317

ระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485

นาย ทวีศักดิ์ เรืองพีระกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-905-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16748268

Remote Data Acquisition and Control System via RS-485

Mr. Taweesak Reungpeerakul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partual Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-631-905-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485
โดย	นาย ทวีศักดิ์ เรืองพีระกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ สุวิทย์ นาคพีระยุทธ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย จิตะพันธ์กุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ สุวิทย์ นาคพีระยุทธ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธ์ศิริ)

..... กรรมการ

(คุณวิกิจ ชัยหาญสวัสดิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทวีศักดิ์ เรืองพีระกุล : ระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485 (Remote Data Acquisition and Control System via RS-485)
อ.ที่ปรึกษา : ดร.สมบูรณ์ จงยิ่งกิจ, 117 หน้า. ISBN 974-631-905-1

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการออกแบบ พัฒนาและสร้างระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485 ระบบนี้อิงตามมาตรฐานโอเอสไอล่องลำดับชั้นคือ ลำดับชั้นกายภาพ อ้างอิงตามมาตรฐาน RS-485 และลำดับชั้นการเชื่อมต่อข้อมูลอ้างอิงตามมาตรฐานโปรโตคอลเอชดีแอลซี รูปลักษณ์ไม่สมดุลย์(Unbalance Configuration) โดยมีโมดดำเนินการเป็นแบบโมดการตอบสนองปกติ(Normal Response Mode) ระบบประกอบด้วยสถานีปฐมภูมิ 1 สถานีและสถานีทุติยภูมิ 31 สถานี สถานีปฐมภูมิทำหน้าที่ควบคุมการสื่อสารทั้งหมดและติดต่อกับผู้ใช้ ส่วนสถานีทุติยภูมิมีหน้าที่ตอบสนองต่อคำสั่งที่ได้รับจากสถานีปฐมภูมิ สถานีทุติยภูมิมี 5 ชนิดคือ อินพุตชนิดดิจิตอล, เอาต์พุตชนิดแอนะลอกแรงดันไฟตรง 1 ถึง 5 โวลต์, เอาต์พุตชนิดดิจิตอล, อินพุตชนิดแอนะลอก และเอาต์พุตชนิดแอนะลอกแรงดันไฟตรง 0 ถึง 10 โวลต์ แต่ละอินพุตและเอาต์พุตชนิดดิจิตอลสามารถรับส่งสัญญาณได้ 16 สัญญาณ ขณะที่แต่ละอินพุตและเอาต์พุตชนิดแอนะลอกสามารถรับส่งสัญญาณได้ 6 สัญญาณ

ระบบสามารถรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงสุดเท่ากับ 7,200 บิตต่อวินาที ที่ระยะห่าง 1,320 เมตร

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการปรากฏว่า ระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485 ที่สร้างขึ้นนี้สามารถทำงานตามฟังก์ชันหลักได้เป็นที่น่าพอใจ สามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบทางอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ทวีศักดิ์ เรืองพีระกุล
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C515760 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: HDLC / DATA ACQUISITION / CONTROL SYSTEM / RS-485

TAWEESAK REUNGPEERAKUL : REMOTE DATA ACQUISITION AND CONTROL SYSTEM VIA RS-485. THESIS ADVISOR : DR.SOMBOON CHONGCHAIKIT,

117 pp. ISBN 974-631-905-1

This thesis's describes the design,development and construction of Remote Data Acquisition and Control System via RS-485. The design follows OSI standard with 2 layers. The physical layer is according to RS-485 standard. The data link layer uses unbalance-congigured HDLC protocol in Normal Response Mode(NRM). The system consists of a primary station and 31 secondary stations. The primary station is served as Man Machine Interface and controls all the communications in the system. The secondary stations response to the command sent by the primary station. There are 5 types of secondary stations:digital input,digital output,analog input,1-5 Vdc analog output and 0-10 Vdc analog output. Each digital I/O type can handle 16 signals while each analog I/O type can handle 6 signals.

