

การพัฒนาตัวควบคุมโดยตรงสำหรับห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม



นาย ณัฐ ชีรสุนทร

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-666-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A DIRECT CONTROLLER FOR THE CONTROL SYSTEMS
RESEARCH LABORATORY

MR. NAT THIRASUTTHAKORN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

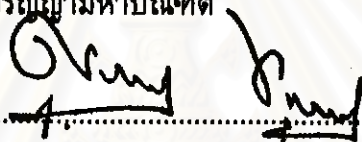
Chulalongkorn University

Academic Year 1997


ISBN 974-638-666-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบควบคุมโดยตรงสำหรับห้องปฏิบัติการวิจัย
ระบบควบคุม
โดย นายณัฐ ชีรสุธชากร
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. มานพ วงศ์สายสุวรรณ

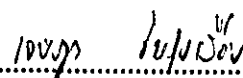
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุลัย กลั่นความดี)

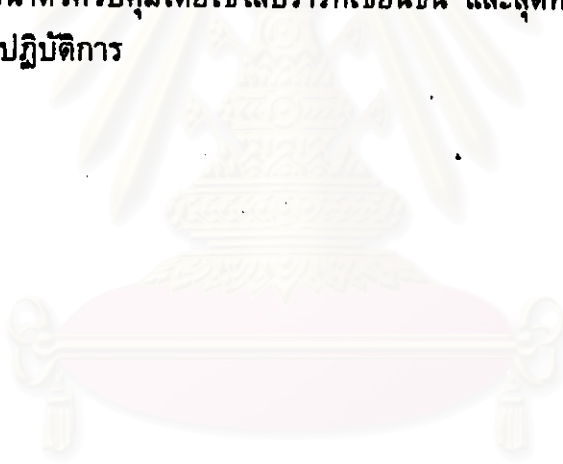
..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. มานพ วงศ์สายสุวรรณ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เจษฎา ชินรุ่งเรือง)

พิมพ์ต้นฉบับกับขงจัดซื้อวิทยานิพนธ์มาใช้ภายในการงานนี้ศึกษาใช้เรียงแผ่นเดียว

ณัฐ ชีรศุทธาคร : การพัฒนาระบบควบคุมโดยตรงสำหรับห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม (DEVELOPMENT OF A DIRECT CONTROLLER FOR CONTROL SYSTEMS RESEARCH LABORATORY) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.มานพ วงศ์สายสุวรรณ, 68 หน้า. ISBN 974-638-666-2

วัตถุประสงค์งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือเพื่อพัฒนาระบบพื้นฐานสำหรับห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุมเพื่อใช้เป็นตัวควบคุมโดยตรงที่สามารถโปรแกรมและแก้ไขโปรแกรมของวิธีการควบคุมได้ง่าย และมีความสามารถด้านอื่น ๆ ที่อำนวยความสะดวกต่อการใช้งานเช่น ด้านเครือข่าย, การทำงานแบบหลายผู้ใช้ และการทำงานแบบหลายภารกิจเป็นต้น รวมทั้งพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้เป็นชุดทดลองในห้องปฏิบัติการอีกด้วย โดยวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้ RT-Linux ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการแบบเวลาจริงที่มีความสามารถด้านอื่น ๆ ตามต้องการและสามารถคัดลอกใช้งานได้ฟรี โดยในช่วงแรกของการทำงานเป็นการศึกษาถึงระบบเวลาจริง การทำงานและการใช้งานของ RT-Linux รวมถึงการเขียนไลบรารีสำหรับกฎการควบคุมแบบฟร็อพเพอร์ การพัฒนาตัวควบคุมโดยใช้ไลบรารีที่เขียนขึ้น และสุดท้ายเป็นการพัฒนาตัวควบคุมโดยตรงเพื่อใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต ณัฐ ชีรศุทธาคร.
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา มานพ วงศ์สายสุวรรณ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

#3970517321 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD DIRECT DIGITAL CONTROL / ANALOG-TO-DIGITAL DIGITAL-TO-ANALOG
CONVERSIONS / REALTIME SYSTEMS / LINUX

NAT THIRASUTTHAKORN : DEVELOPMENT OF A DIRECT CONTROLLER FOR
CONTROL SYSTEMS RESEARCH LABORATORY. THESIS ADVISOR : MANOP
WONGSAISUWAN, D.Eng. 68 pp. ISBN 974-638-666-2

