

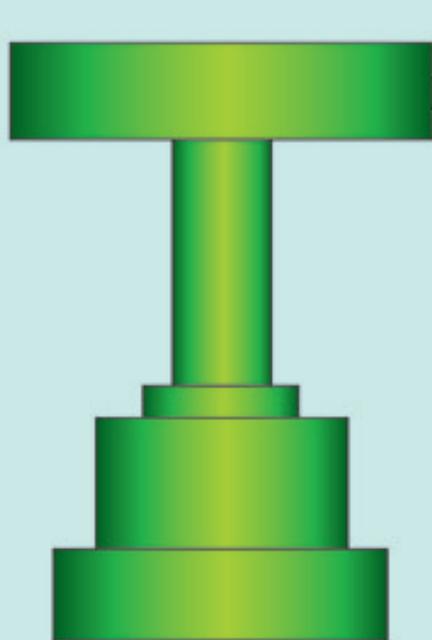
การควบคุม เชิงควบคุม และ PLC



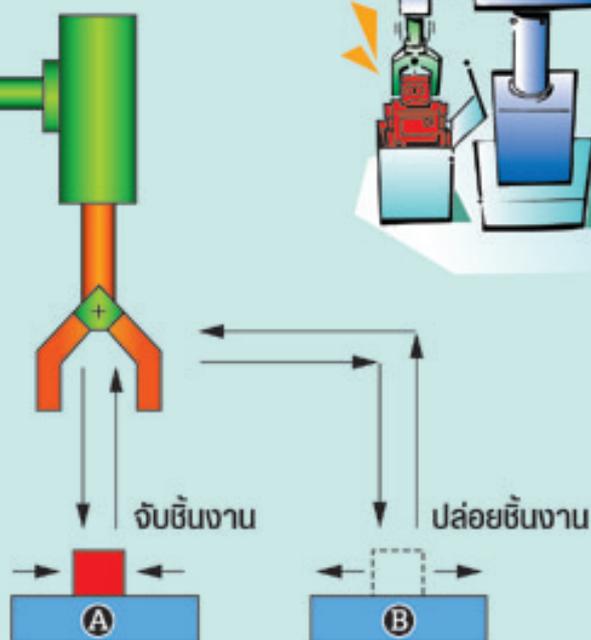
โดย... รศ. กฤษดา วิศวธีรานนท์

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)



PICK & PLACE
ROBOT



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

การควบคุมซีเควนซ์ และ PLC

โดย



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

180.-

การควบคุมซีเควนซ์ และ PLC

โดย... รศ. กฤษดา วิศวธีรานนท์

ราคา **180** บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1	กันยายน	2545	จำนวนพิมพ์	2,000	เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 2	มีนาคม	2546	จำนวนพิมพ์	2,000	เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 3	ธันวาคม	2547	จำนวนพิมพ์	1,000	เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพจนานวชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดย สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

กฤษดา วิศวธีรานนท์.

การควบคุมซีเควนซ์ และ PLC. - - กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.
256 หน้า.

1. การควบคุมอัตโนมัติ.
2. เครื่องควบคุมแบบโปรแกรม

I. ชื่อเรื่อง.

629.895

ISBN 974-8329-91-7



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

จัดพิมพ์โดย



5-7 ซอยสุขุมวิท 29 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทร. 0-2258-0320 (6 เลขหมายอัตโนมัติ), 0-2259-9160 (10 เลขหมายอัตโนมัติ)

<http://www.tpabookcentre.com>

ออกแบบปกและรูปเล่มโดย : งานออกแบบสิ่งพิมพ์ ส่วนตำราฯ

จัดจำหน่ายโดย

บริษัท ดวงกลมสมัย จำกัด

15/234 ซอยเสือใหญ่อุทิศ ถนนรัชดาภิเษก แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2541-7375, 0-2930-6215 โทรสาร 0-2541-7377, 0-2930-7733

E-mail : dktoday@inet.co.th

พิมพ์ที่ : บริษัท พิมพ์ดีการพิมพ์ จำกัด โทร. 0-2919-1481 โทรสาร : 0-2919-1507

“ถ้ามีข้อผิดพลาดเนื่องจากการพิมพ์ให้นำมาแลกเปลี่ยนได้ที่สมาคมฯ”

