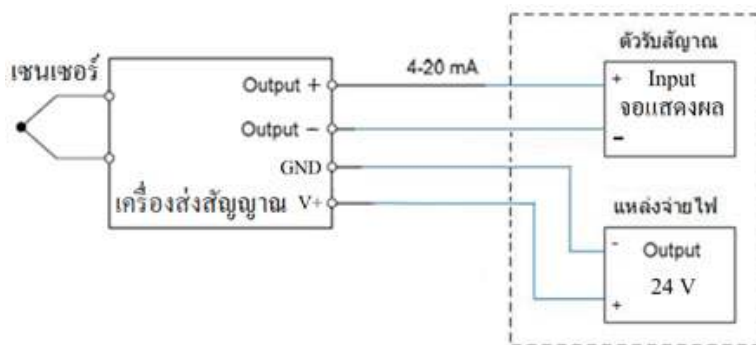
รูปที่ 2.5 การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณ 4–20 mA แบบ 2 สาย
(ที่มา: บุญธรรม ภัทราจารกุล, 2569)

2. การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณ 4–20 mA แบบ 3 สาย (3 Wire Signal Transmitter) การเชื่อมต่อแบบ 3 สายนี้ สายไฟฟ้าเส้นที่ 1 จะเป็นขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า สายไฟฟ้าเส้นที่ 2 จะเป็นสายกราวด์ร่วมของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เครื่องส่งสัญญาณ และตัวรับสัญญาณ สายไฟฟ้าเส้นที่ 3 จะเป็นสายสัญญาณเอาต์พุตที่ส่งไปยังตัวรับสัญญาณ นิยมใช้ในงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำสูงมาก หรือในกรณีที่มีข้อจำกัดของพื้นที่ในการติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณ 4–20 mA แบบ 3 สาย
(ที่มา: บุญธรรม ภัทราจารกุล, 2569)

3. การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณ 4–20 mA แบบ 4 สาย (4 Wire Signal Transmitter) การเชื่อมต่อแบบ 4 สายนี้ จะแยกสายสัญญาณและสายแหล่งจ่ายไฟฟ้าออกจากกัน โดยจะมีสายไฟสำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับเครื่องส่งสัญญาณ 2 เส้น และสายสัญญาณจากเครื่องส่งสัญญาณไปยังตัวรับสัญญาณอีก 2 เส้น ทำให้การเชื่อมต่อค่อนข้างง่ายและมีความผิดพลาดน้อย แม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายสายไฟที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับการต่อแบบ 2 สาย และการแยกสายไฟช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดสัญญาณรบกวนและข้อผิดพลาดในการเชื่อมต่อ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณ 4–20 mA แบบ 3 สาย

(ที่มา: บุญธรรม ภัทรจารกุล, 2569)

ข้อสังเกต การต่อสัญญาณ 4–20 mA แบบ 2 สาย แบบ 3 สาย และแบบ 4 สาย จะขึ้นอยู่กับสัญญาณเอาต์พุตของเครื่องมือวัดหรือเซนเซอร์ที่นำมาใช้งาน

2.2.3.4 ข้อดีและข้อเสียของสัญญาณ 4–20 mA (Advantages and Disadvantages of 4–20 mA Signal)

ข้อดี ได้แก่

1. สัญญาณ 4–20 mA ทนต่อสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีกว่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้า
2. สัญญาณ 4–20 mA สามารถส่งสัญญาณได้ในระยะไกล
3. มีสัญญาณ Live Zero ของสัญญาณ 4–20 mA ทำให้สามารถการตรวจจับความผิดพลาดของระบบได้

ข้อเสีย ได้แก่

1. เมื่อเทียบกับสัญญาณประเภทอื่น ๆ สัญญาณ 4–20 mA อาจใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่า
2. พารามิเตอร์ที่วัดหรือควบคุมแต่ละตัวต้องใช้ลูปสัญญาณ 4–20 mA แยกกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาลูปกราวด์ได้ ลูปกราวด์ (Ground Loop) คือวงจรไฟฟ้าที่เกิดจากการเชื่อมต่อระบบกราวด์ของอุปกรณ์หลาย ๆ ชิ้นเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนในวงจร ส่งผลให้เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) ในระบบควบคุมได้
3. การใช้ตัวรับสัญญาณหลายตัวในระบบ อาจทำให้ความต้านทานโหลดเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ความแม่นยำของสัญญาณลดลง

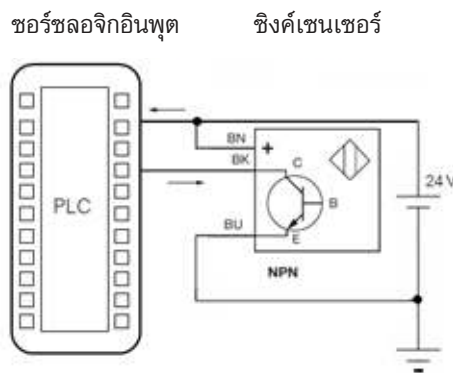


แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่ 2

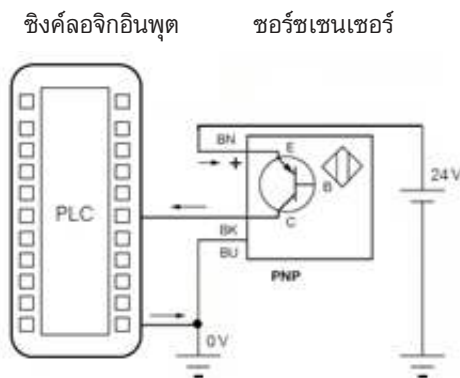
ตอนที่ 1

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จากรูป จงอธิบายการทำงานของวงจรลอจิกซิงค์