The goal of this thesis is to develop a direct controller for the Control Systems Research Laboratory that can be easily programmed and debugged so that a new control algorithm can be readily implemented. This controller should also have many useful features such as TCP/IP networking, multi-user and multi-tasking support. The other objective is to develop a data acquisition program to use with the laboratory equipment. We choose an operating system called RT-Linux, which is a real-time operating system that has all above features, and is freely distributed. We begin with the study of real-time systems and the internal working of the RT-Linux. The thesis includes the library for proper control laws and a controller, as a case study, using the proposed library. Finally we demonstrate the actual implementation of the developed controller for some laboratory equipment.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา..... ๒๕๔๐

ลายมือชื่อนิสิต..... นพ. จิตรพิลาชกร

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... นพ. วรงค์ชัยณรงค์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. มานพ วงศ์สายสุวรรณ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สุวลัย กลั่นความดี และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. เจษฎา ชินรุ่งเรือง รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาระบบควบคุม ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาและให้การสนับสนุนในการทำงาน เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ Victor Yodaiken และ Michael Barabanov ที่พัฒนา RT-Linux ซึ่งได้ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และ Paolo Mantegazza สำหรับการแก้ปัญหาการใช้งานหน่วยประมวลผลคณิตศาสตร์ภายในงานแบบเวลาจริง

ขอขอบคุณแรงสนับสนุนจากครอบครัว พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุมทุกคน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	2
1.4 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์	2
2. การใช้งานซอฟต์แวร์ในระบบเวลาจริง	4
2.1 ระบบปฏิบัติการแบบเวลาจริง	4
2.2 การจัดลำดับการทำงาน (Scheduling Strategies)	5
2.3 โครงสร้างความสำคัญ (Priority Structure)	7
2.4 การจัดการงาน (Task Management)	9
2.5 การจัดการหน่วยความจำ (Memory Management)	12
2.6 การตรวจสอบซึ่งกันและกัน (Mutual Exclusion)	12
2.7 การติดต่อระหว่างงาน (Inter-task Communication)	14
3. ระบบปฏิบัติการ RT-Linux	15
3.1 ระบบปฏิบัติการ Linux	15
3.2 ความสามารถในการทำงานแบบเวลาจริงของ Linux	16
3.3 โครงสร้างทั่วไปของ RT-Linux	21
3.4 การจัดการอินเทอร์รัพใน RT-Linux	22
3.5 การใช้งาน RT-Linux	23
4. ซอฟต์แวร์ตัวควบคุมโดยตรง	30
4.1 การแบ่งองค์ประกอบหลัก	30
4.2 กรณีศึกษา	34
4.3 วิธีการควบคุมแบบพีไอดี	36
4.4 ไลบรารีสำหรับตัวควบคุมแบบพรีอเพอร์	39

5. โปรแกรม RTheat	46
5.1 องค์ประกอบหลัก	45
5.2 สรุปการใช้งาน	52
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	53
รายการอ้างอิง	55
ภาคผนวก ก การติดตั้ง RT-Linux	57
ภาคผนวก ข ไลบรารีสำหรับตัวควบคุมแบบพรีอเพอร์ (proper)	58
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการใช้งานไลบรารีสำหรับตัวควบคุมแบบพรีอเพอร์	64
ประวัติผู้เขียน	68



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1	ระดับความสำคัญในระบบปฏิบัติการแบบเวลาจริง	8
รูปที่ 2.2	ตัวอย่างแผนภูมิสถานะของงาน	10
รูปที่ 2.3	แสดงการทำงานของตัวจัดการงาน	11
รูปที่ 3.1	แสดงโครงสร้างของ RT-Linux	21
รูปที่ 4.1	ระบบควบคุมโดยตรง	31
รูปที่ 4.2	กรอบเวลาสำหรับการควบคุม	33
รูปที่ 4.3	ตัวอย่างโปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้	35
รูปที่ 4.4	ตัวควบคุมพีไอดีซึ่งมีการแก้ไขผลเสียจากการอิมตัวของตัวกระตุ้น	
	เมื่อค่า $b = 1$	38
รูปที่ 5.1	ผังการทำงานของส่วนงานเวลาจริงของโปรแกรม RTheat	46
รูปที่ 5.2	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของโปรแกรม RTheat	48
รูปที่ 5.3	หน้าต่างของตัวควบคุมแบบพีไอดี	49
รูปที่ 5.4	หน้าต่างของตัวกำเนิดสัญญาณ	50
รูปที่ 5.5	โครงสร้างโดยรวมของโปรแกรม RTheat	51