โทร. 0-2258-0320, 0-2259-9160 ต่อ 1560, 1570



ติดตามหนังสือออกใหม่ของ สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ได้ที่



www.facebook.com/tpabook



www.twitter.com/tpa_publishing

สอบถามเพิ่มเติม

Book4u@tpa.or.th



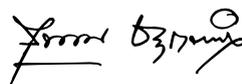
คำนำนายกสมาคม

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2516 ด้วยความร่วมมือร่วมใจกันของกลุ่มบุคคลที่ได้ผ่านการศึกษาในระดับต่าง ๆ จากประเทศญี่ปุ่น โดยได้รับความร่วมมือทางด้านทุนทรัพย์ บางส่วนจาก The Japan-Thailand Economic Cooperation Society (JTECS) เพื่อใช้จ่ายในการดำเนินงานกิจกรรมของสมาคมฯ ซึ่งประกอบด้วย ฝ่ายสำนักพิมพ์ ฝ่ายภาษาและวัฒนธรรม ฝ่ายการศึกษาและฝึกอบรม ฝ่ายบริการสอบเทียบและวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ฝ่ายวินิจัยและให้คำปรึกษาสถานประกอบการ และฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งแต่ละฝ่ายจัดดำเนินการโดยสมาชิกของสมาคมฯ ทำหน้าที่เป็นคณะที่ปรึกษารับผิดชอบบริหารงานให้เป็นที่เรียบร้อยตามเป้าหมาย

สำหรับฝ่ายสำนักพิมพ์ฯ โดยส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม มีนโยบายพื้นฐานคือการส่งเสริมและเร่งรัดให้มีการจัดพิมพ์หนังสือตำราทางเทคโนโลยีทุกประเภท รวมถึงหนังสือทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ อุตสาหกรรม ทั้งที่เป็นงานแปลโดยตรง งานแปลเรียบเรียง งานถอดความ งานรวบรวม งานแต่ง และงานสำรวจวิจัยทางด้านอุตสาหกรรม โดยที่สมาคมฯ มีความเห็นว่า หนังสือตำราภาษาไทย โดยเฉพาะในระดับอาชีวศึกษาแขนงวิชาเทคโนโลยีต่าง ๆ ยังมีอยู่ในปริมาณจำกัดไม่พอเพียง ถ้าส่งเสริมให้มีหนังสือเช่นนี้เพิ่มขึ้นย่อมมีส่วนช่วยยกระดับมาตรฐานการศึกษาทางเทคโนโลยีให้สูงขึ้นและแพร่หลายขึ้นโดยปริยาย อีกทั้งยังช่วยสร้างสรรคปัญญา ความคิดริเริ่ม และความรู้ความเข้าใจอันถูกต้อง ซึ่งจะเป็นการปูรากฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทย เป็นประโยชน์แก่สังคมอุตสาหกรรมโดยรวม

ปัจจุบัน สมาคมฯ ยังคงมีเจตนาธรมณ์อันแน่วแน่ที่จะขยายงานทุก ๆ ฝ่ายต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าด้วยเจตนาอันบริสุทธิ์ของสมาคมฯ ในการดำเนินกิจการที่มีใ้การแสวงหาผลกำไร หากมุ่งมั่นที่จะให้นักศึกษาและประชาชนได้มีโอกาสซื้อหาหนังสือตำราในราคาขายอ่อมเยาเช่นนี้ คงเกิดประโยชน์แก่สังคมส่วนรวมทั้งในทางตรงและทางอ้อม และหากสถาบันการศึกษาใดต้องการใช้ส่วนหนึ่งส่วนใดเพื่อใช้ประกอบการศึกษา ทางสมาคมฯ ก็มิได้ขัดข้อง แต่ใคร่ขอให้ทำเรื่องขออนุญาตต่อทางสมาคมฯ ก่อน

อนึ่ง สมาคมฯ ใคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อผู้เขียนและคณะผู้จัดทำที่ได้พากเพียรจนทำให้ตำราชุดนี้สำเร็จขึ้นมาได้ไว้ ณ ที่นี้ด้วย



(นายสุพงศ์ ชยุตสาหกิจ)

นายกสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำแถลงของสำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. โดยส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม วิวัฒนาการมาจากโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อว่า โครงการตำรา ซึ่งจัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2516 พร้อม ๆ กับการก่อตั้งสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยมุ่งหวังที่จะให้มีตำราทางด้านวิทยาการต่าง ๆ ทั้งในระดับอาชีวศึกษา และประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางด้านช่างที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้

ในระยะแรกนั้น ตำราที่ผลิตโดยโครงการตำรา ส่วนใหญ่จะเป็นหนังสือแปลจากต้นฉบับภาษาญี่ปุ่น ต่อมาจึงได้ขยายขอบข่ายของการจัดพิมพ์ครอบคลุมไปถึงงานแปลและเรียบเรียงจากต้นฉบับภาษาอื่น งานเรียบเรียง-เขียนตำราจากประสบการณ์ของผู้ชำนาญในแต่ละสาขา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอาจารย์จากสถาบันการศึกษา

ต่อมาในระยะ 4 - 5 ปีหลังจากการก่อตั้งสมาคมฯ โครงการตำราได้วิวัฒนาการเป็นโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม และเป็นส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2539 พร้อม ๆ กับการขยายขอบข่ายหนังสือที่จัดพิมพ์เพิ่มเติม ได้แก่ หนังสือทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ การบริหารจัดการคุณภาพ และอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การดำเนินงาน