Maximum speed of data transfer can be up to 7,200 bits per second within 1,320 metre.

The test in laboratory shows satifactory results. The system can be developed to be an industrial prototype.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ทวีศักดิ์ ศรีงามรุ่งเรือง

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ สุวิทย์ นาคพีระยุทธ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำข้อคิดเห็นตลอดจนจัดหาตำราและค่าใช้จ่ายในการวิจัย จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ และขอขอบพระคุณ คุณวิกิจ ชัยหาญสวัสดิ์ บริษัท คอมเพลกซ์เทคโนโลยี จำกัด ที่ให้การเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาและเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ทุนอุดหนุนในการทำวิจัย

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณวรรณวิทย์ กมลเดชเดชา คุณวันเพ็ญ แก้วสาหลง ในการจัดพิมพ์เอกสารชุดนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (Industrial Instrumentation Laboratory) ที่เป็นสถานที่ทำการวิจัย และนิสิตปริญญาโททุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้ข้อคิดเห็นและกำลังใจตลอดมา

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณ บิดา มารดา และบุคคลที่บ้านที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่สำคัญแก่ข้าพเจ้าโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย---- ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ---- จ
กิตติกรรมประกาศ---- ฉ
สารบัญตาราง---- ฒ
สารบัญภาพ---- ณ

บทที่ 1. บทนำ
ความเบื้องต้น---- 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย---- 2
ขอบเขตของการวิจัย---- 2
ขั้นตอนของการวิจัย---- 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ---- 3
บทที่ 2. โครงสร้างจำลองโอเอสไอ
การเชื่อมต่อชั้นกายภาพของระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกล---- 5
1 การติดต่อสื่อสารแบบ RS-232---- 6
2 การติดต่อสื่อสารแบบ RS-422 และ RS-485---- 6
3 สรุปข้อแตกต่างของการติดต่อสื่อสารแบบ RS-232 , RS-422 และ RS-485-- 6
การติดต่อในชั้นการเชื่อมต่อข้อมูลของระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกล---- 7
1 โปรโตคอลแบบเอชดีแอลซี---- 7
1.1 สถานีและรูปลักษณ์---- 8
1.2 การต่อถึงกัน---- 9
1.3 เขตที่อยู่---- 10
1.4 โมดของการติดต่อสื่อสาร---- 10
2 โครงสร้างของเฟรม---- 11
2.1 ฟิลด์ภายในเฟรม---- 11
2.2 การแทรกบิต 'ศูนย์'---- 11
2.3 แฟลตเปิดและแฟลตปิด---- 12

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 ฟิลด์ที่อยู่---------- 12
2.5 ฟิลด์ควบคุม---------- 13
2.6 ฟิลด์ข้อสนเทศ---------- 13
2.7 ฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรม---------- 13
3 ชนิดของเฟรม---------- 14
3.1 เฟรมข้อสนเทศ---------- 14
3.2 เฟรมควบคุมดูแล---------- 15
3.3 เฟรมไม่มีหมายเลข---------- 17
4 คำสั่งและการตอบสนอง---------- 19
4.1 คำสั่งและการตอบสนองในเอชดีแอลซี---------- 20
4.2 วิธีการกำหนดโมดต่าง ๆ ในโมดการตอบสนองปกติ---------- 20
4.3 ขั้นตอนโมดเชิงดำเนินการ---------- 22
4.4 คำสั่งและการตอบสนองอื่น ๆ---------- 23
5 การคำนวณรหัสวนซ้ำซ้อน---------- 24

