ไมโครคอนโทรลเลอร์
และการประยุกต์ใช้งานควบคุมหุ่นยนต์

พนัส นักฤทธิ์

ตัวอย่าง

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House
www.nupress.grad.nu.ac.th

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

พนัส นัถฤทธิ์.
ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้ในงานควบคุมหุ่นยนต์.-- พิษณุโลก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560.
234 หน้า.
1. ไมโครคอนโทรลเลอร์. 2. หุ่นยนต์. I. ชื่อเรื่อง.
629.895
ISBN 978-616-426-032-0
ISBN (e-book) 978-616-426-033-7
สพน. 028

ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้ในงานควบคุมหุ่นยนต์
พนัส นัถฤทธิ์

สงวนลิขสิทธิ์โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
พิมพ์ครั้งที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2560 จำนวนพิมพ์ 500 เล่ม ราคา 320 บาท

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้จัดพิมพ์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
มีวางจำหน่ายที่
1. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิทยกิตติ์ ชั้น 14 ซอยจุฬาลงกรณ์ 64 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
   สาขา ศาลาพระเกี้ยว กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-7000-3
   สยามสแควร์ กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-9881, 0-2255-4433
   มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-5
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โทร. 0-4421-6131-2
   มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9
   โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (รร.จปร.) จังหวัดนครนายก โทร. 0-3739-3023, 0-3739-3036
   จัตุรัสจามจุรี กรุงเทพฯ โทร. 0-2160-5301
   รัตนาธิเบศร์ จังหวัดนนทบุรี โทร. 0-2950-5408-9
   มหาวิทยาลัยพะเยา โทร. 0-5446-6799, 0-5446-6800
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน โทร. 0-4492-2662-3
   สาขาย่อยคณะครุศาสตร์จุฬาฯ โทร. 0-2218-3979
2. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-0113
3. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อาคารอเนกประสงค์ ชั้น 1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ถนนพระจันทร์ แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2613-3899, 0-2623-6493
   สาขา ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โทร. 0-5394-4990-1
   ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา โทร. 0-7428-2980, 0-7428-2981
4. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 หมู่ 16 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 โทร. 0-4320-2842

กองบรรณาธิการ กองบรรณาธิการจัดทำเอกสารสิ่งพิมพ์ทางวิชาการของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
ออกแบบปก วิสิฐ จันมา และ พนัส นัถฤทธิ์
จัดรูปเล่ม นัฏฐิกา นวพันธุ์
พิมพ์ที่ รัตนสุวรรณการพิมพ์ 3 30-31 ถนนพญาลิไท อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0-5525-8101

ตัวอย่าง

คำนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการยอมรับและถูกนำไปใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมประเภทต่างๆ ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่มาแล้วเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลดังกล่าวถูกผลิตออกมาจำหน่ายหลายรุ่นด้วยกัน โดยแต่ละรุ่นจะมีโครงสร้างและส่วนประกอบหลักคล้ายคลึงกัน และด้วยโครงสร้างพื้นฐานและสถาปัตยกรรมที่เข้าใจง่าย ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จึงเป็นหนึ่งในทางเลือกในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาระบบควบคุมตามวัตถุประสงค์ต่างๆ อย่างกว้างขวาง

หนังสือ “ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้ในงานควบคุมหุ่นยนต์” เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ และเพื่อใช้เป็นแหล่งความรู้ให้กับนิสิต นักศึกษา ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ เมคคาทรอนิกส์ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ภายในหนังสือได้กล่าวถึงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อย่างเป็นขั้นตอน โดยมุ่งหวังให้ผู้อ่านสามารถทำความเข้าใจกับเนื้อหาได้เป็นอย่างดี แต่ละบทจะมีตัวอย่างการใช้งานและตัวอย่างของโปรแกรมควบคุมที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยภาษาแอสเซมบลีและภาษาซี พร้อมคำอธิบายและรูปภาพประกอบ รวมถึงตัวอย่างการพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่สำหรับใช้งานในวัตถุประสงค์ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อก่อให้เกิดเป็นแนวทางในการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนัส นัถฤทธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตัวอย่าง

สารบัญ

บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ **1**

1.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์ 2

1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 2

1.3 โครงสร้างและคุณลักษณะพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 4

1.4 บทสรุป 6

บทที่ 2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 **7**

2.1 การจัดขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 8

2.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 12

2.3 หน่วยความจำและรีจิสเตอร์ 13

2.4 หน่วยความจำภายนอก 21

2.5 กระบวนการทำงานและความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 25

2.6 บทสรุป 29

บทที่ 3 ชุดคำสั่งและการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี **31**

3.1 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 32

3.2 การเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี 45

3.3 เครื่องมือในการพัฒนางานสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 48

3.4 บทสรุป 49

บทที่ 4 การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ **51**

4.1 โครงสร้างของภาษาซี 52

4.2 ตัวดำเนินการในภาษาซี 54

4.3 คำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานในภาษาซี 56

ตัวอย่าง

4.4 อาร์เรย์และพอยน์เตอร์ในภาษาซี 58
4.5 การสร้างฟังก์ชันในภาษาซี 60
4.6 บทสรุป 60

บทที่ 5 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต 62
5.1 พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 63
5.2 คำสั่งในการใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 63
5.3 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับอุปกรณ์อินพุต 64
5.4 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับอุปกรณ์เอาต์พุต 67
5.5 บทสรุป 82

บทที่ 6 การอินเตอร์รัพท์ 83
6.1 การอินเตอร์รัพท์ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 84
6.2 สัญญาณอินเตอร์รัพท์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 85
6.3 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัพท์ 86
6.4 การออกแบบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ 91
6.5 การอินเตอร์รัพท์จากสัญญาณภายนอก 91
6.6 บทสรุป 98

บทที่ 7 การใช้งานไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ 100
7.1 ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 101
7.2 การใช้งานไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ 104
7.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์โดยวิธีอินเตอร์รัพท์ 115
7.4 บทสรุป 118

บทที่ 8 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม 120
8.1 พื้นฐานการสื่อสารแบบอนุกรม 121
8.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม 122

ตัวอย่าง

8.3 การควบคุมการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 129
8.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโดยวิธีอินเตอร์รัพท์ 136
8.5 บทสรุป 138

บทที่ 9 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับเซนเซอร์ 140
9.1 ประเภทของเซนเซอร์ที่ใช้งานอยู่โดยทั่วไป 142
9.2 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเซนเซอร์ 143
9.3 การเขียนโปรแกรมรับค่าสัญญาณจากเซนเซอร์ 147
9.4 บทสรุป 150

บทที่ 10 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 151
10.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 152
10.2 วงจรขยายสัญญาณสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 153
10.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 157
10.4 บทสรุป 165

บทที่ 11 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์ 166
11.1 นิยามของหุ่นยนต์ 167
11.2 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ 167
11.3 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ 168
11.4 สถาปัตยกรรมการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 169
11.5 บทสรุป 172

บทที่ 12 การพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวาง 173
12.1 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวาง 174
12.2 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวาง 174
12.3 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต 177
12.4 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวาง 179

ตัวอย่าง

12.5 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวาง 184
12.6 บทสรุป 186

บทที่ 13 การพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแสง 187
13.1 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแสง 188
13.2 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต 189
13.3 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแสง 192
13.4 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแสง 194
13.5 บทสรุป 195

บทที่ 14 การพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นสีดำ 196
14.1 การทำงานของเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด 197
14.2 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นสีดำ 199
14.3 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต 200
14.4 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นสีดำ 202
14.5 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นสีดำ 205
14.6 บทสรุป 207

ภาคผนวก 208
ภาคผนวก ก. ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 209
ภาคผนวก ข. คุณลักษณะของไอซีเบอร์ LM741 216
ภาคผนวก ค. คุณลักษณะของไอซีเบอร์ L293D 217
ภาคผนวก ง. คุณลักษณะของไอซีเบอร์ LM358 219

บรรณานุกรม 220

ตัวอย่าง

1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ปัจจุบันการใช้งานอุปกรณ์อำนวยความสะดวกประเภทต่างๆ ทั้งในภาคครัวเรือน และภาคอุตสาหกรรม ได้มีการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมการทำงาน อาทิเช่น การใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่และอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ยานพาหนะ รวมถึงเครื่องจักรกลการผลิตในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เป็นต้น โดยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานควบคุมดังกล่าวจะมีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central Processing Unit)