โดยที่หนังสือที่จัดพิมพ์โดยสมาคมฯ ได้รับการต้อนรับเป็นอย่างดีจากนักศึกษาและประชาชนทั่วไป ทางสมาคมฯ จึงใคร่ขอเชิญชวนให้ผู้เชี่ยวชาญในวงการอุตสาหกรรมและสถาบันการศึกษาได้ช่วยกันเขียน-เรียบเรียงหนังสือทางด้านเทคนิคอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ให้แพร่หลายยิ่งขึ้น โดยสมาคมฯ ยินดีให้การสนับสนุนในด้านการจัดพิมพ์

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ขอขอบคุณท่านผู้เขียน-เรียบเรียงและเจ้าหน้าที่ของสมาคมฯ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ และหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะมีส่วนช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ และหากท่านผู้อ่านมีข้อชี้แนะประการใด ขอได้โปรดแจ้งให้ทางสำนักพิมพ์ทราบด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำนำ

ในการควบคุมกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท จะมีการควบคุมซีควেনซ์ (sequence control) อยู่เสมอ เช่น การควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์ การควบคุมสายพานลำเลียง การควบคุมเครื่องจักร ระบบบำบัดน้ำเสีย การควบคุมแบบนี้มักจะใช้รีเลย์แม่เหล็กไฟฟ้า ตัวตั้งเวลา ตัวนับ คอนแทกเตอร์ ลิมิตสวิตช์ และปุ่มกดต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการนำมาประกอบเป็นวงจรในตู้ควบคุม ปัจจุบันเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีความสามารถสูง ทำงานได้ดี และรวดเร็วกว่ามนุษย์มาก การควบคุมให้เครื่องจักรทำงานได้จะเป็นการควบคุมซีควেনซ์เป็นส่วนใหญ่ ในเครื่องจักรเราจะเห็นตัวตรวจวัด (sensor) และเป้าหมายการควบคุม เช่น มอเตอร์ วาล์ว โซลินอยด์ เป็นต้น ในตู้ควบคุมซึ่งจะเป็นมันสมองของเครื่องจักร เราจะเห็นรีเลย์ แผงวงจรอิเล็คทรอนิกส์ และ PLC เป็นต้น อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้เป็นองค์ประกอบของวงจรควบคุมซีควেনซ์ทั้งสิ้น

ปัจจุบัน วิทยาการทางด้านอิเล็คทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์เจริญขึ้นมาก ทำให้เกิดอุปกรณ์ควบคุมชนิดใหม่ที่เรียกว่า PLC (Programmable Logic Controller) แนวคิดของอุปกรณ์ควบคุมแบบนี้แตกต่างจากวงจรควบคุมที่ใช้รีเลย์แม่เหล็กไฟฟ้าหรือเกตอิเล็คทรอนิกส์อย่างสิ้นเชิง เป็นการปฏิวัติเทคนิคทางด้าน การควบคุมอัตโนมัติจากฮาร์ดแวร์มาเป็นซอฟต์แวร์ ทำให้การออกแบบซีควেনซ์และการสร้างตู้ควบคุมจะเร็วขึ้น 10 เท่า การประกอบวงจรจะง่ายมากเพียงแต่สร้างวงจรแล้วโปรแกรมลงใน PLC ก็จะได้วงจรซีควেনซ์ตามที่เราต้องการได้ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในประเทศก็หันมาใช้ PLC นี้เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุม

หนังสือเล่มนี้เกิดจากการแก้ไขปรับปรุงหนังสือ วงจรซีควেনซ์เบื้องต้น ที่พิมพ์โดยสำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ในปี พ.ศ. 2524 ให้มีเนื้อหาทันสมัยขึ้น โดยเพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับตัวตรวจวัดชนิดใหม่ ๆ สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรซีควেনซ์ที่ใช้แบบ JIS แบบ 2 ซึ่งตรงกับมาตรฐาน IEC ซึ่งเป็นมาตรฐานสากล นอกจากนี้ยังได้เพิ่มเนื้อหาส่วนที่เป็น PLC ตัวควบคุมที่โปรแกรมได้ รวมทั้งวงจรและการใช้งาน ตัวอย่างการประยุกต์ใช้วงจรซีควেনซ์ทั้งแบบรีเลย์ และ PLC ก็ได้เพิ่มเติมขึ้นอีกมาก เพื่อให้ผู้อ่านได้เห็นวงจรจริงที่ใช้ในอุตสาหกรรม และประกอบการเรียนรู้การประยุกต์ใช้วงจรซีควেনซ์ในการควบคุมต่าง ๆ

ผู้เขียนขอขอบคุณ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่ให้การสนับสนุนและจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้

กฤษดา วิเศษธีรานนท์

รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

การควบคุมซีเควนซ์

บทที่ 1	การควบคุมซีเควนซ์	1
1.1	การควบคุมซีเควนซ์คืออะไร	1
1.2	ตัวอย่างของการควบคุมซีเควนซ์	2
1.3	ชนิดของวงจรควบคุมซีเควนซ์	4