บทที่ 3. การออกแบบและการสร้างระบบ

ฟังก์ชันการติดต่อสื่อสารข้อมูล---------- 25
รายละเอียดของโปรโตคอลที่ใช้รับส่งข้อมูล---------- 26
แนวคิดการออกแบบฮาร์ดแวร์---------- 31
1 แนวคิดการออกแบบฮาร์ดแวร์ของสถานีควบคุม---------- 31
2 แนวคิดการออกแบบฮาร์ดแวร์ของโมดูลระยะไกล---------- 34
แนวคิดการออกแบบซอฟต์แวร์---------- 35
1 โครงสร้างของงาน (Task) ภายในระบบ---------- 35
1.1 โครงสร้างของงานที่สถานีควบคุม---------- 35
1.2 โครงสร้างของงานที่โมดูลระยะไกล---------- 35
2 วิธีการทำงานของซอฟแวร์---------- 36
3 การออกแบบโปรแกรมการทำงาน---------- 37
3.1 การออกแบบการทำงานที่สถานีควบคุม---------- 37

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.1 โปรแกรมอินเทอร์รัพต์---------- 37
3.1.2 โปรแกรมหลัก---------- 37
3.2 การออกแบบการทำงานที่โมดูลระยะไกล---------- 37
3.2.1 โปรแกรมอินเทอร์รัพต์---------- 38
3.2.2 โปรแกรมหลัก---------- 38
บทที่ 4. ฮาร์ดแวร์ของระบบ
ฮาร์ดแวร์ของสถานีควบคุม---------- 39
1 ส่วนควบคุมโปรโตคอล---------- 40
2 ส่วนอินเทอร์รัพต์---------- 40
3 ส่วนรับและส่งข้อมูลแบบ RS-485---------- 40
4 แอดเดรสของฮาร์ดแวร์---------- 40
ฮาร์ดแวร์ของโมดูลระยะไกล---------- 42
1 ส่วนประมวลผลกลาง---------- 42
2 สวิตช์กำหนดชนิดและฟิลด์ที่อยู่---------- 42
3 ส่วนควบคุมโปรโตคอล---------- 42
4 ส่วนอินเทอร์รัพต์---------- 42
5 ส่วนสัญญาณโมดูลอินพุต---------- 43
5.1 สัญญาณอินพุตแบบดิจิตอล---------- 43
5.2 สัญญาณอินพุตแบบแอนะลอก---------- 43
5.2.1 ส่วนแปลงผันสัญญาณ---------- 43
5.2.2 วงจรเตือน---------- 43
6 ส่วนสัญญาณเอาต์พุต---------- 44
6.1 สัญญาณเอาต์พุตแบบดิจิตอล---------- 44
6.2 สัญญาณเอาต์พุตแบบแอนะลอก---------- 44
7 ส่วนรับและส่งข้อมูลแบบ RS-485---------- 44
8 แอดเดรสของฮาร์ดแวร์---------- 45
8.1 อุปกรณ์รอบนอกของซีพียู---------- 45

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

8.1.1 พอร์ต (Port)---- 45
8.1.2 ไทม์เมอร์---- 46
8.1.3 PCA (Programmable Counter Array)---- 46
8.2 ฮาร์ดแวร์ภายนอก---- 46
บทที่ 5. โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ของระบบ
โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ของสถานีควบคุม---- 52
1 โปรแกรมอินเทอร์รัพต์---- 52
2 โปรแกรมหลัก---- 53
2.1 โปรแกรมที่ทำงานเพียงครั้งเดียว---- 53
2.2 โปรแกรมที่ทำงานแบบวนรอบ---- 54
3 ฟังก์ชันหลักของ GENESIS ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้---- 55
3.1 ส่วนเริ่มต้นระบบ---- 55
3.2 ส่วนการรับข้อมูลจากผู้ใช้---- 55
3.3 การแสดงผล---- 56
3.4 การจัดการข้อมูล---- 56
โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ของโมดูลระยะไกล---- 56
1 โปรแกรมอินเทอร์รัพต์---- 56
2 โปรแกรมหลัก---- 57
2.1 โปรแกรมที่ทำงานเพียงครั้งเดียว---- 57
2.2 โปรแกรมที่ทำงานแบบวนรอบ---- 58
3 รายละเอียดของโปรแกรมต่าง ๆ---- 59
3.1 โปรแกรมทดสอบการรับส่งข้อมูลในตัวควบคุมโปรโตคอล---- 59
3.2 โปรแกรมกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับฐานเวลา---- 59
3.3 โปรแกรมกำหนดว่าเริ่มต้นสำหรับตัวตั้งเวลาการสุ่ม---- 62
3.4 โปรแกรมโมดการติดต่อสื่อสารข้อมูล---- 64
3.5 โปรแกรมตรวจสอบอินพุตเกินพิสัย---- 64
3.6 โปรแกรมการประมาณค่าอินพุตแบบ Successive---- 66