หน่วยประมวลผลกลางมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลตามคำสั่งหรือโปรแกรม โครงสร้างภายในประกอบไปด้วยหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก รีจิสเตอร์ บัสแอดเดรส บัสข้อมูล และบัสควบคุม เมื่อรวมกันแล้วอาจเป็นที่รู้จักกันดีในชื่อ ไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) ปัจจุบันมีหลายบริษัทได้ทำการพัฒนาไมโครโพรเซสเซอร์ออกสู่ท้องตลาด ตัวอย่างที่รู้จักกันแพร่หลาย ได้แก่ ไมโครโพรเซสเซอร์ของบริษัทอินเทล (Intel) บริษัทแอทเมล (Atmel) และบริษัทฟิลิปส์ (Philips) เป็นต้น

หน่วยความจำ

หน่วยความจำมีหน้าที่ในการเก็บสถานะของข้อมูลและชุดคำสั่งสำหรับใช้ในการประมวลผลของระบบคอมพิวเตอร์ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ หน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำแบบ ROM (Read Only Memory) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมเพื่อส่งให้กับหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูดำเนินการ ข้อมูลภายในหน่วยความจำประเภทนี้จะคงอยู่ได้แม้ไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ สำหรับหน่วยความจำอีกประเภทคือหน่วยความจำข้อมูลหรือหน่วยความจำแบบ RAM (Random Access Memory) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เกิดจากการประมวลผลของซีพียู อย่างไรก็ตามหน่วยความจำประเภทนี้จะไม่สามารถเก็บค่าข้อมูลไว้ได้ตลอดเวลา หากมีการหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลในหน่วยความจำจะสูญหายไปทันที

พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต

พอร์ต (Port) คือช่องทางเข้าออกของข้อมูล โดยที่ช่องทางรับเข้าหรือพอร์ตอินพุต (Input Port) เป็นช่องทางในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามาในระบบคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างของข้อมูลอินพุต ได้แก่ สัญญาณที่รับมาจากอุปกรณ์รับรู้หรือเซนเซอร์ประเภทต่างๆ สำหรับช่องทางส่งออกหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) นั้นจะทำหน้าที่ส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อแสดงผล ตัวอย่างเช่น สัญญาณควบคุมการติดหรือดับของหลอดไฟแอลอีดี (LED – Light Emitting Diode) หรือสัญญาณควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

การที่ระบบคอมพิวเตอร์จะทำงานได้นั้นนอกจากจะต้องการพลังงานไฟฟ้าแล้ว ยังต้องการสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะการทำงานอีกด้วย ภาพรวมของระบบคอมพิวเตอร์เบื้องต้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.1

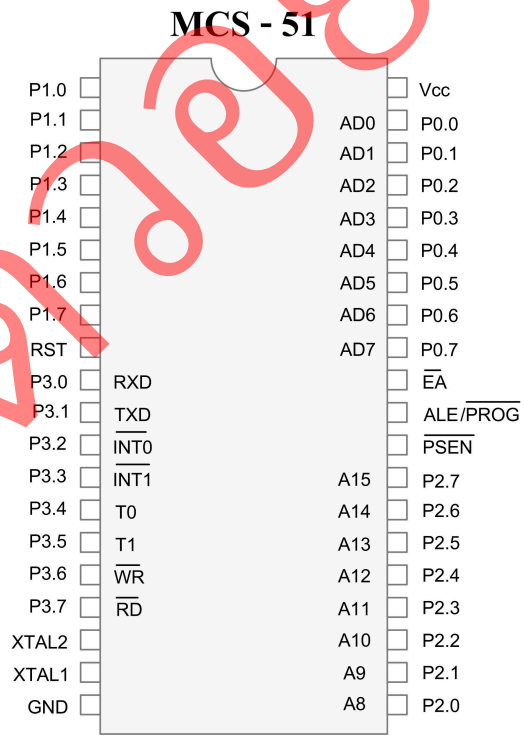
ตัวอย่าง

2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรเลอร์

ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์ โดยที่แต่ละเบอร์อาจมีโครงสร้างภายในที่แตกต่างกันไป เช่น บางเบอร์อาจจะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM หรือแบบ Flash บางเบอร์อาจมีขนาดของหน่วยความจำข้อมูลภายใน (RAM) เท่ากับ 128 ไบต์ ในขณะที่บางเบอร์อาจมีขนาด 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวสามารถศึกษาได้จากคู่มือของไอซีเบอร์นั้นๆ โดยตรง นอกจากโครงสร้างภายในที่แตกต่างกันแล้ว ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ยังมีลักษณะของแพ็กเกจหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันไป ยกตัวอย่างเช่น แพ็กเกจแบบ DIP (Dual In-line Package) ที่ใช้ในไอซีเบอร์ 80C31 80C51 หรือ AT89C51 จะมีขาสัญญาณจำนวน 40 ขา โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มของขาสัญญาณแอดเดรส สัญญาณข้อมูล และสัญญาณควบคุม ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป

2.1 การจัดขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

การจัดตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบบ 40 ขานั้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 โดยแต่ละขามีรายละเอียดดังนี้ [2]



รูปที่ 2.1 การจัดขาสัญญาณของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา

ตัวอย่าง

3 ชุดคำสั่งและการเขียนโปรแกรม กาแฟสีชมพู

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ถือเป็นหนึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลที่ได้รับความนิยมอย่างสูง เนื่องจากใช้งานง่ายและสามารถเขียนโปรแกรมได้ทั้งภาษาแอสเซมบลีและภาษาซี อีกทั้งยังมีทรัพยากรที่อำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรม สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเพื่อเป็นความรู้พื้นฐานในการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

3.1 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการประมวลผลแบบ 8 บิต ดังนั้นรหัสคำสั่งสำหรับใช้ควบคุมการทำงานจึงมีขนาด 8 บิตด้วย โดยรหัสคำสั่งดังกล่าวจะอยู่ในรูปแบบของเลขฐานสองหรือเลขฐานสิบหก เรียกว่า รหัสภาษาเครื่อง (Machine Code) ซึ่งแต่ละคำสั่งอาจมีขนาด 1 2 หรือ 3 ไบต์ อย่างไรก็ตามการใช้งานชุดคำสั่งในรูปแบบของเลขฐานนั้นอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ เนื่องจากจดจำและเข้าใจยาก ดังนั้นจึงมีการพัฒนารหัสคำสั่งช่วยจำ (Mnemonic) ขึ้นมาสำหรับใช้งานแทนรหัสภาษาเครื่องเพื่อให้เข้าใจและใช้งานได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างของรหัสคำสั่งที่ใช้ในการเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ A ขึ้นหนึ่งค่าคือคำสั่ง INC A ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างรหัสคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

รหัสภาษาเครื่อง (Machine Code)		**รหัสคำสั่งช่วยจำ (Mnemonic)**	
ฐานสอง	ฐานสิบหก	รหัสดำเนินการ	ตัวถูกดำเนินการ
00000100B	04H	INC	A

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าในรหัสคำสั่งช่วยจำนั้นจะมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนของรหัสดำเนินการ (Operation Code หรือ Op-Code) ซึ่งเป็นตัวบอกว่าจะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดำเนินการอะไร และส่วนของตัวถูกดำเนินการ (Operand) ซึ่งเป็นตัวบอกว่าสิ่งที่ถูกกระทำคืออะไร

3.1.1 การเข้าถึงตำแหน่งของข้อมูลในรูปแบบต่างๆ

การเข้าถึงตำแหน่งหรือแอดเดรสของหน่วยความจำเพื่อนำเอาข้อมูลในตำแหน่งต่างๆ มาประมวลผลนั้น เรียกว่า การอ้างตำแหน่งหรือการกำหนดเลขที่อยู่ (Addressing) ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นั้นจะมีการอ้างตำแหน่งอยู่ 8 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดเป็นดังนี้

การอ้างตำแหน่งโดยรีจิสเตอร์ (Register Addressing)

การอ้างตำแหน่งโดยรีจิสเตอร์เป็นการเข้าถึงข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในรีจิสเตอร์โดยตรง เช่น ข้อมูลที่เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์ A รีจิสเตอร์ R0 – R7 รีจิสเตอร์ DPTR เป็นต้น ตัวอย่างของชุดคำสั่งที่ใช้การอ้างตำแหน่งรูปแบบนี้แสดงดังตารางที่ 3.2