ภาคที่ 1 วงจรรีเลย์

11

บทที่ 2	สวิตช์และรีเลย์	13
2.1	ชนิดและการทำงานของหน้าสัมผัส	13
2.2	การทำงานของหน้าสัมผัสของสวิตช์ปุ่มกด	14
2.3	โครงสร้างและการทำงานของรีเลย์	16
บทที่ 3	อุปกรณ์ควบคุมและตัวตรวจวัด	29
3.1	โครงสร้างของระบบควบคุมซีเควนซ์	29
3.2	อุปกรณ์หน่วยสั่งงาน	31
3.3	อุปกรณ์หน่วยขับเคลื่อน	35
3.4	การทำงานของหลอดแสดงและอุปกรณ์เตือนภัยชนิดต่าง ๆ	46
3.5	อุปกรณ์หน่วยตรวจวัด	48
บทที่ 4	การอ่านและการเขียนรูปวงจรรีเลย์	59
4.1	ชนิดของรูปแสดงการควบคุมซีเควนซ์	59
4.2	วิธีการเขียนวงจรรีเลย์	63
4.3	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนแบบทางไฟฟ้าและการควบคุมซีเควนซ์	68
บทที่ 5	พีชคณิตบูลีน	83
5.1	พีชคณิตบูลีนคืออะไร	83
5.2	กฎต่าง ๆ ในพีชคณิตบูลีน	85
5.3	ตัวอย่างการประยุกต์พีชคณิตบูลีนในวงจรรีเลย์	91

บทที่ 6	วงจรพื้นฐานของรีเลย์ซีเควนซ์	95
6.1	วงจรเซลฟ์โฮลด์กับวงจรควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์	96
6.2	วงจรอินเตอร์ล็อกและการควบคุมการหมุนไปกลับของมอเตอร์	100
6.3	วงจรเลือกระหว่างการควบคุมด้วยมือและอัตโนมัติ และวงจรเลือกการควบคุมคอมเพรสเซอร์	105
6.4	วงจรหน่วงเวลาและวงจรควบคุมโบลเวอร์	109
6.5	วงจรลำดับความสำคัญ และวงจรควบคุมให้ทำงานตามลำดับกัน	118
6.6	วงจรลอดแสดงและวงจรเตือนภัย	121
6.7	วงจรหยุดฉุกเฉินและวงจรควบคุมลิฟต์ส่งสอง	126

ภาคที่ 2 PLC ตัวควบคุมที่ตั้งโปรแกรมได้ **131**

บทที่ 7	PLC	133
7.1	PLC คืออะไร	133
7.2	โครงสร้างและหลักการทำงานของ PLC	135
7.3	ตัวอย่างการต่อ PLC ในวงจร	140
บทที่ 8	คำสั่งซีเควนซ์พื้นฐาน	143
8.1	อุปกรณ์และเบอร์อุปกรณ์ภายใน PLC	145
8.2	คำสั่งพื้นฐานของ PLC	147
8.3	เทคนิคการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์	154
8.4	ตัวอย่างการประยุกต์คำสั่ง	157
บทที่ 9	ขั้นตอนการออกแบบโดยใช้ PLC	161
9.1	การเลือกชนิดของ PLC	161
9.2	ขั้นตอนการออกแบบ	166
บทที่ 10	การประยุกต์ PLC ในการควบคุมซีเควนซ์	173
10.1	การควบคุมการเปิดปิดประตูโรงรถ	173
10.2	การสตาร์ทมอเตอร์แบบ $y-\Delta$	175
10.3	ระบบแสดงผลของรายการทนายปัญหา	178
10.4	วงจรตรวจสอบระดับของวัตถุในถัง	182
10.5	สัญญาณไฟจราจรที่ทางม้าลาย	184

บทที่ 11	ตัวอย่างวงจรซีเควนซ์ที่ใช้ในงานควบคุม	191
	11.1 วงจรควบคุมการเคลื่อนไหวยของสายพานโดยใช้ลิมิตสวิตช์	191
	11.2 วงจรตรวจจับการหยุดไหลของน้ำในท่อ โดยใช้พรอกซิมิตีลวิตช์	193
	11.3 วงจรควบคุมการสับเปลี่ยนไฟฉุกเฉิน	196
	11.4 การควบคุมการสตาร์ทหม้อไอน้ำแบบอัตโนมัติ	198
	11.5 การควบคุมระบบสายพานลำเลียง	205
	11.6 การควบคุมลิฟต์ส่งของสามชั้น	208
บทที่ 12	ตัวอย่างวงจรซีเควนซ์โดยใช้ PLC	211
	12.1 การควบคุมมอเตอร์ให้หมุนไปกลับ	211
	12.2 การควบคุมคอมเพรสเซอร์ให้สลับกันทำงาน	215
	12.3 การควบคุมสายพานลำเลียง	221
	12.4 การควบคุมหุ่นยนต์ชนิดจับวาง	225
	12.5 การควบคุมเครื่องสูบน้ำในระบบน้ำประปา	229
บทที่ 13	วงจรซีเควนซ์ที่ใช้ในงานทั่วไป	233
	13.1 เครื่องดูดฝุ่น	233
	13.2 เครื่องซักผ้า	235
	13.3 เครื่องเล่นเด็กชนิดหยอดเหรียญ	236
	13.4 วงจรควบคุมไฟส่องป้ายโฆษณา	238
	13.5 วงจรควบคุมเวลาการฉีดน้ำรดต้นไม้	240
	13.6 วงจรควบคุมน้ำพุ	241
	13.7 วงจรแจ้งเหตุเพลิงไหม้	243
	เอกสารอ้างอิง	246