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 6. การทดสอบระบบ
การทดสอบ---- 68
ขั้นตอนการทดสอบระบบ---- 68
บทที่ 7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ
สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์---- 74
ข้อเสนอแนะ---- 75
รายการอ้างอิง---- 77
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. การใช้งานชิพควบคุมโปรโตคอลเอชดีแอลซี---- 79
ภาคผนวก ข. คู่มือการใช้ระบบของสถานีระยะไกล---- 92
ภาคผนวก ค. โปรแกรมของโมดูลระยะไกล---- 96
ประวัติผู้เขียน---- 117

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของ RS-232 RS-422 และ RS-485---------- 6
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบ RS-232 กับ RS-422/RS-485 แบบ Point-to-Point---------- 7
ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของโมดย่อยในการติดต่อสื่อสาร---------- 11
ตารางที่ 2.4 ฟังก์ชันสำคัญของเฟรมควบคุมดูแล---------- 16
ตารางที่ 2.5 ฟังก์ชันที่สำคัญของเฟรมไม่มีหมายเลข---------- 18
ตารางที่ 2.6 ฟังก์ชันสำคัญของคำสั่งและการตอบสนองในเอชดีแอลซี---------- 19
ตารางที่ 3.1 สรุปโปรโตคอลการรับส่งข้อมูลภายใน---------- 30
ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการออกแบบวงจรควบคุมโปรโตคอลทั้ง 2 แนวทาง---------- 33
ตารางที่ 4.1 แสดงบิตต่าง ๆของพอร์ต 3---------- 46
ตารางที่ 5.1 สรุปการโปรแกรมโมดการทำงานของ 8273 เพื่อทดสอบการรับส่งข้อมูลภายใน 54
ตารางที่ 5.2 สรุปการโปรแกรมโมดการทำงานของ 8273 เพื่อการดำเนินงานจริง---------- 54
ตารางที่ 5.3 สรุปการโปรแกรมโมดการทำงานของ 8273 เพื่อทดสอบการรับส่งข้อมูลภายใน 58
ตารางที่ 5.4 สรุปการโปรแกรมโมดการทำงานของ 8273 เพื่อการดำเนินงานจริง---------- 58
ตารางที่ 6.1 แสดงการกำหนดค่าชนิดโมดูลและฟิลด์เขตที่อยู่ในการทดสอบระบบ---------- 69
ตารางที่ ก.1 แสดงรีจิสเตอร์ทั้งหมดใน 8273---------- 80
ตารางที่ ก.2 รหัสผลลัพธ์การรับข้อมูล---------- 84
ตารางที่ ก.3 รหัสผลลัพธ์การส่งข้อมูล---------- 84
ตารางที่ ก.4 สรุปคำสั่งใน 8273---------- 89
ตารางที่ ข.1การกำหนดชนิดของโมดูลให้สัมพันธ์กับโมดูลระยะไกล---------- 95

