การพัฒนาตัวควบคุมแบบลำดับที่โปรแกรมได้ขนาดเล็ก

นายสมพงศ์ ฉัตรแสงอุทัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-569-904-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016139
i 10304265

DEVELOPMENT OF A SMALL PROGRAMMABLE SEQUENCE CONTROLLER

Mr. Sompong Chatsanguthai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1989

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาตัวควบคุมแบบลำดับที่โปรแกรมได้ขนาดเล็ก
โดย	นาย สมพงศ์ ฉัตรแสงอุทัย
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุณหไวทยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สมพงศ์ ฉัตรแสงอุทัย : การพัฒนาตัวควบคุมแบบลำดับที่โปรแกรมได้ขนาดเล็ก (DEVELOPMENT OF A SMALL PROGRAMMABLE SEQUENCE CONTROLLER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.กฤษดา วิศวธีรานนท์, 132 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงการพัฒนาตัวควบคุมแบบลำดับที่โปรแกรมได้ขนาดเล็ก ตัวเครื่องจะประกอบด้วย ตัวควบคุม (Control Unit) และตัวป้อนโปรแกรม (Programming Console) ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8085 เป็นตัวควบคุม มีขนาด 8 บิท มีความถี่ในการทำงาน 6 MHz มีจำนวน I/O 32 จุดและสามารถขยายต่อเป็น 64 จุด โปรแกรมภาษาที่ใช้ในการควบคุม เป็นโปรแกรมภาษาขั้นบันได (Ladder Diagram) ป้อนไปยังตัวควบคุมโดยผ่านตัวป้อนโปรแกรม (Programming Console) สามารถโปรแกรมได้สูงสุด 1000 ขั้น (Step) มีความเร็วเฉลี่ยในการทำงานของคำสั่งพื้นฐาน 15.6 usec./Step การประมวลผลในการแปลคำสั่ง (Ladder Interpreter) ใช้วิธี AUTO INCREMENT ซึ่งสามารถประมวลผลได้รวดเร็ว มีความสามารถในการควบคุมซีเควันซ์แบบพื้นฐานได้เป็นอย่างดี โดยนำไปทดลองควบคุมเครื่องจักรจริงซึ่งให้ผลการทำงานเป็นที่น่าพอใจ

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต สมพงศ์ ฉัตรแสงอุทัย

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2531

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

SOMPONG CHATSANGUTHAI : DEVELOPMENT OF A SMALL PROGRAMMABLE SEQUENCE CONTROLLER. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. KRISADA VISAVATEERANON, M. ENG. 132 pp.

This thesis presents a development of a a small programmable sequence controller. The controller consists of a control unit and a programming console. The control unit utilizes 8085 microporcessor with 6 MHz system clock and provides 32 I/O which can be expanded to a maximum of 64 I/O for the input output signals. Ladder diagram method is used for the programming language and program can be entered to controller via the programming console. The controller can handle up to 1000 steps of ladder instruction and the average processing time of each basic instruction is 15.6 usec. The ladder interpreter employs auto increment technique which is fast enough for the processing of the ladder diagram. The system has been tested in actual machine control and proved to be working satisfactory.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากรองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งช่วยจัดหาตำราและอุปกรณ์ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการทดลองสร้างเครื่องต้นแบบ จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ อาจารย์หัวหน้าห้องปฏิบัติการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา จนสามารถแก้ไขปัญหาบางอย่างให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณวรวุฒิ จิตชจรวานิช คุณอำนวย แสงวิโรจน์พัฒน์ และนิสิตในห้องปฏิบัติการวิจัยทุกท่านซึ่งไม่สามารถเอ่ยนามมาทั้งหมดได้ ที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ

ท้ายนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดาซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับตัวควบคุมแบบลำดับที่โปรแกรมได้

