การพัฒนาซอฟต์แวร์ฟังก์ชันชาร์ตสำหรับเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้

นาย ธเนศ พาณิชพัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

ISBN 974-582-025-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018488

DEVELOPMENT OF A FUNCTION CHART SOFTWARE FOR A PROGRAMMABLE CONTROLLER

Mr. Thanate Panich-pat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-582-025-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาซอฟต์แวร์ฟังก์ชั่นชาร์ตสำหรับเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้
โดย	นาย ธเนศ พาณิชพัฒน์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. เอกชัย ลีลารัศมี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รศ. กฤษดา วิศวธีรานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุณหไวทยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์)

..... กรรมการ

(ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ธเนศ พาณิชพัฒน์ : การพัฒนาซอฟต์แวร์ฟังก์ชันชาร์ต สำหรับเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้ (Development of A Function Chart Software for A Programmable Controller) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. เอกชัย ลีลารัศมี อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. กฤษดา วิศวธีรานนท์ , 187 หน้า. ISBN 974-582-025-3.

ฟังก์ชันชาร์ตเป็นภาษาใหม่สำหรับบรรยายลำดับการควบคุมของเครื่องจักรในรูปของแผนผัง แผนผังนี้จะแสดงการทำงานต่าง ๆ ในแต่ละขั้นของการควบคุมและเงื่อนไขสำหรับเปลี่ยนขั้นการทำงาน แผนผังแบบนี้จะถูกแปลเป็นสมการบูลลีนได้ง่ายโดยการเปรียบเทียบกับแผนผังการเปลี่ยนสถานะของฟลิปฟล็อป ดังนั้นฟังก์ชันชาร์ตจะถูกนำไปใช้กับเครื่องจักรชนิดใดได้โดยเพียงแต่แปลสมการบูลลีนเหล่านั้นไปเป็นแผนผังการต่อฮาร์ดแวร์ภายในของเครื่องอีกทอดหนึ่ง

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ทางฟังก์ชันชาร์ตบนไมโครคอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ดังกล่าวเขียนด้วยภาษาปาสคาล และถูกออกแบบให้เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนแผนผังฟังก์ชันชาร์ตเพื่อใช้กับเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้ ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วยกราฟฟิกเอดิเตอร์ ตัวแปลภาษา ยูทิลิตีสำหรับถ่ายเทข้อมูล และโปรแกรมย่อยสำหรับเครื่องพิมพ์ ผู้ใช้สามารถใช้เอดิเตอร์เพื่อวาดแผนผังต่างๆ ส่วนตัวแปลภาษาจะสามารถแปลแผนผังเป็นสมการบูลลีน ข้อความภาษานีมอนิคและรหัสเครื่องของเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้ ส่วนยูทิลิตีนั้นจะใช้ในการถ่ายเทรหัสที่แปลเสร็จแล้วไปยังเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้ และโปรแกรมย่อยสำหรับเครื่องพิมพ์นั้นจะใช้เพื่อพิมพ์เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ธเนศ พาณิชพัฒน์

สาขาวิชา ระบบเชิงเลข ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C215516 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING.

KEY WORD : FUNCTION CHART/IEC848/GRAFCET/LADDER DIAGRAM/PROGRAMMABLE CONTROLLER/PLC

THANATE PANICH-PAT : DEVELOPMENT OF A FUNCTION CHART SOFTWARE FOR A PROGRAMMABLE CONTROLLER. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. DR. EKACHAI LEELARASMEE, THESIS COADVISOR : ASSO. PROF. KRISADA VISAVATEERANON, 187 pp. ISBN 974-582-025-3.

Function chart is a new language for describing the sequential control of a machine in form of diagrams. The diagrams display the operations at each control step and the conditions for changing steps. This type of diagram can be easily compiled into boolean equations by comparing it with the state transition diagram of flip-flops. Therefore, function chart can be applied to any kind of machine by just recompiling those boolean equations into the connection diagram of its internal hardware.