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงลำดับชั้นทั้ง 7 ของโครงสร้างจำลอง OSI---- 4
รูปที่ 2.2 ก) แสดงความสัมพันธ์ของสถานีในรูปลักษณ์ไม่สมดุลย์---- 9
รูปที่ 2.2 ข) แสดงความสัมพันธ์ของสถานีในรูปลักษณ์สมดุลย์---- 9
รูปที่ 2.3 แสดงการเชื่อมต่อข้อมูลหนึ่งที่มีการต่อถึงกันใน 2 ระดับ---- 9
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของเฟรม---- 12
รูปที่ 2.5 แสดงการแทรกและการตัดบิต 'ศูนย์' ในฟิลด์ข้อสนเทศ---- 12
รูปที่ 2.6 รูปแบบต่าง ๆ ของฟิลด์ควบคุม---- 13
รูปที่ 2.7 การตรวจสอบความผิดพลาดของเฟรมข้อมูลที่ส่งผ่าน---- 14
รูปที่ 2.8 รูปแบบฟิลด์ควบคุมของเฟรมข้อสนเทศ---- 15
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟิลด์ควบคุมกับบิต "P/F" ในเฟรมข้อสนเทศ 15
รูปที่ 2.10 รูปแบบฟิลด์ควบคุมของเฟรมควบคุมดูแล---- 16
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างเฟรมควบคุมดูแลในฟังก์ชัน 'RR : Receive Ready'---- 17
รูปที่ 2.12 รูปแบบฟิลด์ควบคุมของเฟรมไม่มีหมายเลข---- 17
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างเฟรมไม่มีหมายเลข ซึ่งเฟรมคำสั่ง 'DISC' และเฟรมตอบสนอง 'UA' -- 18
รูปที่ 2.14 การเดินงานในโมดการตอบสนองปกติ---- 21
รูปที่ 2.15 แสดงการทำงานเมื่อสถานีทุติยภูมิไม่สามารถตอบสนองภายในเวลาที่กำหนด---- 21
รูปที่ 3.1 โปรโตคอลของข้อมูลกลุ่มฟังก์ชันขอข้อมูล ของโมดูลอินพุต---- 28
รูปที่ 3.2 โปรโตคอลของข้อมูลกลุ่มฟังก์ชันควบคุมโมดูลดิจิตอลเอาต์พุต---- 28
รูปที่ 3.3 โปรโตคอลของข้อมูลกลุ่มฟังก์ชันควบคุมโมดูลแอนะลอกเอาต์พุต---- 28
รูปที่ 3.4 โปรโตคอลของข้อมูลกลุ่มฟังก์ชันขอข้อมูลโมดูลดิจิตอลอินพุต---- 29
รูปที่ 3.5 โปรโตคอลของข้อมูลกลุ่มฟังก์ชันควบคุมโมดูลดิจิตอลเอาต์พุต---- 29
รูปที่ 3.6 โปรโตคอลของข้อมูลกลุ่มฟังก์ชันขอข้อมูลและควบคุมของโมดูลแอนะลอก---- 30
รูปที่ 3.7 โครงสร้างของระบบ ที่ออกแบบส่วนควบคุมโปรโตคอล เสียบอยู่ในสลอตของ
เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์---- 31
รูปที่ 3.8 โครงสร้างของระบบ ที่ออกแบบส่วนควบคุมโปรโตคอลเป็นโมดูล แยกจาก
เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์---- 32
รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของโมดูลระยะไกล---- 34