ตัวอย่าง

4 การเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

การเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีสำหรับควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีข้อดีที่ผลลัพธ์ของโปรแกรมจะมีขนาดเล็กรวมถึงมีการทำงานของที่รวดเร็ว อย่างไรก็ตามในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีนั้นโครงสร้างของโปรแกรมจะดูยุ่งยากและจำนวนบรรทัดในการเขียนโปรแกรมจะมีมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูง เช่น ภาษาซี หรือภาษาเบสิค เป็นต้น ในปัจจุบันคอมไพเลอร์ซึ่งใช้สำหรับการแปลภาษาได้ถูกพัฒนาขึ้นจนสามารถทำการแปลภาษาระดับสูงให้มีผลลัพธ์ของโปรแกรมเป็นรหัสภาษาเครื่องที่มีขนาดเล็กลงมาก ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูงเป็นที่นิยมมากขึ้น สำหรับเนื้อหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้เป็นการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ทั้งนี้เนื่องจากภาษาซีเป็นภาษาแบบโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถนำไปใช้กับงานที่ซับซ้อนได้ ส่งผลให้การพัฒนาโปรแกรมสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว

4.1 โครงสร้างของภาษาซี

การเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นั้น คำสั่งต่างๆ จะเป็นการดำเนินการกับรีจิสเตอร์ พอร์ต และหน่วยความจำต่างๆ ดังนั้นผลลัพธ์จากการทำงานของโปรแกรมจะเกี่ยวข้องกับการย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์กับหน่วยความจำเป็นส่วนใหญ่ ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ขึ้นครั้งละหนึ่ง แล้วนำค่าที่ได้ไปเป็นข้อมูลในพอร์ต 1 (รีจิสเตอร์ P1) โดยโปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นให้รีจิสเตอร์มีค่าเท่ากับ 0 และสิ้นสุดเมื่อค่าในรีจิสเตอร์เท่ากับ 255 จะสามารถเขียนโปรแกรมเป็นภาษาแอสเซมบลีได้ดังนี้

```
        ORG 0000H                   ;กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม
        MOV     R0, #00H
LOOP:   MOV     P1, R0
        INC     R0
        CJNE    R0, #0FFH, LOOP
        MOV     P1, R0
        END                         ;สิ้นสุดโปรแกรม
```

โดยหากต้องการเขียนโปรแกรมดังกล่าวเป็นโปรแกรมภาษาซีสามารถทำได้ดังนี้

```
#include <reg51.h>          //ไฟล์ reg51.h บรรจุชื่อรีจิสเตอร์ต่างๆ ของ MCS-51 ไว้
main ()
{
        unsigned char i;
        for(i=0; i<=255; i++)
          P1 = i;
}
```

5 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีความจำเป็นที่จะต้องติดต่อกับวงจรหรืออุปกรณ์ภายนอกเสมอ ยกตัวอย่างเช่นการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตและทำการส่งข้อมูลออกไปทางอุปกรณ์เอาต์พุต โดยกระบวนการดังกล่าวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ต (Port) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าพอร์ตคือช่องทางในการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการใช้งานพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายนอก

5.1 พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สำหรับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น พอร์ตหมายถึงตำแหน่งหรือแอดเดรสหนึ่งที่ถูกกำหนดไว้เพื่อทำหน้าที่โอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อจะขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนที่ของข้อมูลเมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก ดังนั้นการนำข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์ภายนอกจะเรียกว่า การรับเข้า (Input) และในทางกลับกันหากส่งข้อมูลออกไปจะเรียกว่า การส่งออก (Output)

พอร์ตสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะการโอนย้ายข้อมูลภายในพอร์ต คือ พอร์ตขนาน (Parallel Port) ซึ่งจะทำการส่งจำนวนบิตทั้งหมดของข้อมูลออกมาหรือรับเข้าไปพร้อมกันในคราวเดียว และพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ซึ่งจะทำการโอนย้ายข้อมูลเข้าออกคราวละบิตจนครบจำนวน โดยในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะพอร์ตขนานเท่านั้น ส่วนรายละเอียดการทำงานของพอร์ตอนุกรมจะกล่าวถึงภายหลังในบทที่ 8

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นั้นประกอบด้วยพอร์ตขนานจำนวน 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 พอร์ต 1 พอร์ต 2 และพอร์ต 3 (P0 – P3) แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต สามารถใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตภายนอกได้ ในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานพอร์ตต่างๆ ยกตัวอย่างเช่นการใช้งานพอร์ต 0 เป็นพอร์ตเอาต์พุตนั้น สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูลไปที่หน่วยความจำของพอร์ต 0 และในทางกลับกันหากต้องการใช้งานพอร์ต 0 เป็นพอร์ตอินพุตก็สามารถทำได้โดยการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของพอร์ต 0 เช่นกัน นอกจากนี้แล้วพอร์ตทั้ง 4 พอร์ตของ MCS-51 ยังสามารถอ้างถึงข้อมูลในระดับบิตได้อีกด้วย สำหรับลักษณะและโครงสร้างภายในของพอร์ตแต่ละพอร์ตนั้นสามารถทบทวนรายละเอียดได้จากบทที่ 2

5.2 คำสั่งในการใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เนื่องจากการอ้างถึงพอร์ตหรือรีจิสเตอร์ต่างๆ ภายในระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นั้นจะเป็นการติดต่อกับหน่วยความจำในตำแหน่งนั้นๆ โดยตรง ดังนั้นในการดำเนินการเพื่อรับข้อมูลเข้ามาจากพอร์ตของ MCS-51 จึงสามารถทำได้โดยการใช้คำสั่งในการอ่านค่าจากหน่วยความจำซึ่งถูกออกแบบไว้ให้เป็นตำแหน่งของพอร์ต ในทางกลับกันหากต้องการส่งออกข้อมูลก็สามารถทำได้โดยการเขียนค่าข้อมูลไปยังตำแหน่งของหน่วยความจำนั้น โดยสำหรับพอร์ต 0 ของ MCS-51 ได้ถูกออกแบบไว้ให้มีแอดเดรสอยู่ที่

ตัวอย่าง

6 การอินเทอร์รัพท์

การทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์โดยปกติมักมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกร่วมอยู่ด้วย ดังนั้นระบบจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์เหล่านั้นอยู่เสมอ ยกตัวอย่างเช่น หากมีการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับสวิตช์ซึ่งใช้ในการควบคุมระบบการนับจำนวนคนที่เดินผ่านประตูทางเข้าอาคาร ขณะที่ระบบนับกำลังทำงานอยู่หากมีการกดสวิตช์จะทำให้ระบบหยุดทำงาน ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบดังกล่าวอาจต้องสั่งให้ระบบคอยทำการตรวจสอบสถานะของสวิตช์ไปด้วยว่าถูกกดหรือไม่ การเขียนโปรแกรมในลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่า การเขียนโปรแกรมแบบหยั่งสัญญาณหรือแบบโพลลิ่ง (Polling) อย่างไรก็ตามในการเขียนโปรแกรมแบบนี้ หากมีอุปกรณ์ภายนอกจำนวนมากเชื่อมต่ออยู่กับระบบอาจทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เสียเวลาในการทำงานหลักไปเนื่องจากต้องคอยมาตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ดังกล่าว การอินเตอร์รัพท์ (Interrupt) จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจัดการตอบรับหรือตอบสนองการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกในลักษณะดังกล่าวได้อย่างรวดเร็ว โดยจะปล่อยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานหลักที่ถูกกำหนดไว้ หากมีอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับระบบก็จะส่งสัญญาณเข้ามาขัดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงไม่ต้องเสียเวลาในการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ดังกล่าว ส่งผลให้การทำงานของระบบเป็นไปอย่างรวดเร็ว

6.1 การอินเตอร์รัพท์ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

การอินเตอร์รัพท์เป็นการขัดจังหวะการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งกำลังดำเนินการอยู่ โดยกระบวนการเกิดการอินเตอร์รัพท์นั้นจะคล้ายกับการที่คนเรากำลังทำงานบางอย่างอยู่ เช่น กำลังอ่านหนังสืออยู่ แล้วมีเสียงโทรศัพท์ดังขึ้น การจัดการกับสถานการณ์ดังกล่าวนั้นสามารถทำได้หลายลักษณะ ตัวอย่างเช่น