This research is a development of a function chart application software on a microcomputer.The software is written in Pascal programming language and is designed to be a tool for writing a function chart diagram to be used with a programmable controller. The developed software consists of a graphic editor, a compiler, a transfer utility and a printer routine. The user can use the editor to draw diagrams. The compiler can compile the diagrams into boolean equatons, mnemonic language statements and machine code of a programmable controller. The transfer utility is used to transfer the compiled code to the programmable controller and the printer routine is used to print out related documents.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ธนเดช พานิชพัชนุ

สาขาวิชา ระบบเชิงเลข ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา เอกชัย ลีลารัศมี

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของ รศ.ดร. เอกชัย ลีลาวัศมี และ รศ. กฤษดา วิศวธีรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น กำลังใจ ตลอดจนจัดหาตำรา ค่าใช้จ่ายในการวิจัย และอุปกรณ์ต่างๆ จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ ขอขอบพระคุณ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ และ อ.สิทธิพร ประวัติรุ่งเรือง ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อแนะนำต่างๆ และขอขอบพระคุณ Prof. Dr. Claude Laurgeau จาก Ecole des Mines (Paris) ผู้ให้ความกระจ่างและชี้แนะทฤษฎีการแปลภาษาฟังก์ชันชาร์ต เนื่องจากทุนวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (STDB) ผู้อุปการะให้ทุนการศึกษา และวิจัยแก่ข้าพเจ้าเป็นระยะเวลา 2 ปีเต็ม ขอขอบพระคุณ คุณพรชัย พงศ์อธิโมกข์ บริษัท ยู.ที.อี จำกัดที่กรุณาให้ข้าพเจ้าได้ทดลองใช้ระบบพัฒนาโปรแกรมสำหรับเครื่องควบคุมชนิดโปรแกรมได้ (PC) ของ TELEMECANIQUE ขอขอบพระคุณ บริษัท เบอร์ลี่ยุคเกอร์ จำกัด ที่กรุณาให้ข้าพเจ้าได้ทดลองใช้ระบบพัฒนาโปรแกรมสำหรับ PC ของ SIEMENS และขอขอบพระคุณ บริษัท ออมร่อนตรีศักดิ์ จำกัด ที่กรุณาให้ข้อมูล และคำปรึกษาในเรื่องการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PC ของ OMRON

ขอขอบคุณ คุณวิภา แสงพิสิทธิ์ และคุณอังคณา เนียนนะรา ในความช่วยเหลือ และการจัดพิมพ์เอกสารชุดนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยระบบเชิงเลข (DSRL) ซึ่งเป็นสถานที่ทำการวิจัย และขอขอบคุณนิสิตปริญญาโทของ DSRL และนิสิตปริญญาโทของห้องปฏิบัติการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือให้ข้อคิดเห็นและกำลังใจตลอดมา

ท้ายนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และคุณยาย ซึ่งให้การสนับสนุน และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ธเนศ พาณิชพัฒน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาต้น 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. ฟังก์ชั่นชาร์ต