2. จากรูป จงอธิบายการทำงานของวงจรลอจิกซอร์ซ



3. เพราะเหตุใดสัญญาณกระแสไฟฟ้าจึงถูกใช้เป็นมาตรฐานในการส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม

4. สัญญาณ Live Zero คืออะไร

5. ลูปกราวด์ (Ground Loop) คืออะไร

ตอนที่ 2

คำชี้แจง ให้นักเรียน จับคู่ ข้อที่มีความสัมพันธ์กันให้ถูกต้อง โดยอ่านคำถามด้านซ้ายมือ แล้วเลือกคำตอบด้านขวามือ และนำอักษรข้อคำตอบใส่ในช่องว่างหน้าข้อคำถาม

_____	1. ทรานซิสเตอร์แบบ NPN จะใช้กับวงจรลอจิกแบบใด	ก. การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณแบบ 2 สาย
_____	2. ทรานซิสเตอร์แบบ PNP จะใช้กับวงจรลอจิกแบบใด	ข. การเชื่อมต่อเครื่องส่งสัญญาณแบบ 4 สาย
_____	3. วงจรไฟฟ้าที่เกิดจากการเชื่อมต่อระบบกราวด์ของอุปกรณ์หลาย ๆ ชิ้นเข้าด้วยกันจะทำให้เกิดอะไรขึ้น	ค. วงจรลอจิกซิงค์
_____	4. การเชื่อมต่อสัญญาณแบบใดช่วยลดต้นทุนของการเดินสายไฟฟ้า	ง. ลูปกราวด์ (Ground Loop)
_____	5. การเชื่อมต่อสัญญาณแบบใดที่ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดสัญญาณรบกวนและข้อผิดพลาดในการเชื่อมต่อ	จ. วงจรลอจิกซอร์ซ

เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม

Industrial Sensors Fundamental

หนังสือ **เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 20127-2009** เล่มนี้ เป็นเนื้อหาสำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตร (ปวช.) สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ และผู้ที่สนใจทั่วไปที่จะศึกษาหาความรู้ทางด้านการวัดและควบคุมด้วยเซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม เนื้อหาวิชาจะประกอบด้วย เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์และแอคทูเอเตอร์ ดิจิทัลแบบซิงค์และซอร์ซและสัญญาณมาตรฐาน ตัวตรวจจับตำแหน่งและความเร็ว ลิ้มิตสวิตช์ เซนเซอร์ความดัน เซนเซอร์ของไหล เซนเซอร์ระดับ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ โพโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ โพเทนชิโอมิเตอร์ เอ็นโค้ดเดอร์ อุลตราโซนิกเซนเซอร์ สเตรนเกจและโพลดเซลล์ เทอร์มิสเตอร์ อาร์ทีดี และเทอร์โมคัปเปิล เซนเซอร์บาร์โค้ดและคิวอาร์โค้ด เซนเซอร์ RFID เซนเซอร์ Vision เซนเซอร์ IO Link การบำรุงรักษาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม และหลักการติดตั้งเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในกริปเปอร์ และใบงานที่ใช้บอร์ด Arduino และโปรแกรมภาษาซีแบบ Open Source ที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้โดยเสรี สามารถนำไปทดลองปฏิบัติงานได้จริง



ประวัติผู้เขียน :

บุญธรรม ภัทรจารกุล

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา
- สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล นครราชสีมา
- สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส. สาขาช่างยนต์ จากวิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน) นครราชสีมา

การทำงาน

- เคยรับราชการที่วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมาในตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) ทำหน้าที่เป็นหัวหน้าแผนกวิชา เมคคาทรอนิกส์

ด้านการศึกษาอบรม

- ผ่านการศึกษาดูงานโครงการพัฒนาวิสัยทัศน์และศักยภาพของ ผู้บริหารและครูในสถานศึกษาสู่สากล ณ ประเทศอิตาลี สมาพันธ์รัฐสวิส สาธารณรัฐออสเตรีย และสหพันธ์เยอรมนี เมื่อวันที่ 7-15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551
- ผ่านการศึกษาดูงานโครงการพัฒนาบุคลากรด้านเมคคาทรอนิกส์ ณ ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จัดโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ร่วมกับสำนักพัฒนาสมรรถนะครู และบุคลากรอาชีวศึกษา และบริษัท เฟสได้ จำกัด เมื่อวันที่ 23 มีนาคม - 11 เมษายน พ.ศ. 2552
- ผ่านการอบรมพื้นฐานการควบคุมหุ่นยนต์ KUKA KRC-2 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา เมื่อวันที่ 14-16 มีนาคม พ.ศ. 2562

หนังสือ	1 สี	จำนวน	451	หน้า
	2 สี	จำนวน		หน้า
	4 สี	จำนวน		หน้า
กระดาษ	ปอนด์			
ความหนา	กระดาษปก	230	แกรม	
	กระดาษเนื้อใน	70	แกรม	



www.se-ed.com



sbc.fans



SE-ED Publisher

พร้อมจำหน่ายในรูปแบบ

- ☒ e-book (PDF) ☐ audiobooks
☐ e-book (EPUB) ☐ audio CD / MP3

- ☒ ปกอ่อน ☐ LARGE PRINT (ตัวอักษรขนาดใหญ่)

ISBN 978-616-08-5677-0



9 786160 856770

143 บาท

คู่มือเรียน-สอน/อาชีวศึกษา-
สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์