1. ไม่สนใจกับเสียงโทรศัพท์ และยังคงอ่านหนังสือต่อไปเช่นเดิม
2. หยุดพักการอ่านหนังสือไว้ชั่วขณะ และตอบรับโทรศัพท์เพื่อสนทนา หลังจากจบการสนทนาแล้วจึงกลับมาอ่านหนังสือต่อไป
3. เลิกอ่านหนังสือโดยทันที และตอบรับโทรศัพท์เพื่อสนทนา

ตัวอย่างข้างต้นแสดงให้เห็นถึงลักษณะของการอินเตอร์รัพท์ โดยเสียงโทรศัพท์นั้นทำหน้าที่เป็นสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่ติดต่อเข้ามาหาขณะที่ระบบกำลังทำงานอย่างอื่นอยู่ (อ่านหนังสือ) หลังจากตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์เรียบร้อยแล้ว ระบบอาจยุติการทำงานหรือกลับมาดำเนินงานที่ค้างอยู่ต่อไป

หากพิจารณาการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ กระบวนการอินเตอร์รัพท์จะเกิดขึ้นขณะที่ระบบกำลังทำงานโปรแกรมหลักอยู่ เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์เข้ามาระบบจะละทิ้งการทำงานหลัก และไปทำงานที่โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt Service Routine) หลังจากเสร็จสิ้นการทำงานที่โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์แล้ว ระบบจะกลับมาทำงานที่โปรแกรมหลักตามเดิม ดังแสดงในรูปที่ 6.1

ตัวอย่าง

7 การใช้งานไฟล์เพอร์เซ็นต์การ์ด

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับงานควบคุมประเภทต่างๆ จำเป็นต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการนับหรือจับเวลา ยกตัวอย่างเช่น การนับจำนวนพัลส์ที่เข้ามาในระบบ หรือการหน่วงเวลาการทำงานภายในโปรแกรม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการดำเนินการดังกล่าวสามารถทำได้โดยวิธีการทางด้านซอฟต์แวร์ เช่น การเขียนโปรแกรมเพื่อวนรอบนับสัญญาณหรือจับเวลา อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวจะส่งผลให้ระบบต้องเสียเวลาในการดูแลงานเหล่านั้นและอาจทำให้การทำงานที่เกี่ยวกับฐานเวลาไม่แม่นยำเท่าที่ควร ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภายในการทำงานของระบบ การดำเนินงานในลักษณะดังกล่าวจึงควรใช้งานวงจรนับ/จับเวลา (Timer/Counter) ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยการเขียนโปรแกรม โดยหากเป็นการนับสัญญาณจากภายนอกจะเป็นการใช้งานเป็นตัวนับ ในขณะที่หากเป็นการนับสัญญาณนาฬิกาภายในระบบเองจะเป็นการใช้งานเป็นตัวจับเวลา

7.1 ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ที่นิยมใช้กันทั่วไป เช่น เบอร์ 8031 และเบอร์ 8051 จะมีวงจรนับ/จับเวลาอยู่ 2 ตัว คือ Timer0 และ Timer1 ซึ่งทั้งสองตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต สามารถเขียนโปรแกรมให้ทำงานร่วมกับรีจิสเตอร์ตัวอื่นๆ เพื่อทำงานเป็นตัวนับสัญญาณหรือตัวจับเวลาได้ โดยมีรายละเอียดการทำงานเป็นดังนี้

7.1.1 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานวงจรนับ/จับเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีรายละเอียดเป็นดังนี้

รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counter)

รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการนับและจับเวลาขนาด 16 บิต ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว คือ Timer0 และ Timer1 แต่ละตัวจะประกอบด้วยรีจิสเตอร์สำหรับเก็บค่าการนับขนาด 8 บิตจำนวน 2 ตัว คือ รีจิสเตอร์ TH0 กับ TL0 สำหรับการใช้งาน Timer0 และรีจิสเตอร์ TH1 กับ TL1 สำหรับการใช้งาน Timer1 การกำหนดค่าการนับหรือการตั้งค่าเวลาสามารถทำได้โดยการระบุข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตดังกล่าว หรือระบุค่าไปที่แอดเดรสของรีจิสเตอร์เหล่านั้นโดยตรง โดยรีจิสเตอร์ TL0 TL1 TH0 และ TH1 จะมีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 8AH 8BH 8CH และ 8DH ตามลำดับ

รีจิสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control)

รีจิสเตอร์ TMOD เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 89H ทำหน้าที่กำหนดโหมดการทำงานของวงจรนับ/จับเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 การใช้งานรีจิสเตอร์ TMOD แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 บิต โดย 4 บิตด้านบนจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Timer1 ในขณะที่ 4 บิตด้านล่างนั้นจะใช้ควบคุมการทำงานของ Timer0 รูปที่ 7.1 แสดงลักษณะของรีจิสเตอร์ TMOD โดยมีรายละเอียดของแต่ละบิตเป็นดังนี้

ตัวอย่าง

8 การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน

ตัวอย่าง

การสื่อสารข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์มีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบคือ การสื่อสารแบบขนาน (Parallel communication) และการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial communication) การสื่อสารแบบขนานนั้น ระบบจะทำการส่งข้อมูลทุกบิตออกไปพร้อมๆ กัน ในขณะที่การสื่อสารแบบอนุกรมจะเป็นการส่งข้อมูลออกไปทีละบิต โดยทั่วไปแล้วการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยกันเองนั้นจะใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อได้เปรียบหลายด้านหากเปรียบเทียบกับการสื่อสารแบบขนาน ยกตัวอย่างเช่น ในการสื่อสารข้อมูลขนาด 1 ไบต์ หากใช้การสื่อสารข้อมูลแบบขนานจะต้องใช้สายสัญญาณจำนวนมากกว่าการสื่อสารแบบอนุกรมถึง 8 เท่า ส่งผลให้เกิดความสิ้นเปลืองและความไม่สะดวกในการใช้งาน อย่างไรก็ตามการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนั้นจะทำได้ช้ากว่าแบบขนาน แต่ค่าใช้จ่ายจะต่ำกว่ามาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยพอร์ตอนุกรมซึ่งใช้ในการรับส่งข้อมูลได้สองทิศทางในพอร์ตเดียวกัน เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ระบบจะทำการเปลี่ยนข้อมูลจากแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรมก่อนแล้วจึงส่งข้อมูลออกไป ทั้งนี้เนื่องจากการสื่อสารภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เองนั้นเป็นการสื่อสารแบบขนาน ในทางตรงกันข้ามหากไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์ภายนอก ระบบก็จะทำการเปลี่ยนข้อมูลดังกล่าวจากแบบอนุกรมให้เป็นแบบขนานก่อนแล้วจึงส่งข้อมูลไปประมวลผลผ่านทางบัสข้อมูลขนาด 8 บิตต่อไป

8.1 พื้นฐานการสื่อสารแบบอนุกรม

โดยทั่วไปแล้วหากอุปกรณ์สองตัวต้องการจะสื่อสารข้อมูลซึ่งกันและกัน จำเป็นต้องมีการกำหนดรูปแบบการสื่อสารเพื่อให้เข้าใจกันได้ รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลนี้เรียกว่า โพรโทคอล (Protocol) ซึ่งจะเป็นตัวบอกลักษณะของข้อมูล การเริ่มและการสิ้นสุดข้อมูล รวมถึงการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล เป็นต้น สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous) และการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสจะเป็นการสื่อสารแบบเข้าจังหวะเวลา โดยจะมีการใช้สัญญาณนาฬิกาเพื่อควบคุมการรับส่งข้อมูล ในขณะที่การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั้นจะเป็นการรับและส่งข้อมูลโดยอาศัยความพร้อมของทางด้านรับและด้านส่ง การสื่อสารรูปแบบนี้จะไม่ใช้สัญญาณนาฬิกาในการควบคุมการรับส่งข้อมูล แต่จะใช้การกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลให้มีค่าเท่ากันทั้งทางด้านรับและด้านส่ง และมีการกำหนดโพรโตคอลของข้อมูลขึ้นมาเพื่อใช้งานร่วมกันซึ่งการสื่อสารข้อมูลจะถูกควบคุมโดย UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ซึ่งเป็นรูปแบบของการสื่อสารที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

อัตราการรับส่งข้อมูล

ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเพื่อรับหรือส่งข้อมูลจะต้องกำหนดอัตราความเร็วระหว่างด้านรับและด้านส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งโดยทั่วไปจะทำการระบุความเร็วดังกล่าวในรูปแบบของจำนวนบิตต่อวินาที โดยเรียก