2.1 ตัวควบคุมแบบลำดับที่โปรแกรมได้คืออะไร 4

2.2 ประวัติความเป็นมาของ PC 4

2.3 โครงสร้างของ PC 6

2.3.1 ซีพียู 6

2.3.2 หน่วยความจำข้อมูล 7

2.3.3 หน่วยความจำโปรแกรม 7

2.3.4 ภาคอินพุท 7

2.3.5 ภาคเอาท์พุท 8

2.3.6 PERIPHERAL DEVICES 8

2.4 ระบบเลขฐาน 9

2.4.1 ความสำคัญของระบบเลขฐาน 9

2.4.2 ชนิดของระบบเลขฐาน 9

2.5 ระบบเลขฐานที่ใช้ใน PC ของต่างประเทศ 10

2.6 ระบบการโปรแกรม 12

2.6.1 BOOLEAN LOGIC EQUATION 12

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6.2 THE MNEMONIC LANGUAGE 13
2.6.3 THE LOGIC DIAGRAM LANGUAGE 13
2.6.4 LADDER DIAGRAM LANGUAGE 13
2.6.5 LADDER DIAGRAM WITH DATA FLOW 13
2.6.6 FUNCTION CHART 17
3. การออกแบบตัวควบคุมลำดับที่โปรแกรมได้
3.1 แนวความคิดในการออกแบบระบบ 18
3.2 แนวความคิดในการออกแบบฮาร์ดแวร์ 20
3.2.1 หน่วยควบคุม 22
3.2.2 ตัวป้อนโปรแกรม 24
3.3 แนวการออกแบบซอฟท์แวร์ 25
3.3.1 คำสั่งเบื้องต้นของ PC 25
3.3.2 เทคนิคของโปรแกรมควบคุมการแปลคำสั่ง 28
4. ฮาร์ดแวร์ของตัวควบคุมแบบลำดับที่โปรแกรมได้
4.1 ฮาร์ดแวร์ของตัวควบคุม 34
4.1.1 ซีพียู และหน่วยความจำ 34
4.1.2 วงจรอินพุท 38
4.1.3 วงจรเอาท์พุท 41
4.1.4 ระบบฐานเวลาของ PC 44
4.1.5 วงจรอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ 45
4.1.6 วงจรรีเซทระบบ 48
4.1.7 ระบบจ่ายไฟสำรอง 48
4.2 ฮาร์ดแวร์ของตัวป้อนโปรแกรม 50
4.2.1 อินพุท 50
4.2.2 เอาท์พุท 50
5. ซอฟท์แวร์ควบคุมระบบของ PC
5.1 โปรแกรมหลัก 55
5.1.1 โปรแกรมบริการโหมดโปรแกรม 57
5.1.2 โปรแกรมบริการโหมดทำงาน 59

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.1.3 โปรแกรมอินเตอร์รัพท์ 62