การควบคุมซีควেনซ์

การควบคุมซีควেনซ์ได้เข้ามามีบทบาทในโรงงานอุตสาหกรรม และชีวิตประจำวันของเรานานมาแล้ว คำว่า การควบคุมซีควেনซ์อาจจะไม่เป็นที่คุ้นหู บางคนอาจจะรู้จักในชื่อของวงจรควบคุมที่ใช้รีเลย์ (relay) ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันการควบคุมซีควেনซ์ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางมาก เช่น ใช้ในเครื่องมือกล การควบคุมมอเตอร์ การควบคุมสายพานลำเลียง หม้อไอน้ำ (boiler) การควบคุมเครื่องสูบน้ำตามอาคารสูง ๆ ลิฟต์ แม้แต่เครื่องใช้ภายในบ้าน เช่น เครื่องปรับอากาศ หม้อหุงข้าว เครื่องซักผ้า ก็ใช้การควบคุมซีควেনซ์นี้ การควบคุมซีควেনซ์นี้ก่อกำเนิดมาจากความต้องการในการลดการทำงานแบบซ้ำ ๆ ซาก ๆ การทำงานที่น่าเบื่อหน่าย และการทำงานที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย โดยพยายามให้เครื่องจักรทำงานนี้แทนมนุษย์ การประยุกต์การควบคุมซีควেনซ์นี้มีขอบเขตกว้างขวาง มีตั้งแต่การควบคุมแบบง่าย ๆ ที่ใช้เพื่อสตาร์ทหรือหยุดเครื่องจักรเท่านั้น จนถึงระบบที่มีความยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งจะต้องอาศัยการประมวลผลสัญญาณต่าง ๆ จุดมุ่งหมายของการควบคุมซีควেনซ์มาจากความต้องการให้ระบบการผลิตเป็นแบบอัตโนมัติ ความต้องการในการลดค่าใช้จ่ายในการผลิต ความต้องการในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และรักษาคุณภาพของสินค้าให้ได้มาตรฐาน ทำให้การควบคุมซีควেনซ์เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

1.1 การควบคุมซีควেনซ์ (sequential control) คืออะไร

คำว่า “ซีควেনซ์” ซึ่งมาจากภาษาอังกฤษว่า sequence นั้น หมายถึง ลำดับก่อนหลังของเหตุการณ์ ถ้าเราสามารถกำหนดลำดับของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้เกิดผลงานตามจุดประสงค์แล้ว เราก็เรียกการควบคุมนั้นว่า การควบคุมซีควেনซ์ (sequential control)

การควบคุมซีเควนซ์ หมายถึง การกำหนดลำดับของงาน งานลำดับต่อจากงานที่ดำเนินอยู่จะถูกกำหนดแน่นอน โดยอาจเกิดทันทีหรืออาจจะเว้นช่วงเวลาหนึ่งหลังจากงานที่ดำเนินอยู่จบลง งานลำดับต่อไปอาจขึ้นอยู่กับผลของการควบคุมของงานแรก ถ้าผลของการควบคุมเป็นไปตามเงื่อนไขงานลำดับต่อไปจึงจะเกิดขึ้น

ถ้าจะพูดให้ง่ายขึ้น การควบคุมซีเควนซ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรนั้น ก็คือการป้อนข้อมูลหรือโปรแกรมลงในเครื่องควบคุมที่ทำการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรนั้น ข้อมูลที่ป้อนเข้าไปได้แก่ ข้อมูลที่เป็นลำดับการทำงานของเครื่องจักรทุกขั้นตอน เงื่อนไขการทำงานของเครื่องจักร ข้อมูลเกี่ยวกับข้อปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุหรือการทำงานผิดพลาดนั่นเอง