2.1 ความเป็นมา 4

2.2 ทฤษฎี 5

2.3 หลักภาษา 10

2.3.1 องค์ประกอบ 10

2.3.2 กฎเกณฑ์และข้อกำหนด 11

2.4 ตัวอย่าง 16

2.4.1 เครื่องบรรจุและปิดฝา 16

2.4.2 แท่นเจาะ 18

2.4.3 ระบบชั่งน้ำหนักและผสมอัตโนมัติ 20

2.4.4 สายพานลำเลียง 22

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3. การออกแบบ

3.1 ตั้งต้น 25

3.2 แนวความคิด 25

3.3 เส้นทางของข้อมูล 28

3.4 รูปลักษณ์ 29

4. ส่วนจัดการการวาดฟังก์ชั่นชาร์ต

4.1 แนวความคิด 30

4.2 โครงสร้างข้อมูล 31

4.3 เคอร์เซอร์ 36

4.4 การวาดรูป 40

4.5 รายละเอียดการวาด 42

4.5.1 การวาดสเต็ป 42

4.5.2 การวาดทรานสิชั่น 45

4.5.3 การวาด Wire 46

4.5.4 การวาด Link 47

4.5.5 การวาด Branch 49

4.5.6 การวาด Double 52

4.6 รายละเอียดภายในเซลล์ 56

4.6.1 หน้าต่างแสดงรายละเอียดภายในเซลล์ 56

4.6.2 การรับรายละเอียดภายในเซลล์ 57

4.6.3 การแก้ไขรายละเอียดภายในเซลล์ 59

4.7 การลบ 59

4.7.1 การลบสเต็ป 59

4.7.2 การลบทรานสิชั่น 60

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.7.3 การลบ Wire 61

4.7.4 การลบ Branch 62

4.7.5 การลบ Double 63

4.7.6 การลบ Link 63

4.8 งานสนับสนุน

4.8.1 การเคลื่อนย้ายเซลล์ 63

4.8.2 โหมด 65

4.8.3 แฟ้มข้อมูล 67

4.9 สรุป 69

5. ตัวแปลภาษาฟังก์ชั่นซาร์ต

5.1 แนวความคิด 71

5.2 การแปลเป็นสมการบูลลีน 76

5.3 การแปลเป็นภาษานีมอนิค 77

5.3.1 การออกแบบ 77

5.3.2 รายละเอียดการจัดการ 78

5.4 การแปลเป็นรหัสภายในของออมร่อน 84

5.4.1 รหัสภายในของออมร่อน 84

5.4.2 การคำนวณค่าโอเปอร์แรนด์ 86

5.4.3 การแปล 87

5.5 การแปลกลุ่มของซาร์ต 87

5.6 สรุปการแปล 89

6. การส่งโปรแกรมไป PC

6.1 หลักการ 91

6.1.1 การเตรียมการสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ 92

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

6.1.2 การเตรียมการสำหรับ PC 94

6.2 การควบคุมการทำงาน 95

6.2.1 คำสั่งในการสื่อสารของ PC 95

6.2.2 การคำนวณค่า FCS 101

6.2.3 โปรแกรมที่ออกแบบ 103

6.3 โปรแกรมหลัก 106

7. การจัดพิมพ์เอกสาร

7.1 การจัดการกับเครื่องพิมพ์ 108

7.2 รูปแบบของเอกสาร 111

7.3 การพิมพ์ภาพชาร์ต 112

7.3.1 เทคนิคการพิมพ์ 112

7.3.2 วิเคราะห์ภาพองค์ประกอบ 113

7.3.3 การแปลงภาพชาร์ตโดยใช้ตัวอักษรกราฟฟิก 115

7.3.4 แบ่งชาร์ตพิมพ์ 4 หน้า 115

7.4 การพิมพ์โปรแกรมนีมอนิคที่แปลได้ 116

7.4.1 รูปแบบ 116

7.4.2 โปรแกรมที่ออกแบบ 117

7.5 การพิมพ์สมการแสดงความสัมพันธ์ 117

7.5.1 รูปแบบ 117

7.5.2 โปรแกรมที่ออกแบบ 118

7.6 การพิมพ์ตารางแสดงสเต็ปและทรานสิชั่นภายในชาร์ต 118

7.6.1 รูปแบบ 118

7.6.2 โปรแกรมที่ออกแบบ 119

7.7 การพิมพ์ตารางแสดงการนำรีเลย์ช่วยมาใช้งาน 120

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

7.7.1 รูปแบบ 120

7.7.2 โปรแกรมที่ออกแบบ 120

7.8 โปรแกรมหลัก 121

8. การติดต่อกับผู้ใช้

8.1 การแสดงผลหน้าจอ 122

8.1.1 การจัดสรรพื้นที่ 122

8.1.2 การย้ายมุมมองบนจอภาพ 126

8.1.3 รูปแบบการแสดงชาร์ต 126

8.2 ระบบรายการคำสั่ง 128

8.2.1 ออกแบบ 128

8.2.2 รายการคำสั่ง 128

8.3 การโต้ตอบกับผู้ใช้ 132

8.3.1 การรับข้อมูลจากผู้ใช้ 132

8.3.2 ข่าวสารจากระบบ 133

8.3.3 เสียงต่างๆ 133

9. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 สรุปผลงาน 134

9.1.1 ลักษณะที่ได้ 134

9.1.2 เทคนิคการเขียนชาร์ต 135

9.2 สรุปการพัฒนา 138

9.3 การใช้งาน 139

9.4 ข้อเสนอแนะ 139

บรรณานุกรม 139

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก Design Structure Diagram 143

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข ตารางรหัสภาษาเครื่องของออมร่อน 149

ภาคผนวก ค การสื่อสารทางพอร์ทอนุกรม 156

ภาคผนวก ง ตัวอย่างเอกสารที่พิมพ์ 167

ภาคผนวก จ แผนภาพของระบบ 183

ประวัติผู้เขียน 187

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ต้องการสำหรับแต่ละองค์ประกอบ 32