5.2 การทำงานของคำสั่ง 62

5.2.1 LOADและOUTPUT INSTRUCTIONS 62

5.2.2 AND INSTRUCTION 63

5.2.3 OR INSTRUCTION 63

5.2.4 LOAD NOT,AND NOTและOR NOT INSTRUCTIONS 64

5.2.5 AND-BLOCK INSTRUCTION 67

5.2.6 OR-BLOCK INSTRUCTION 68

5.2.7 TIMER INSTRUCTION 70

5.2.8 COUNTER INSTRUCTION 72

5.2.9 DATA SET INSTRUCTION 74

5.2.10 END INSTRUCTION 75

5.2.11 PULSE INSTRUCTION 76

5.2.12 SHIFT INSTRUCTION 77

5.3 โปรแกรมจัดการตัวป้อนโปรแกรม 78

5.4 โครงสร้างข้อมูลของระบบ 100

6. การสร้างเครื่องควบคุมและการทดสอบ

6.1 การสร้างฮาร์ดแวร์ของ PC 104

6.2 การทดสอบซอฟท์แวร์ของ PC 105

6.3 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ 105

6.4 การทดสอบ 108

6.4.1 การทดสอบการทำงานของคำสั่ง 108

6.4.1.1 การทดสอบคำสั่งพื้นฐาน 108

6.4.1.2 การหาเวลาเฉลี่ยของคำสั่งพื้นฐาน 108

6.4.2 การทดสอบกับระบบจำลองของสายพานลำเลียง 112

6.4.2.1 ระบบจำลองของสายพานลำเลียง 112

6.4.2.2 รูปแบบการควบคุม 116

6.4.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ 120

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์ 128

7.2 ข้อเสนอแนะ 129

7.2.1 การปรับปรุงฮาร์ดแวร์ 129

7.2.2 การปรับปรุงซอฟท์แวร์ 129

เอกสารอ้างอิง 130

ประวัติผู้เขียน 132

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ระบบเลขฐานใน PC ของต่างประเทศ 11
2.2 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแต่ละภาษา 17
3.1 แสดงการเปรียบเทียบโปรแกรมควบคุมการแปลคำสั่ง 33
5.1 แสดงตาราง PARSER STATE 85
5.1 แสดงตาราง PARSER STATE(ต่อ) 86
5.1 แสดงตาราง PARSER STATE(ต่อ) 87
5.1 แสดงตาราง PARSER STATE(ต่อ) 88
5.1 แสดงตาราง PARSER STATE(ต่อ) 89
5.2 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการเข้าตาราง PARSER STATE 91
5.3 แสดงการแปลงโค๊ดจากการกดคีย์ 92
5.4 แสดงแอดเดรสของ PRESENT STATE (PARSER ENTRY TABLE) 93
5.5 แสดงการชี้แอดเดรสของ ACTION ROUTINE 95
5.6 แสดงการทำงานของโปรแกรม ACTION ROUTINE 96
6.1 แสดงค่าเวลาของคำสั่งจากการคำนวณ 108
6.2 แสดงความกว้างของคาบตามจำนวนคำสั่ง 111

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

2.1 แสดงโครงสร้างของ PC 6
2.2 แสดงตัวอย่างโปรแกรมควบคุม 12
2.3 แสดงตัวอย่างของสมการบูลีน 14
2.4 แสดงตัวอย่างของภาษา MNEMONIC 14
2.5 แสดงตัวอย่างภาษา LOGIC DIAGRAM 14
2.6 แสดงตัวอย่างของภาษา LADDER DIAGRAM 14
2.7 แสดงตัวอย่างของภาษาLADDER DIAGRAM WITH FUNCTIONAL BLOCKS. 15
2.8 แสดงตัวอย่างของภาษา LADDER DIAGRAM WITH DATA FLOW 15
2.9 แสดงตัวอย่างของภาษา FUNCTION CHART 16
3.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของตัวควบคุมแบบลำดับ 21
3.2 แสดงคำสั่งเบื้องต้นที่ใช้ใน PC 26
3.3 แสดงตัวอย่างโปรแกรมชั้นบันไดที่ใช้ควบคุม 27
3.4 แสดงตัวอย่างโปรแกรมนีมอนิคที่เก็บในหน่วยความจำผู้ใช้ 27
3.5 แสดงวงรอบการทำงานของตัวแปลคำสั่ง 28
3.6 แสดงการแปลคำสั่งด้วยวิธี TABLE LOOK UP 29
3.7 แสดงการแปลคำสั่งด้วยวิธี CALL 30
3.8 แสดงการแปลคำสั่งด้วยวิธี AUTO INCREMENT 31
3.9 แสดงการแปลคำสั่งด้วยวิธี COMPILER 32
4.1 แสดงวงจรซีพียูและหน่วยความจำ 35
4.2 แสดงการจัดหน่วยความจำของระบบ 37
4.3 แสดงวงจร อินพุทพอร์ท 39
4.4 แสดงวงจร อินพุทอินเตอร์เฟส 40
4.5 แสดงวงจรเอาท์พุทพอร์ท 42
4.6 แสดงวงจรเอาท์พุทอินเตอร์เฟส 43
4.7 แสดงฟอร์แมทของตัวตั้งเวลา 44
4.8 แสดงโหมดการทำงานของตัวตั้งเวลา 44
4.9 แสดงวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยขยายอินพุทและเอาท์พุท 46
4.10 แสดงวงจรอินเตอร์เฟสตัวป้อนโปรแกรม 47
4.11 แสดงวงจรรีเซทและวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบตเตอรี 49