1.2 ตัวอย่างของการควบคุมซีเควนซ์

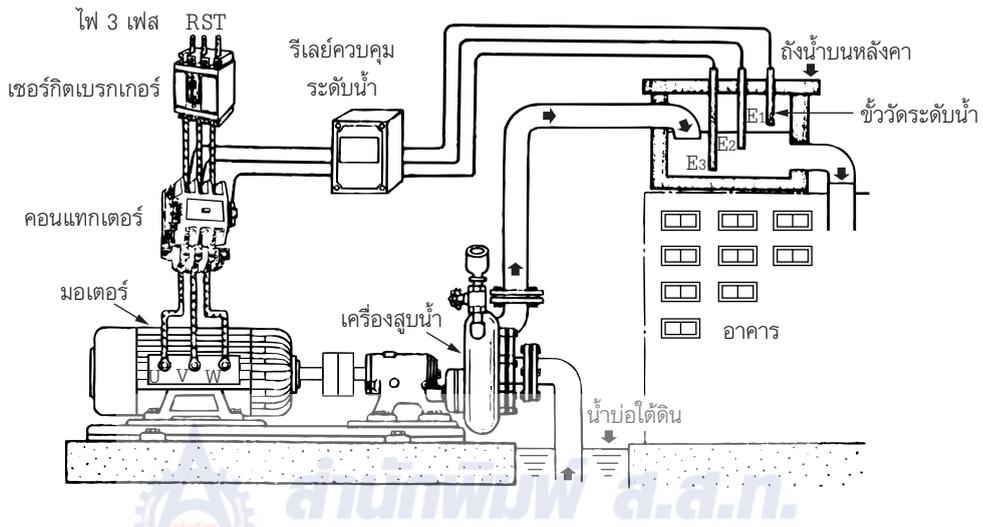
การควบคุมซีเควนซ์มีอยู่รอบ ๆ ตัวเรา ตัวอย่างเช่น ลิฟต์ที่ใช้ในอาคารจะถูกควบคุมด้วยวงจรซีเควนซ์ที่สลับซับซ้อน ตู้ขายเครื่องดื่มอัตโนมัติ เพียงแต่หยอดเหรียญเข้าไปในตู้ เครื่องจะเทน้ำอัดลมลงในแก้วกระดาษอย่างอัตโนมัติ หม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ใช้ในทุกครัวเรือนก็มีวงจรซีเควนซ์อยู่ภายในเราเพียงแต่เทข้าวสารและน้ำลงในหม้อเท่านั้น หลังจากกดปุ่มหม้อหุงข้าวจะต้มข้าวจนสุกและอุ่นข้าวได้เองอย่างอัตโนมัติ ตัวอย่างของเครื่องจักรหรือเครื่องไฟฟ้าที่ทำงานโดยการควบคุมของวงจรซีเควนซ์ยังมีอีกมาก

ต่อไปนี้จะขอยกตัวอย่างการควบคุมซีเควนซ์ที่ใช้กันแพร่หลายสักสองตัวอย่าง

1.2.1 การควบคุมเครื่องสูบน้ำ

โรงแรมและแฟลตที่เป็นอาคารสูง ๆ ในบริเวณกรุงเทพฯ มักจะนิยมสูบน้ำประปาจากบ่อใต้ดินมาใช้ในอาคาร จะมีถังน้ำขนาดใหญ่ตั้งอยู่ชั้นดาดฟ้าของอาคารไว้สำหรับเก็บน้ำเพื่อจ่ายให้ผู้อยู่อาศัยในอาคารตามชั้นต่าง ๆ วิธีจ่ายน้ำจากถังบนหลังคาอาคารนี้ จะสามารถส่งน้ำไปใช้ตามชั้นต่าง ๆ ของอาคารได้อย่างสม่ำเสมอ การนำน้ำจากบ่อเข้ามาเก็บในถังนั้น ทัว ๆ ไปมักจะใช้เครื่องสูบน้ำ การทำงานของเครื่องสูบน้ำนี้จะไม่ทำงานต่อเนื่องตลอดวัน จะทำงานในช่วงที่มีผู้ใช้ น้ำกันมากเท่านั้น การทำงานของเครื่องสูบน้ำนี้จะถูกควบคุมด้วยวงจรซีเควนซ์แบบง่ายที่สุด เพื่อให้การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ ไม่ต้องมีผู้ควบคุมมาปิดเปิดเครื่องสูบน้ำอยู่เสมอ หน้าทีของวงจรควบคุมเครื่องสูบน้ำนี้ คือ จะคอยตรวจเช็กว่าระดับน้ำในถังเก็บน้ำนั้นเป็นเท่าใด ถ้าระดับน้ำต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุดที่วัดได้โดยขั้ววัด (ดูในรูปที่ 1.1) วงจรควบคุมจะสตาร์ทเครื่องสูบน้ำให้ทำการสูบน้ำจากบ่อใต้ดินเข้าไปเก็บไว้ในถังน้ำทันที เมื่อระดับน้ำในถังสูงขึ้นจนถึงระดับสูงสุดที่ตรวจวัดโดยขั้ววัด วงจรควบคุม