ตารางที่ 4.2 ภาพองค์ประกอบทั้งหมด 40

ตารางที่ 5.1 ผลจากการวิเคราะห์ 74

ตารางที่ 5.2 รหัสภายในของออมร่อนที่ใช้งาน 85

ตารางที่ 6.7 พารามิเตอร์ควบคุมการสื่อสารแบบอนุกรม 92

ตารางที่ 7.1 สถานะของเครื่องพิมพ์ 110

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบเบื้องต้น 5

รูปที่ 2.2 การทำงานของเครื่องปั๊ม 6

รูปที่ 2.3 แผนภาพแลดเดอร์ 7

รูปที่ 2.4 ฟังก์ชั่นชาร์ต 7

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างลำดับ 8

รูปที่ 2.6 แบบจำลองของสเต็ป 8

รูปที่ 2.7 การแปลงแผนภาพฟังก์ชั่นชาร์ตไปเป็นวงจรฟลิปฟลอป 9

รูปที่ 2.8 สมการบูลลีนของสเต็ป Ei 9

รูปที่ 2.9 องค์ประกอบในภาษาฟังก์ชั่นชาร์ต 10

รูปที่ 2.10 กฎข้อที่ 1 11

รูปที่ 2.11 การเคลื่อนของแอ็กทีฟสเต็ป 12

รูปที่ 2.12 เส้นทางเดี่ยว 12

รูปที่ 2.13 จุดเริ่มการเลือกเส้นทาง 13

รูปที่ 2.14 จุดสิ้นสุดการเลือกเส้นทาง 13

รูปที่ 2.15 จุดเริ่มทำงานพร้อมกัน 14

รูปที่ 2.16 จุดสิ้นสุดการทำงานพร้อมกัน 14

รูปที่ 2.17 ข้อห้ามในการแยกหรือรวมเส้นทาง 14

รูปที่ 2.18 การเชื่อมต่อสเต็ประยะไกล 15

รูปที่ 2.19 แม็คโครสเต็ป 16

รูปที่ 2.20 เครื่องบรรจุและปิดฝา 16

รูปที่ 2.21 ฟังก์ชั่นชาร์ตของเครื่องบรรจุและปิดฝา 17

รูปที่ 2.22 แท่นเจาะ 18

รูปที่ 2.23 ฟังก์ชั่นชาร์ตของแท่นเจาะ 19

รูปที่ 2.24 ระบบชั่งน้ำหนักและผสมอัตโนมัติ 20

รูปที่ 2.25 ฟังก์ชั่นชาร์ตของระบบชั่งน้ำหนักและผสมอัตโนมัติ 21

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.26 สายพานลำเลียง 22

รูปที่ 2.27 ฟังก์ชั่นชาร์ตของสายพานลำเลียง 23

รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบ 26

รูปที่ 3.2 โมดูลตัวเขียนฟังก์ชั่นชาร์ต 26

รูปที่ 3.3 โมดูลตัวแปลฟังก์ชั่นชาร์ต 27

รูปที่ 3.4 โมดูลตัวส่งโปรแกรม 27

รูปที่ 3.5 โมดูลตัวพิมพ์เอกสาร 28

รูปที่ 3.6 เส้นทางของข้อมูล 28

รูปที่ 3.7 รูปลักษณ์ 29

รูปที่ 4.1 แก้ไขภาพกระโดด 31

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างชาร์ต 32

รูปที่ 4.3 โครงสร้างข้อมูล 33

รูปที่ 4.4 โครงสร้างของชาร์ต 35

รูปที่ 4.5 การหาโครงสร้างของชาร์ตและขนาดของภาพ 36

รูปที่ 4.6 ขนาดของชาร์ต 37

รูปที่ 4.7 โปรแกรมย่อยควบคุมการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์ 37

รูปที่ 4.8 การควบคุมเคอร์เซอร์และการย้ายมุมมอง 39

รูปที่ 4.9 โปรแกรมย่อยควบคุมการย้ายมุมมองบนจอภาพ 39

รูปที่ 4.10 การจัดแบ่งกลุ่มของภาพ 41

รูปที่ 4.11 การทำงานของโปรแกรมย่อย Draw และภาพที่วาด 42

รูปที่ 4.12 DSD ของการวาดสเต็ป 43

รูปที่ 4.13 การตรวจสอบก่อนการวาดสเต็ป 43

รูปที่ 4.14 การทำงานของโปรแกรมย่อย UpdateDouble 44

รูปที่ 4.15 สรุปการปรับค่าข้อมูลในการวาดสเต็ป 45

รูปที่ 4.16 DSD ของการวาดทรานสิชั่น 45

รูปที่ 4.17 DSD ของการวาด Wire 46

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.18 การตรวจสอบก่อนการวาด Wire 47