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ หน้า

4.12 แสดงวงจรควบคุมคีย์บอร์ดและหน่วยแสดงผล 51
4.13 แสดงวงจรหน่วยแสดงผล 52
4.14 แสดงแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลของคีย์ใน 8279 54
4.15 แสดงสภาวะของรีจิสเตอร์สภาวะ FIFO 54
5.1 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมหลัก 56
5.2 แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโหมดโปรแกรม 58
5.3 แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโหมดทำงาน 60
5.4 แสดงการใช้คำสั่ง LOAD และคำสั่ง OUT 62
5.5 แสดงการใช้คำสั่ง AND 63
5.6 แสดงการใช้คำสั่ง OR 63
5.7 แสดงการใช้คำสั่ง LOAD-NOT, AND-NOT และ OR-NOT 64
5.8 แสดงการทำงานของรีจีสเตอร์ในคำสั่ง LOAD 64
5.9 แสดงการทำงานของรีจีสเตอร์ในคำสั่ง LOAD-NOT 65
5.10 แสดงการทำงานของรีจีสเตอร์ในคำสั่ง OUT 65
5.11 แสดงการทำงานของรีจีสเตอร์ในคำสั่ง AND 66
5.12 แสดงการทำงานของรีจีสเตอร์ในคำสั่ง AND-NOT 66
5.13 แสดงการทำงานของรีจีสเตอร์ในคำสั่ง OR 66
5.14 แสดงการทำงานของรีจีสเตอร์ในคำสั่ง OR-NOT 67
5.15 แสดงการใช้คำสั่ง AND-BLOCK 67
5.16 แสดงการทำงานของรีจีสเตอร์ในคำสั่ง AND-BLOCK 68
5.17 แสดงการใช้คำสั่ง OR-BLOCK 69
5.18 แสดงการทำงานของรีจีสเตอร์ในคำสั่ง OR-BLOCK 70
5.19 แสดงการใช้คำสั่ง TIMER 71
5.20 แสดงโฟล์วชาร์ทของตัวตั้งเวลา 72
5.21 แสดงการใช้คำสั่ง COUNTER 73
5.22 แสดงโฟล์วชาร์ทของตัวนับ 74
5.23 แสดงการใช้คำสั่ง END 75
5.24 แสดงการทำงานของคำสั่ง END 76
5.25 แสดงการทำงานของคำสั่ง PULSE 76

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ หน้า

5.26 แสดงการทำงานของคำสั่ง SHIFT 77
5.27 แสดงคีย์ชาร์ทของตัวป้อนโปรแกรม 79
5.27 แสดงคีย์ชาร์ทของตัวป้อนโปรแกรม(ต่อ) 80
5.27 แสดงคีย์ชาร์ทของตัวป้อนโปรแกรม(ต่อ) 81
5.27 แสดงคีย์ชาร์ทของตัวป้อนโปรแกรม(ต่อ) 82
5.28 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรม KEYBOARD PARSER 90
5.29 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมจับคู่ 94
5.30 แสดงโฟล์วชาร์ทของการทำ ACTION ROUTINE 95
5.31 แสดงการจัดแอดเดรสของ OPERAND ใน DATA MEMORY 101
5.32 แสดงโครงสร้างข้อมูลของระบบ 103
6.1 แสดงรูปวงจรที่สร้างโดยการเดินสาย Wire Wrap 104
6.2 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ของตัวควบคุม 106
6.3 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ของตัวป้อนโปรแกรม 107
6.4 แสดง PC ที่สร้างอย่างสมบูรณ์ 107
6.5 แสดงโปรแกรมขั้นบันไดที่ใช้หาค่าเวลาของคำสั่ง 110
6.6 แสดงไทมิงของคำสั่ง Pulse 111
6.7 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบจำลองของสายพานลำเลียง 113
6.8 แสดงระบบจำลองของสายพานลำเลียง 114
6.9 แสดงไทมิง ชาร์ทโหมด 1 117
6.10 แสดงไทมิง ชาร์ทโหมด 2 117
6.11 แสดงไทมิง ชาร์ทโหมด 3 118
6.12 แสดงโฟลว์ชาร์ทการควบคุมในโหมดอัตโนมัติ 119
6.13 แสดงวงจรขั้นบันไดที่ใช้ในการควบคุม 121
6.13 แสดงวงจรขั้นบันไดที่ใช้ในการควบคุม(ต่อ) 122
6.13 แสดงวงจรขั้นบันไดที่ใช้ในการควบคุม(ต่อ) 123
6.13 แสดงวงจรขั้นบันไดที่ใช้ในการควบคุม(ต่อ) 124
6.14 แสดงโปรแกรมนีมอนิค 125
6.14 แสดงโปรแกรมนีมอนิค(ต่อ) 126
6.14 แสดงโปรแกรมนีมอนิค(ต่อ) 127