ตัวอย่าง

9 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับเซนเซอร์

ปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลให้มีความสามารถในการทำงานได้โดยอัตโนมัติและครอบคลุมงานประเภทต่างๆ อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวันไปจนถึงเครื่องจักรกลที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง การทำงานแบบอัตโนมัตินั้นมิได้หมายความว่าอุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลเหล่านั้นจะทำงานอย่างไรก็ได้ หากแต่จะเป็นการทำงานตามเงื่อนไขที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ โดยเงื่อนไขของการทำงานแบบอัตโนมัตินั้นเป็นเงื่อนไขที่ใช้สัญญาณทางกายภาพเป็นตัวกำหนด เช่น แรง อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความเข้มเสียง แรงดันไฟฟ้า เป็นต้น การจะเลือกใช้สัญญาณแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการจะควบคุม

การรับรู้ถึงสัญญาณทางกายภาพดังกล่าวนั้น จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ชนิดพิเศษเพื่อใช้ในการตรวจวัด โดยอุปกรณ์ชนิดพิเศษนั้น นอกจากจะสามารถวัดค่าปริมาณหรือสถานะต่างๆ ได้แล้ว จะต้องสามารถแปลงค่าสถานะหรือปริมาณที่วัดได้นั้น เป็นข้อมูลที่มนุษย์สามารถรับรู้และเข้าใจได้ด้วย เช่น ตัวเลข ตัวอักษร หรืออาจเป็นสัญญาณที่มีผลทางไฟฟ้า เพื่อนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่สามารถรับเอาข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผลและดำเนินการต่อไปตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ได้ ดังนั้นเนื้อหาในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงอุปกรณ์ชนิดพิเศษดังกล่าว ทั้งประเภทของอุปกรณ์ โครงสร้างการทำงาน รวมถึงการนำอุปกรณ์ชนิดพิเศษนั้นมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ อุปกรณ์ชนิดพิเศษดังกล่าว คือ ตัวรับรู้สัญญาณหรือเซนเซอร์ (Sensor) และตัวเปลี่ยนแปรสัญญาณหรือทรานสดิวเซอร์ (Transducer) นั่นเอง

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ซึ่งใช้ในการตรวจจับหรือรับรู้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางกายภาพ เช่น แรง อุณหภูมิ ความเข้มแสง เป็นต้น จากนั้นจึงเปลี่ยนข้อมูลดังกล่าวให้อยู่ในรูปของสัญญาณที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ในขณะที่ทรานสดิวเซอร์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงข้อมูลหรือสัญญาณจากรูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น การแปลงข้อมูลหรือสัญญาณรูปแบบต่างๆ ให้เป็นข้อมูลที่มีผลทางไฟฟ้า เช่น แรงดัน กระแส ความต้านทาน เป็นต้น โดยส่วนประกอบภายในทรานสดิวเซอร์นั้นอาจรวมถึงอุปกรณ์รับรู้หรือเซนเซอร์และส่วนปรับแต่งรูปสัญญาณ ดังนั้นจึงอาจมองได้ว่าทรานสดิวเซอร์และเซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในลักษณะเดียวกัน แต่อาจแตกต่างกันที่หลักการทำงานหรือลักษณะการใช้งาน ปัจจุบันทรานสดิวเซอร์และเซนเซอร์ถือได้ว่าเป็นคำกลาง ๆ ที่ถูกนำมาใช้ร่วมกัน

สัญญาณที่ได้รับจากเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์นั้น แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ สัญญาณแบบดิจิทัลซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประมวลผลได้ทันที และสัญญาณแบบแอนะล็อกซึ่งจำเป็นต้องทำการแปลงสัญญาณที่ได้นั้นให้เป็นสัญญาณที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประมวลผลได้ โดยการแปลงสัญญาณดังกล่าวอาจใช้ความรู้เรื่องออปแอมป์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน หรืออาจเลือกใช้ตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (A/D Converter) เพื่อให้ได้สัญญาณดิจิทัลที่สามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป

ตัวอย่าง

10 การเชื่อมต่อไม่ครบถ้วนโครเลสเตอรอล ก็มีผลต่อการเสี่ยงโรคหัวใจ

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถติดต่อกับวงจรหรืออุปกรณ์ภายนอกประเภทต่างๆ ได้โดยการรับส่งสัญญาณผ่านทางพอร์ต ยกตัวอย่างเช่นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตและการส่งข้อมูลออกไปควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุต สำหรับอุปกรณ์เอาต์พุตที่สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปได้แก่อุปกรณ์ทางกลซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ตัวอย่างของอุปกรณ์ทางกลที่เป็นพื้นฐานและพบเห็นได้บ่อยคือ มอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) และเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นต้น สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาเชื่อมต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

10.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor หรือ DC Motor) เป็นอุปกรณ์ทางกลที่เคลื่อนที่รอบแกนหมุน การหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับขดลวดสนามไฟฟ้าหรือขดลวดผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งอยู่ภายในตัวมอเตอร์ โดยแรงบิดของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งหากมีจำนวนมากจะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดที่สูงตามไปด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงส่วนใหญ่หากหมุนด้วยความเร็วสูงจะมีแรงบิดต่ำ ในทางกลับกันหากหมุนด้วยความเร็วต่ำจะมีแรงบิดสูง โดยทั่วไปเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์กระแสตรง มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงสุดที่สามารถหมุนได้ด้วยแรงดันไฟฟ้าค่านั้น หากต้องการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบสามารถทำได้โดยการควบคุมระดับของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ โดยหากระดับแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากมอเตอร์จะทำงานที่ความเร็วรอบสูงในขณะที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ระดับต่ำกว่าจะทำให้มอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำลง การควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์สามารถทำได้โดยการจ่ายและหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าสลับกันไปเป็นช่วงๆ หากช่วงการจ่ายแรงดันและช่วงการหยุดจ่ายแรงดันมีค่าแตกต่างกันจะทำให้การหมุนของมอเตอร์มีความเร็วรอบที่แตกต่างกันด้วย การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยวิธีนี้เรียกว่า การควบคุมมอเตอร์โดยสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM)

การควบคุมมอเตอร์โดยสัญญาณ PWM นั้น จะปรับช่วงการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์โดยวิธีการปรับค่ารอบทำงาน (Duty Cycle) ดังแสดงในรูปที่ 10.1 ลักษณะของสัญญาณดังกล่าวสามารถสร้างขึ้นได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้พอร์ตเอาต์พุตเพียงบิตเดียว อย่างไรก็ตามสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นโดยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีระดับแรงดันอยู่เพียง 0 โวลต์ และ 5 โวลต์ ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการขับเคลื่อนมอเตอร์ให้ทำงานตามความเร็วรอบที่กำหนดไว้ได้ ดังนั้นการนำไปใช้งานจะต้องนำสัญญาณดังกล่าวไปผ่านวงจรขยายสัญญาณเพื่อควบคุมให้กระแสและแรงดันไฟฟ้ามีขนาดเพียงพอที่จะขับเคลื่อนให้มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ตัวอย่าง

11 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับปฏิบัติ

ปัจจุบันเทคโนโลยีหุ่นยนต์เป็นที่สนใจและมีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศที่กำลังพัฒนาและประเทศที่พัฒนาแล้ว ส่งผลให้หุ่นยนต์เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นทั้งในภาคครัวเรือน ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม รวมไปถึงภาคการทหาร การพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์เป็นการช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานในแก่มนุษย์ เนื่องจากในงานบางประเภทหากใช้มนุษย์เป็นผู้ดำเนินการอาจมีความเสี่ยงที่จะผิดพลาดหรือเกิดอันตรายขึ้นได้ สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเบื้องต้นของหุ่นยนต์ ทั้งในส่วนของประวัติความเป็นมา ส่วนประกอบที่สำคัญ รวมถึงสถาปัตยกรรมที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