รูปที่ 4.19 DSD ของการวาด Link 47

รูปที่ 4.20 ข้อมูลที่ถูกปรับค่าจากการวาด L 48

รูปที่ 4.21 DSD ของการวาด Branch 49

รูปที่ 4.22(1) กรณีต่างๆ ที่วิเคราะห์ในการวาด Branch แบบ Auto 50

รูปที่ 4.22(2) กรณีต่างๆ ที่วิเคราะห์ในการวาด Branch แบบ Auto (ต่อ) 51

รูปที่ 4.23 DSD ของการวาด Double 52

รูปที่ 4.24(1) กรณีต่างๆ ที่วิเคราะห์ในการวาด Double แบบ Auto 53

รูปที่ 4.24(2) กรณีต่างๆ ที่วิเคราะห์ในการวาด Double แบบ Auto (ต่อ) 54

รูปที่ 4.24(3) กรณีต่างๆ ที่วิเคราะห์ในการวาด Double แบบ Auto (ต่อ) 55

รูปที่ 4.25 DSD ของ ShowInformation 56

รูปที่ 4.26 หน้าต่างแสดงรายละเอียดภายในเซลล์ 57

รูปที่ 4.27 การถามข้อมูลขณะวาดสเต็ป 57

รูปที่ 4.28 DSD ของการรับรายละเอียดของเซลล์ 58

รูปที่ 4.29 DSD ของการลบสเต็ป 60

รูปที่ 4.30 กรณีต่างๆ ในการลบทรานสิชั่น 60

รูปที่ 4.31 กรณีต่างๆ ในการลบ Wire 61

รูปที่ 4.32 การลบ Branch 62

รูปที่ 4.33 กรณีต่างๆ ในการลบ Double 63

รูปที่ 4.34 DSD ของการเคลื่อนย้ายเซลล์ 64

รูปที่ 4.35 เมนูโหมด 65

รูปที่ 4.36 รูปแบบการแสดงภาพต่างๆ 66

รูปที่ 4.37 การจัดเก็บชาร์ต 67

รูปที่ 4.38 การอ่านแฟ้มข้อมูลขึ้นมาใช้งาน 68

รูปที่ 4.39 DSD ของโมดูล FCE 69

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.40 จอภาพขณะใช้งาน 70
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างการแปล 71
รูปที่ 5.2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ที่ได้สร้างไว้ 72
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ที่ต้องสร้างสำหรับ 73
รูปที่ 5.4 การแปลไปเป็นภาษานีมอนิค 74
รูปที่ 5.5 DSD ของการแปลเป็น CompiledTable 75
รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบ CompliedTable กับสมการบูลลีน 76
รูปที่ 5.7 โปรแกรมการแปลเป็นสมการบูลลีน 76
รูปที่ 5.8 เปรียบเทียบ CompliiedTable กับคำสั่งภาษานีมอนิคที่ได้ 77
รูปที่ 5.9 โครงสร้างข้อมูลของซาร์ตในส่วนอินพุตและเอาต์พุต 78
รูปที่ 5.10 การแก้ปัญหาการใช้เอาต์พุตซ้ำกัน 79
รูปที่ 5.11 การกระตุ้นสเต็ปเริ่มต้น 79
รูปที่ 5.12 การออกแบบจัดการเอาต์พุตประเภทคงค่า 81
รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบการจัดการเอาต์พุตประเภทต่างๆ 81
รูปที่ 5.14 BRANDS.MNE 83
รูปที่ 5.15 การใช้งานแฟ้ม BRANDS.MNE 83
รูปที่ 5.16 ฟังก์ชั่น RetrieveBrandCode 84
รูปที่ 5.17 การทำงานของฟังก์ชั่น Operand 87
รูปที่ 5.18 การรวมรหัสภายในของกลุ่มซาร์ต 88
รูปที่ 5.19 โปรแกรมย่อย MergeHandle 89
รูปที่ 5.20 สรุปการแปล 90
รูปที่ 5.21 DSD ของโมดูล FCC 90
รูปที่ 6.1 รูปแบบของข้อมูลในการสื่อสารแบบอนุกรม 91
รูปที่ 6.2 การเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์กับ PC 95
รูปที่ 6.3 รูปแบบของคำสั่ง 95