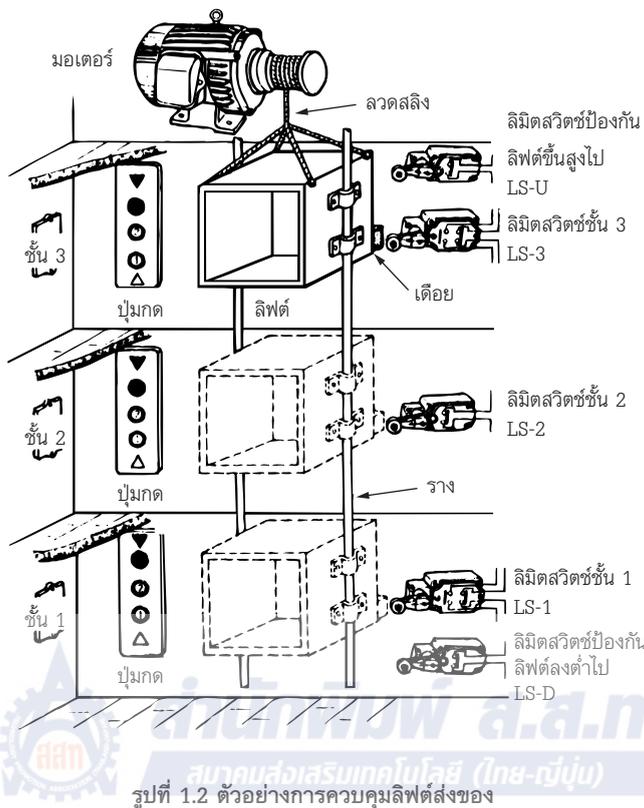
จะสั่งเครื่องสูบน้ำหยุดทำงานทันที มิฉะนั้นน้ำจะล้นถัง เมื่อมีการใช้น้ำ ระดับน้ำในถังจะลดต่ำลงมาเรื่อยๆ จนถึงระดับต่ำสุดอีก วงจรควบคุมก็จะสตาร์ทเครื่องสูบน้ำให้ทำงานอีกเป็นเช่นนี้เรื่อยไป น้ำในถังก็จะมีพอสำหรับจ่ายให้ผู้ใช้ในอาคารได้ตลอดเวลา



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างวงจรซีเควนซ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำในอาคารสูง

1.2.2 การควบคุมลิฟต์สงบ

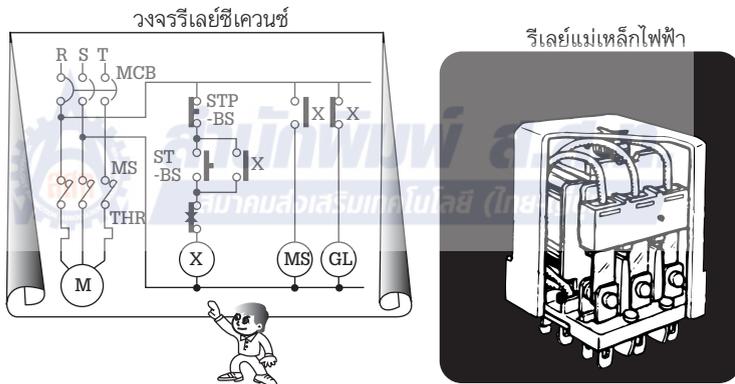
ในภัตตาคาร โรงเก็บวัสดุของโรงงาน และตามสถานที่ที่ต้องส่งของตามชั้นต่าง ๆ มักจะมีลิฟต์ส่งของขนาดเล็ก ลิฟต์นี้จะช่วยส่งของหรืออาหารจากชั้นหนึ่งไปยังชั้นอื่น ในแต่ละชั้นจะมีสวิทช์ปุ่มกดติดตั้งไว้ เมื่อต้องการเรียกลิฟต์มาที่ชั้นที่ผู้ใช้ขอยกก็เพียงแต่กดปุ่มเรียก เมื่อลิฟต์เลื่อนมาถึงก็จัดการนำสิ่งของหรืออาหารเข้าไปในลิฟต์ แล้วกดปุ่มบังคับให้ลิฟต์เคลื่อนไปยังชั้นที่ต้องการได้อย่างอัตโนมัติ ลิฟต์นี้จะถูกควบคุมด้วยวงจรซีเควนซ์โดยวงจรควบคุมจะรับสัญญาณจากสวิทช์ปุ่มกดที่อยู่ที่ชั้นต่าง ๆ และรับสัญญาณจากลิมิตสวิทช์ตามชั้นต่าง ๆ เพื่อทราบตำแหน่งที่อยู่ของห้องลิฟต์ จากนั้นวงจรควบคุมจะออกคำสั่งบังคับให้มอเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ดึงลิฟต์ให้หมุนเดินหน้า หรือถอยหลัง หรือหยุดหมุนตามตำแหน่งเดิมของลิฟต์ ตัวอย่างการควบคุมลิฟต์นี้จะเห็นได้ชัดว่า ภายในวงจรควบคุมซีเควนซ์จะต้องประกอบด้วยหน่วยรับคำสั่งจากสวิทช์ปุ่มกด หน่วยประมวลผล หน่วยตรวจวัดตำแหน่งของลิฟต์ (ลิมิตสวิทช์) และหน่วยขับเคลื่อนมอเตอร์ และมอเตอร์จะเป็นจุดมุ่งหมายหลักของการควบคุมนี้