11.1 นิยามของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ (Robot) สามารถนิยามได้ว่าเป็นเครื่องจักรที่สามารถรับรู้ (Sense) คิดวางแผน (Plan) และลงมือทำได้ (Act) โครงสร้างของหุ่นยนต์ประกอบด้วยอุปกรณ์หลากหลายประเภท อาทิ ชิ้นส่วนทางกล อุปกรณ์ทางไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อปฏิบัติงานแทนมนุษย์ในงานทุกประเภททั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหุ่นยนต์มักถูกใช้ในงานที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำ รวมทั้งงานที่เสี่ยงอันตรายเกินกว่าที่มนุษย์จะสามารถดำเนินการได้ ทั้งนี้เนื่องจากหุ่นยนต์มีความทนทานต่อเงื่อนไขทางกายภาพสูงกว่ามนุษย์ หุ่นยนต์ไม่เบื่อหน่ายต่องานที่ซ้ำซากจำเจและไม่วอกแวกขณะปฏิบัติงาน

หุ่นยนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ (Mobile robot) และหุ่นยนต์แขนกล (Robot manipulator) หุ่นยนต์เคลื่อนที่นั้นเป็นหุ่นยนต์ที่สามารถพาตัวเองไปยังที่ต่างๆ ได้ สามารถแบ่งออกเป็นประเภทย่อยๆ ได้อีกเป็น 3 ประเภทตามสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์ปฏิบัติงาน นั่นคือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนบก หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในอากาศ และหุ่นยนต์เคลื่อนที่ในน้ำ ตัวอย่างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่แต่ละประเภทดังกล่าวที่พบเห็นได้โดยทั่วไป ได้แก่ หุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบล้อสำหรับงานบริการ อากาศยานไร้คนขับหรือโดรน (Drone) และหุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำ เป็นต้น สำหรับหุ่นยนต์แขนกลนั้นเป็นหุ่นยนต์ที่สามารถหยิบจับและเคลื่อนย้ายวัตถุที่อยู่ภายในขอบเขตพื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์เองเท่านั้น ทั้งนี้เพราะมีข้อจำกัดที่โครงสร้างของหุ่นยนต์ โดยฐานของหุ่นยนต์แขนกลนั้นจะถูกยึดไม่ให้เคลื่อนที่ได้ การทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้จะทำงานในลักษณะคล้ายกับแขนของมนุษย์

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงพื้นฐานความรู้ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบล้อเป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบันมีการเติบโตอย่างกว้างขวางของอุตสาหกรรมการผลิตหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบล้อเพื่อใช้งานภายในอาคารสำนักงาน โรงพยาบาล พิพิธภัณฑ์ และภายในครัวเรือน ยกตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์ Pioneer robot ซึ่งใช้เพื่อการศึกษาวิจัยและใช้งานทั่วไป หุ่นยนต์ดูดฝุ่น Roomba สำหรับใช้งานในครัวเรือน รวมทั้งหุ่นยนต์ดินสอ หุ่นยนต์นะโม และหุ่นยนต์โอม ซึ่งเป็นหุ่นยนต์สำหรับงานบริการที่พัฒนาขึ้นโดยคนไทย เป็นต้น [7]

11.2 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์เคลื่อนที่

หุ่นยนต์ที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตัวแรกของโลกนั้นมีชื่อว่า Shakey ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยสแตนฟอร์ด (Stanford Research Institute) ในช่วงปลายทศวรรษที่ 60 [7] หุ่นยนต์ Shakey

ตัวอย่าง

12 การพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวาง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขนาดเล็กที่มีความสามารถในการตรวจสอบการปะทะกับสิ่งกีดขวางขณะทำการเคลื่อนที่โดยใช้สวิตช์แบบสัมผัส ในการทำงานหากหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปชนกับสิ่งกีดขวางด้านหน้า หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ถอยหลังแล้วเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางอื่น อย่างไรก็ตามในระหว่างที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังนั้น หากเกิดการชนกับสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหลัง หุ่นยนต์จะหยุดการเคลื่อนที่ทันที ในการพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขนาดเล็กจะมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ การพัฒนาส่วนประกอบทางกล ส่วนของวงจรไฟฟ้า และส่วนของโปรแกรมควบคุม ดังนั้นเพื่อลดความยุ่งยากในการออกแบบทางกล การพัฒนาโครงสร้างของหุ่นยนต์ในบทนี้จึงนำเอาชิ้นส่วนทางกลที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปมาประยุกต์ใช้ โดยชิ้นส่วนดังกล่าวสามารถหาซื้อได้จากร้านค้าที่จำหน่ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป หรืออาจสั่งซื้อผ่านทางเว็บไซต์ ซึ่งสามารถค้นหาได้โดยใช้คำสำคัญ (Keyword) เช่น “อะไหล่และชิ้นส่วนหุ่นยนต์” หรือ “Robot parts” เป็นต้น

12.1 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวาง

การออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวางจะเริ่มต้นโดยการกำหนดลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์ซึ่งควบคุมโดยสวิตช์แบบสัมผัสจำนวน 4 ตัวที่ติดตั้งอยู่ที่ด้านหน้าและด้านหลังของหุ่นยนต์ด้านละ 2 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 12.1 สำหรับการทำงานของหุ่นยนต์จะถูกกำหนดให้ทำงานตามเงื่อนไขดังนี้

- หุ่นยนต์เริ่มต้นทำงานโดยการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า
- หากสวิตช์ SW0 เกิดการชน (สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านหน้าซ้าย) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ถอยหลัง และทำเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางขวาประมาณ 90 องศา หลังจากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ต่อไปข้างหน้า
- หากสวิตช์ SW1 เกิดการชน (สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านหน้าขวา) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ถอยหลัง และเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายประมาณ 90 องศา หลังจากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ต่อไปข้างหน้า
- หากสวิตช์ SW0 และ SW1 เกิดการชนในเวลาไล่เลี่ยกัน (สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านหน้า) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ถอยหลัง และหมุนกลับตัวประมาณ 180 องศา เพื่อเคลื่อนที่ต่อไปในทิศทางตรงกันข้าม
- ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งตามเงื่อนไขการทำงานข้างต้น ขณะที่หุ่นยนต์กำลังเคลื่อนที่ถอยหลัง หากสวิตช์ SW2 และ SW3 เกิดการชน (สิ่งกีดขวางอยู่ทางด้านหลัง) หุ่นยนต์จะหยุดการเคลื่อนที่ทันที เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น

12.2 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวาง

รูปที่ 12.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ประกอบด้วย

1. ฐานหุ่นยนต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว พร้อมล้อประคอง

ตัวอย่าง

13 การพัฒนาหน่วยเก็บกักเสียง

เนื้อหาในบทที่ผ่านมากล่าวถึงการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขนาดเล็กที่มีความสามารถในการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยได้กล่าวถึงรายละเอียดของส่วนประกอบทางกล การออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมอุปกรณ์เชื่อมต่อประเภทต่างๆ รวมถึงรายละเอียดของการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขนาดเล็กที่มีความสามารถในการตรวจสอบความเข้มของแสง โดยหากหุ่นยนต์ตรวจพบแสงสว่างที่มีความเข้มมากกว่าความเข้มแสงปกติในบริเวณที่หุ่นยนต์ทำงานอยู่ หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปตามเงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ ในการพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแสงนั้นจะใช้ส่วนประกอบทางกลและการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอกประเภทต่างๆ เหมือนกับการพัฒนาหุ่นยนต์ในบทที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามหุ่นยนต์ทั้งสองตัวจะมีความแตกต่างกันที่อุปกรณ์อินพุต เนื่องจากใช้เซนเซอร์คนละประเภทกัน

13.1 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแสง

การออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแสงจะเริ่มต้นโดยการกำหนดลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์ซึ่งควบคุมด้วยเซนเซอร์จำนวน 2 ตัวที่ติดตั้งไว้ที่ด้านข้างของหุ่นยนต์ทางซ้ายและขวาดังแสดงในรูปที่ 13.1 โดยนำเอาตัวต้านทาน LDR (Light Dependent Resistor) มาประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบความเข้มของแสง ซึ่งมีเงื่อนไขการทำงานเป็นดังนี้

- หุ่นยนต์เริ่มต้นทำงานโดยการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า
- หากเซนเซอร์ LDR0 ตรวจพบความเข้มแสง (ส่องไฟฉายเข้ามาทางด้านซ้ายของหุ่นยนต์) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายเข้าหาแหล่งกำเนิดความเข้มแสงนั้น
- หากเซนเซอร์ LDR1 ตรวจพบความเข้มแสง (ส่องไฟฉายเข้ามาทางด้านขวาของหุ่นยนต์) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปทางขวาเข้าหาแหล่งกำเนิดความเข้มแสงนั้น
- หากเซนเซอร์ LDR0 และ LDR1 ตรวจพบความเข้มแสงทั้งคู่ (ส่องไฟฉายเข้ามาทางด้านซ้ายและด้านขวาของหุ่นยนต์) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ถอยหลังออกจากแหล่งกำเนิดความเข้มแสงนั้น
- หากเซนเซอร์ LDR0 และ LDR1 ตรวจไม่พบความเข้มแสง (ไม่มีการส่องไฟฉายเข้ามาที่ตัวหุ่นยนต์) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าต่อไป