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.4 โปรโตคอล 96

รูปที่ 6.5 ขนาดของเฟรม 96

รูปที่ 6.6 คำสั่ง Initialize และ Abort 97

รูปที่ 6.7 คำสั่ง Test และ Response Format 98

รูปที่ 6.8 คำสั่ง Wire และ Response Format 99

รูปที่ 6.9 คำสั่ง Read และ Response Format 100

รูปที่ 6.10 Completion Code 101

รูปที่ 6.11 การคำนวณ FCS 102

รูปที่ 6.12 ฟังก์ชั่น FCS 102

รูปที่ 6.13 โปรแกรมย่อย Transfer 103

รูปที่ 6.14 โปรแกรมย่อย SendProgram 104

รูปที่ 6.15 โปรแกรมจัดการการขัดจังหวะ IRQ4Handle 105

รูปที่ 6.16 โปรแกรมย่อย ReceiveData 106

รูปที่ 6.17 DSD ของโมดูล FCT 107

รูปที่ 7.1 โปรแกรมย่อย ReadPrinterStatus 110

รูปที่ 7.2 ส่วนหัวของเอกสาร 111

รูปที่ 7.3 วิเคราะห์ภาพซาร์ตเพื่อการพิมพ์เอกสาร 112

รูปที่ 7.4 ตัวอักษรกราฟฟิกที่นำมาใช้ได้ 113

รูปที่ 7.5 ผลจากการวิเคราะห์ 114

รูปที่ 7.6 การแปลงซาร์ตไปเป็นตัวอักษรกราฟฟิก 115

รูปที่ 7.7 แบ่งซาร์ตเป็น 4 ส่วน 116

รูปที่ 7.8 เลขหน้าของซาร์ต 116

รูปที่ 7.9 DSD ของโปรแกรมย่อย PrintMNEMONIC 117

รูปที่ 7.10 DSD ของโปรแกรมย่อย PrintFileBLN 118

รูปที่ 7.11 ตัวอย่างตารางแสดงสเต็ปและทรานสิชั่น 119

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 7.12 แบ่งตารางเป็นส่วนๆ 119

รูปที่ 7.13 ตารางแสดงการนำรีเลย์ช่วยมาใช้งาน 120

รูปที่ 7.14 DSD ของโมดูล FCD 121

รูปที่ 8.1 การจัดสรรพื้นที่จอ 122

รูปที่ 8.2 หน้าต่างแสดงชาร์ต 123

รูปที่ 8.3 การวาดภาพหน้าต่าง 123

รูปที่ 8.4 แสดงรายละเอียดของสเต็ป 124

รูปที่ 8.5 แสดงรายละเอียดของทรานสิชั่น 125

รูปที่ 8.6 แสดงรายละเอียดของ Link 125

รูปที่ 8.7 DSD ของ ShowScreen 126

รูปที่ 8.8 การแสดงชาร์ตแบบที่ 1 127

รูปที่ 8.9 การแสดงชาร์ตแบบที่ 2 127

รูปที่ 8.10 การแสดงชาร์ตแบบที่ 3 127

รูปที่ 8.11 รายการคำสั่งหลัก 128

รูปที่ 8.12 รายการคำสั่งวาดภาพ 129

รูปที่ 8.13 รายการคำสั่งวาด Branch และ Double 129

รูปที่ 8.14 รายการคำสั่งสำหรับการเปลี่ยนแปลง 129

รูปที่ 8.15 รายการคำสั่งโหมด 130

รูปที่ 8.16 รายการคำสั่งเกี่ยวกับแฟ้มข้อมูล 130

รูปที่ 8.17 รายการคำสั่งการแปล 131

รูปที่ 8.18 รายการคำสั่งการส่งโปรแกรมไป PC 131

รูปที่ 8.19 รายการคำสั่งพิมพ์เอกสาร 132

รูปที่ 9.1 Multitasking 135

รูปที่ 9.2 การควบคุมลำดับของงานย่อย 136

รูปที่ 9.3 การเรียกใช้งานย่อย 136

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 9.4 เงื่อนไขเป็นลำดับเหตุการณ์ 137
รูปที่ 9.5 การเขียนโปรแกรมที่ใหญ่กว่า 1 ชาร์ต 137
รูปที่ 9.6 ขั้นตอนการพัฒนา 138
รูปที่ ข-1 เปรียบเทียบโครงสร้างแบบปกติกับแบบ Fall-back 143
รูปที่ ข-2 ตัวอย่าง DSD 144