1.3 ชนิดของวงจรควบคุมซีเควนซ์

วงจรควบคุมซีเควนซ์ที่ใช้กันมานาน และปัจจุบันก็เป็นที่ยอมรับใช้กันมาก ได้แก่ วงจรซีเควนซ์ที่ใช้องค์ประกอบวงจรเป็นสวิตช์และรีเลย์ หรือองค์ประกอบวงจรที่มีหน้าสัมผัส เราเรียกววงจรซีเควนซ์ที่ใช้องค์ประกอบวงจรพวกนี้ว่า “วงจรรีเลย์ซีเควนซ์ (relay sequential circuit)” ต่อมาด้วยความเจริญก้าวหน้าทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้มีการผลิตสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดต่าง ๆ ขึ้นมา เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ SCR TRIAC และไอซี (integrated circuit) สิ่งประดิษฐ์เหล่านี้สามารถนำมาประกอบเป็นวงจรเพื่อสร้างอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แทนรีเลย์และคอนแทกเตอร์ได้ จึงทำให้เกิดวงจรซีเควนซ์แบบใหม่ ซึ่งภายในเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เราเรียกววงจรซีเควนซ์แบบนี้ว่า “วงจรถลอจิกซีเควนซ์ (logic sequential circuit)” ปัจจุบันด้วยการพัฒนาทางด้านไมโครคอมพิวเตอร์ และไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนสามารถทำเป็นชิปสำเร็จรูปขนาดเล็กได้ จึงเกิดตัวควบคุมซีเควนซ์ชนิดที่โปรแกรมได้ เรียกว่า ตัวควบคุมที่โปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller) หรือเรียกย่อว่า PLC

1.3.1 วงจรรีเลย์ซีเควนซ์ หมายถึง วงจรควบคุมที่ประกอบด้วยองค์ประกอบวงจรที่มีหน้าสัมผัสเชิงกล (mechanical contact) ได้แก่ สวิตช์ต่าง ๆ รีเลย์ คอนแทกเตอร์ เป็นต้น สัญญาณในระบบรีเลย์ซีเควนซ์จะเป็นสถานะของหน้าสัมผัส ซึ่งมีเพียง 2 สถานะเท่านั้นคือ หน้าสัมผัส “เปิด” หรือ “ปิด” เมื่อหน้าสัมผัสเปิดกระแสจะไม่สามารถไหลผ่านได้ ถ้าหน้าสัมผัสปิดกระแสจะไหลผ่านได้ จากการนำเอาหน้าสัมผัสของสวิตช์และรีเลย์มาต่อเป็นวงจร ทำให้สามารถกำหนดเงื่อนไขการไหลหรือไม่ไหลของกระแสได้ ซึ่งทำให้เราสามารถกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของเครื่องจักรได้ในที่สุด รูปที่ 1.3 เป็นรูปตัวอย่างที่แสดงให้เห็นองค์ประกอบของวงจรของวงจรรีเลย์ซีเควนซ์นี้ ส่วนตารางที่ 1.1 เป็นตารางที่เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของวงจรรีเลย์ซีเควนซ์ จะเห็นว่าข้อดีของวงจรชนิดนี้อยู่ตรงที่สามารถขับโหลดได้สูง ทนทานต่อสัญญาณรบกวนและมีคุณสมบัติเชิงอุณหภูมิ จึงทำให้วงจรรีเลย์ซีเควนซ์นี้ได้รับความนิยมตลอดเวลา และคงจะไม่เลิกใช้งานในอนาคตอันใกล้



รูปที่ 1.3 ตัวอย่างวงจรรีเลย์ซีเควนซ์

ตารางที่ 1.1 ข้อดีข้อเสียของวงจรรีเลย์ซีเควนซ์

ข้อดี	ข้อเสีย
(1) สามารถขับโหลด (load) ได้มาก (เปิดเปิดวงจรที่มีกระแสมากได้)	(1) สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้ามาก
(2) ทนภาวะโหลดเกิน (overload capacity) ได้มาก	(2) เนื่องจากหน้าสัมผัสจะสึกกร่อนทำให้มีอายุใช้งานจำกัด
(3) ทนทานต่อสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า (electrical noise)	(3) การทำงานช้า
(4) คุณสมบัติเชิงอุณหภูมิดีมาก	(4) อาจจะทำงานผิดพลาดถ้าได้รับการสั่นสะเทือนหรือการกระแทก
(5) สามารถแยกอินพุตและเอาต์พุตออกจากกันได้อย่างเด็ดขาด	(5) มีขีดจำกัดในการทำให้ขนาดของอุปกรณ์เล็กลง
(6) สามารถต่อวงจรทางด้านเอาต์พุตหลาย ๆ วงจรที่เป็นอิสระต่อกันในเวลาเดียวกัน	
(7) สามารถตรวจสอบการทำงานได้โดยง่าย	