รูปที่ 13.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแสง โดยอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์ดังกล่าวจะเป็นอุปกรณ์ชุดเดียวกับที่ใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวาง แต่จะมีความแตกต่างกันที่ประเภทของเซนเซอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์อินพุตเท่านั้น การทำงานของหุ่นยนต์จะรับข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์อินพุตซึ่งเป็นเซนเซอร์แสงแล้วทำการตรวจสอบ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลข้อมูลที่รับเข้ามาเพื่อสร้างสัญญาณไปควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ข้างต้น สำหรับภาพรวมของการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเซนเซอร์แสงและมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 13.2

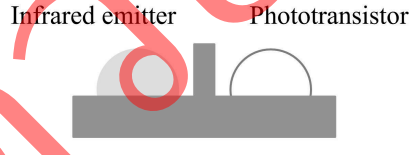
ตัวอย่าง

14 การพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยสีดำ

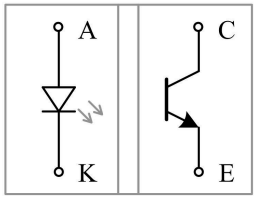
เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ที่สามารถเคลื่อนที่ไปตามเส้นสีดำเพื่อเข้าสู่จุดหมายที่กำหนด ในการเคลื่อนที่ดังกล่าวหุ่นยนต์จะต้องมีความสามารถในการตรวจสอบและแยกแยะสี โดยหากตรวจพบสีขาวหุ่นยนต์จะดำเนินการอย่างหนึ่ง หากตรวจพบสีดำหุ่นยนต์จะดำเนินการอีกอย่างหนึ่งตามเงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ สำหรับการพัฒนาหุ่นยนต์จะใช้ส่วนประกอบทางกลและการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอกประเภทต่างๆ เหมือนกับการพัฒนาหุ่นยนต์ในบทที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นสีดำที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้สัญญาณอินพุตจากเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด (Infrared sensor) ซึ่งเป็นเซนเซอร์คนละประเภทกันกับหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวางและหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามแสง

14.1 การทำงานของเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด

แสงอินฟราเรดเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำ ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การเดินทางของแสงอินฟราเรดจะเป็นแนวเส้นตรงและไม่สามารถเดินทางผ่านวัตถุหรือสิ่งกีดขวางได้ ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวแสงอินฟราเรดจึงเป็นที่นิยมสำหรับนำมาใช้ในการสื่อสารในระยะสั้น หรือใช้ตรวจจับวัตถุสิ่งของต่างๆ การทำงานของเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดจะใช้หลักการของการสะท้อนของแสง โดยให้อุปกรณ์กำเนิดแสงอินฟราเรดส่องแสงออกไป เมื่อแสงกระทบกับวัตถุจะสะท้อนกลับมาที่อุปกรณ์รับแสง โดยอัตราการสะท้อนกลับของแสงนั้นขึ้นอยู่กับระยะห่างของวัตถุ รวมถึงลักษณะทางกายภาพของวัตถุ เช่น สี และสภาพผิว โดยสภาพพื้นผิวที่มีความเรียบเป็นมันวาวจะมีอัตราการสะท้อนแสงได้ดีกว่าพื้นผิวที่มีลักษณะด้านและขรุขระเป็นต้น



(ก)



(ข)

รูปที่ 14.1 โมดูล TCRT5000 (ก) ลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบภายนอกของโมดูล (ข) ส่วนประกอบภายในของโมดูล

ตัวอย่าง

ucmyu

ภาคผนวก ก.

ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ภาคผนวก ก. แสดงชุดคำสั่งภาษาแอสเซมบลีทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แต่ละคำสั่งมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนของรหัสดำเนินการ (Operation Code) ซึ่งเป็นส่วนที่บอกว่าจะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดำเนินการอะไร และส่วนของตัวถูกดำเนินการ (Operand) ซึ่งเป็นส่วนที่บอกว่าสิ่งที่ถูกกระทำคืออะไร สำหรับความหมายของตัวถูกดำเนินการแต่ละตัวมีรายละเอียดเป็นดังนี้

A คือ รีจิสเตอร์ A (Accumulator)

Rn คือ รีจิสเตอร์ R0-R7

@Ri คือ ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายในซึ่งใช้ R0 หรือ R1 เป็นตัวชี้ตำแหน่ง

direct คือ ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์แรก หรือชื่อของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ

#data คือ ค่าคงที่ของข้อมูลขนาด 8 บิต ที่ต้องการระบุไว้ในคำสั่ง

#data 16 คือ ค่าคงที่ของข้อมูลขนาด 16 บิต ที่ต้องการระบุไว้ในคำสั่ง

addr11 คือ ตำแหน่งแอดเดรสปลายทางขนาด 11 บิต ซึ่งใช้ในคำสั่งกระโดด สามารถอ้างอิงตำแหน่งของแอดเดรสปลายทางในหน่วยความจำได้ 2 กิโลไบต์ (2,048 ตำแหน่ง)

addr16 คือ ตำแหน่งแอดเดรสปลายทางขนาด 16 บิต ซึ่งใช้ในคำสั่งกระโดด สามารถอ้างอิงตำแหน่งของแอดเดรสปลายทางในหน่วยความจำได้ไกลถึง 64 กิโลไบต์ (65,536 ตำแหน่ง)

rel คือ ค่าตำแหน่งสัมพัทธ์ที่ใช้กับคำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไข โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง – 128 ถึง +127 ไบต์

bit คือ ตำแหน่งบิตของพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลภายในที่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต หรือชื่อของบิตหรือแฟลกต่างๆ ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ รวมถึงชื่อบิตของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

สำหรับชุดคำสั่งภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พร้อมทั้งรายละเอียดการทำงานของแต่ละคำสั่งสามารถแสดงเป็นหมวดหมู่ได้ดังนี้ [2, 3, 8, 11, 12]

1. กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Operations)

รูปแบบคำสั่ง	ความหมาย	ไบต์	รอบ
ADD A, Rn	บวกค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ Rn กับข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ผลลัพธ์เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A	1	1
ADD A, direct	บวกค่าข้อมูลในหน่วยความจำตำแหน่ง direct กับข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ผลลัพธ์เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A	2	1
ADD A, @Ri	บวกค่าข้อมูลในหน่วยความจำตำแหน่งที่ถูกชี้โดย Ri กับข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ผลลัพธ์เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A	1	1

ตัวอย่าง

usscunysu

1. INTEL Corporation. (February 1994). **MCS-51 MICROCONTROLLER FAMILY USER'S MANUAL.** Retrieved January 25, 2016, from http://web.mit.edu/6.115/www/document/8051.pdf

2. Scott MacKenzie and Raphael C.W. Phan. (2006). **The 8051 Microcontroller.** (4th Edition). New Jersey: Prentice Hall.

3. ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2547). **ภาษาแอสเซมบลีสำหรับ MCS-51.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

4. ดอนสัน ปงผาบ. (2553). **ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน 1 (ฉบับปรับปรุง).** (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

5. ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2548). **การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี.** (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

6. ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2556). **คู่มือการเขียนโปรแกรมภาษา C ฉบับสมบูรณ์.** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซิมพลิฟลาย.

7. พนัส นัถฤทธิ์. (2554). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ. **วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร,** 6(2), 31 – 41.

8. Subrata Ghoshal. (2009). **Embedded Systems & Robots.** Singapore: Cengage Learning Asia Pte Ltd.

9. Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh, and Davide Scaramuzza. (2011). **Introduction to Autonomous Mobile Robots.** (2nd Edition). USA: MIT Press.

10. Vishay Semiconductors. (August 2009). **Reflective Optical Sensor with Transistor Output.** Retrieved May 24, 2016, from http://www.vishay.com/docs/83760/tcrt5000.pdf

11. Siemens Semiconductor Group. (2011). **8051 Derivative Instruction Set.** Retrieved January 10, 2016, from http://www.win.tue.nl/~aeb/comp/8051/instruction-set.pdf

12. Han Way Huang. (1999). **Using the MCS-51 Microcontroller.** New York: Oxford University Press.

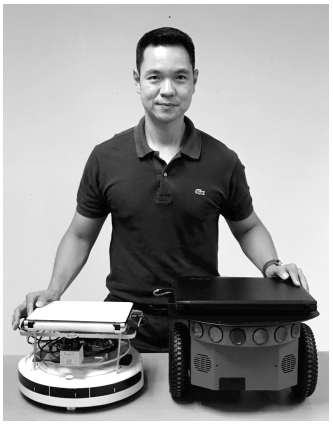
13. TEXAS INSTRUMENTS. (October 2015). **LM741 Operational Amplifier.** Retrieved June 9, 2016, from http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm741.pdf

14. TEXUS INSTRUMENTS. (January 2016). **L293x Quadruple Half-H Drivers.** Retrieved June 9, 2016, from http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf

15. TEXUS INSTRUMENTS. (December 2014). **LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers.** Retrieved June 9, 2016, from http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf

ตัวอย่าง

ประวัติผู้เขียน



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนัส นัถฤทธิ์

การศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปริญญาโท M. Eng (Mechatronics), Asian Institute of Technology (AIT), THAILAND

ปริญญาเอก Ph.D. (Mechanical and Systems Engineering), Newcastle University, United Kingdom

หน่วยงานที่สังกัด

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

สาขาวิชาที่มีความชำนาญ

วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบหุ่นยนต์ ระบบสมองกลฝังตัวและการประยุกต์ใช้งาน

บทความวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ

Nattharith, P. Motor Schema based Control of Mobile Robot Navigation. *International Journal of Robotics and Automation*, 2016, 31(4), 310–320.

Nattharith, P. and Guzel, M.S. Machine Vision and Fuzzy Logic based Navigation Control of a Goal-oriented Mobile Robot. *Adaptive Behavior*, 2016, 24(3), 168–180.

Nattharith, P. Fuzzy Logic based Control of Mobile Robot Navigation: A case study on iRobot Roomba Platform. *Scientific Research and Essays*, 2013, 8(2), 82–94.

ตัวอย่าง

Nattharith, P. Behaviour Modulation using Fuzzy Logic Control for Mobile Robot Navigation. *International Journal of Engineering and Physical Sciences*, 2012, 6, 341–347.

บทความวิชาการที่เผยแพร่ในวารสารระดับชาติ

พนัส นัถฤทธิ์. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ. *วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 2554, 6(2), 31–41

บทความวิจัยที่เผยแพร่ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

Guzel, M.S., Nattharith, P. and Duran, A.S. A Goal Oriented Navigation System using Vision. *Proceedings of the 2nd Advancement on Information Technology International Conference*, 2015, Krabi, Thailand.

Nattharith, P. and Guzel, M.S. An indoor Mobile Robot Development: A Platform for Research Tasks. *Proceedings of the International Electrical Engineering Congress*, 2014, Pataya City, Thailand.

Guzel, M.S. and Nattharith, P. A New Technique for Distance Estimation using SIFT for Mobile Robots. *Proceedings of the International Electrical Engineering Congress*, 2014, Pataya City, Thailand.

Nattharith, P. and Bicker, R. Mobile Robot Navigation using a Behavioural Strategy, *Proceedings of the 11th IASTED International Conference on Control and Applications*, 2009, Cambridge, UK, 143–148.

ตัวอย่าง

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

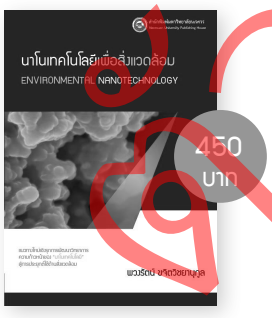
คาร์บอนกัมมันต์

Activated carbon

ผู้แต่ง: รศ.ดร.สัมฤทธิ์ โม้พวง

ISBN : 978-616-7902-24-1
ปีพิมพ์ : 1/2558

ประเภทและกระบวนการผลิตคาร์บอนกัมมันต์ จำเป็นที่จะต้องศึกษาให้เข้าใจ โดยเฉพาะการวิจัยและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า เพื่อให้ได้ คาร์บอนกัมมันต์ที่มีคุณภาพและต้นทุนการผลิตต่ำ รวมทั้งการวิเคราะห์ และตรวจสอบให้ได้มาตรฐาน ด้วยวิธีการที่น่าเชื่อถือและยอมรับได้ และการใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้านของคาร์บอนกัมมันต์ ในที่นี้ได้รวบรวมจากเอกสารตีพิมพ์ในวารสารจำนวนมาก เหมาะสำหรับนิสิต นักศึกษา หรือผู้ที่สนใจในการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตคาร์บอนกัมมันต์



นาโนเทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อม

ENVIRONMENTAL NANOTECHNOLOGY

ผู้แต่ง: รศ.ดร.พวงรัตน์ ขจิตวิชยานุกูล

ISBN : 978-616-7902-08-1
ปีพิมพ์ : 1/2557

หนังสือเล่มนี้เป็นการรวบรวมเนื้อหาสาระเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อมในแง่มุมต่างๆ อย่างลุ่มลึกรอบด้าน จึงเหมาะสำหรับนักวิชาการ นักวิจัยตลอดจนผู้สนใจด้านนี้ที่จะนำความรู้จากหนังสือนี้ไปใช้ประโยชน์ เพื่อความก้าวหน้าทางวิชาการและวิชาชีพของตนเป็นอย่างยิ่ง

องค์ประกอบสถาปัตกรรม

Architectural Composition

ผู้แต่ง: ผศ.ดร.ภณ วชิระนิเวศ

ISBN : 978-616-7902-94-4
ปีพิมพ์ : 1/2559

การพรมนิ้วบนคีย์เปียโนโดยสุ่มเอา ทั้งตำแหน่ง และจังหวะย่อมไม่เกิดความไพเราะฉันใด การออกแบบสถาปัตยกรรมโดยไร้หลักการจัดองค์ประกอบย่อมไม่เกิดคุณค่าความงามและสุนทรียภาพฉันนั้น

อุณหพลศาสตร์ ว่าด้วยหลักการโครงสร้าง และกระบวนทัศน์ยุคใหม่

ผู้แต่ง: รศ.ดร.บุรินทร์ กำจัดภัย

ISBN : 978-616-7902-22-7
ปีพิมพ์ : 1/2558

แผนที่ช่วยเราไม่ให้หลงทางและช่วยให้เห็นภาพรวมของภูมิประเทศ ภูมิประเทศแห่งวิทยาศาสตร์นั้นกำหนดโดยธรรมชาติมันจึงมีความงามแฝงเร้นในทุกซอกส่วนหนังสือเล่มนี้เสนอแนวคิดส่วนใหญ่ของอุณหพลศาสตร์ในรูปแบบโครงสร้างเชิงทฤษฎีซึ่งเป็นแผนที่ในการค้นหาความงามในการเดินทางนี้ อุณหพลศาสตร์เป็นฟิสิกส์ที่ต่างจากฟิสิกส์สาขาอื่นๆ ทั้งหมด ด้วยเพราะมันไม่อาจสร้างได้จากหลักการแอ็กชัน หลักการพื้นฐานและโครงสร้างของวิชานี้ได้นำเสนอไว้ในหนังสือนี้โดยแสดงการพิสูจน์ที่มาที่ไปของสมการต่างๆ ไว้อย่างครบครัน ได้นำเสนอสะพานเชื่อมโยงจากฟิสิกส์ไปสู่ทัศนะเชิงประยุกต์ทางเคมีและวิศวกรรมไว้อย่างชัดเจน และยังเปิดประตูสู่กระบวนทัศน์ยุคใหม่ทางอุณหพลศาสตร์แบบไม่สมดุลและรูปแบบของวิชาเศรษฐศาสตร์เชิงอุณหพลศาสตร์อีกด้วย หนังสือเล่มนี้จึงเหมาะกับการเป็นหนังสืออ้างอิงสำหรับนักวิจัยและเหมาะเป็นตำราสำหรับผู้สอนและผู้เรียนในระดับปริญญาตรีถึงปริญญาโททางฟิสิกส์ วิศวกรรม และเคมีที่ต้องการเข้าใจอุณหพลศาสตร์อย่างเป็นระบบ

ตัวอย่าง