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 3.10 แสดงงานหลักของสถานีควบคุม---------- 36
รูปที่ 3.11 แสดงงานหลักของโมดูลระยะไกล---------- 36
รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของฮาร์ดแวร์ส่วนควบคุมโปรโตคอลสถานีควบคุม--------- 39
รูปที่ 4.2 แสดงส่วนรับส่งข้อมูลแบบ RS-485---------- 40
รูปที่ 4.3 แสดง I/O Address map ของฮาร์ดแวร์วงจรควบคุมโปรโตคอล---------- 41
รูปที่ 4.4 แสดงแผ่นวงจรควบคุมโปรโตคอลส่วนสถานีควบคุม---------- 41
รูปที่ 4.5 แสดงตำแหน่งต่าง ๆ ของดิพสวิตช์---------- 42
รูปที่ 4.6 แสดงการเชื่อมต่อกันระหว่างโมดูลระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485---------- 45
รูปที่ 4.7 แสดง Memory map ของฮาร์ดวแวร์ภายนอก---------- 47
รูปที่ .4.8 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลอินพุตแบบดิจิตอล---------- 48
รูปที่ 4.9 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลอินพุตแอนะลอกสัญญาณมาตรฐาน---------- 49
รูปที่ 4.10 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลเอาต์พุตแบบดิจิตอล---------- 49
รูปที่ 4.11 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลเอาต์พุตแอนะลอกสัญญาณมาตรฐาน---------- 50
รูปที่ 4.12 แสดงแผ่นวงจรของฮาร์ดแวร์โมดูลเอาต์พุตแอนะลอก 0-10 โวลต์---------- 50
รูปที่ 5.1 แสดงผังงานของโปรแกรมอินเทอร์รัพต์---------- 53
รูปที่ 5.2 แสดง Strategy configuration ของระบบ---------- 55
รูปที่ 5.3 แสดงผังงานโปรแกรมอินเทอร์รัพต์ของตัวตั้งเวลาการสุ่ม---------- 57
รูปที่ 5.4 แสดงผังงานของโปรแกรมหลัก---------- 59
รูปที่ 5.5 แสดงผังงานของโปรแกรมการทดสอบรับส่งข้อมูลภายในตัวควบคุมโปรโตคอล--- 61
รูปที่ 5.6 แสดงผังงานของโปรแกรมกำหนดค่าฐานเวลาสำหรับโมดูล PCA---------- 62
รูปที่ 5.7 แสดงผังงานของโปรแกรมกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับตัวตั้งเวลาสุ่ม---------- 63
รูปที่ 5.8 แสดงผังงานโปรแกรมกำหนดโมดการสื่อสารข้อมูล---------- 64
รูปที่ 5.9 ผังงานแสดงโปรแกรมตรวจสอบอินพุตเกินพิสัย---------- 65
รูปที่ 5.10 แสดงผังงานโปรแกรมการประมาณค่าอินพุตแบบ Successive---------- 67
รูปที่ 6.1 แสดงการเชื่อมต่อระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485----- 69
รูปที่ 6.2 แสดงเมนูหลักในเข้าสู่หน้าจอแสดงสถานะของแต่ละโมดูล---------- 70
รูปที่ 6.3 แสดงหน้าจอบอกสถานะของช่องสัญญาณโมดูลอินพุตแบบดิจิตอล---------- 71

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 6.4 แสดงหน้าจอการควบคุมช่องสัญญาณโมดูลเอาต์พุตแบบดิจิตอล---------- 71
รูปที่ 6.5 แสดงหน้าจอการบอกค่าของสัญญาณแต่ละช่องสัญญาณของโมดูล---------- 72
รูปที่ 6.6 แสดงหน้าจอการควบคุมค่าของสัญญาณแต่ละช่องสัญญาณของโมดูล---------- 72
รูปที่ 6.7 แสดงหน้าจอการควบคุมค่าของสัญญาณแต่ละช่องสัญญาณของโมดูล---------- 73
รูปที่ ก.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนต่าง ๆ ภายใน 8273---------- 79
รูปที่ ก.2 แสดงลำดับเฟสปฏิบัติการของ 8273---------- 81
รูปที่ ก.3 แสดงผังงานส่วนเฟสคำสั่ง---------- 83
รูปที่ ก.4 แสดงผังงานของเฟสผลลัพธ์ และการรับส่งข้อมูลที่เกิดจากสัญญาณอินเทอร์รัพต์ 85
รูปที่ ข.1 แสดงลักษณะด้านหลัง---------- 93
รูปที่ ข.2 แสดงลักษณะด้านหลักของโมดูลกลุ่มแอนะลอก---------- 94
รูปที่ ข.3 แสดงลักษณะตำแหน่งดิพสวิตช์บนบอร์ดของโมดูล---------- 95
รูปที่ ข.4 แสดงตำแหน่งชุดสวิตช์ที่เลือกฟีลด์ที่อยู่และชนิดของโมดูล---------- 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย