

การออกแบบและสร้างระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาล็อกโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม



นายสุรเชษฐ์ คุณรักษา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-311-4

009613

i 18042995

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MICROPROCESSOR CONTROLLED
ANALOG DATA ACQUISITION SYSTEM

Mr. Surachet Khunrugsa

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

1985

กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิชาวีรานนท์ ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา อีกทั้งช่วยจัดหา อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายในการทดลองสร้างเครื่องต้นแบบ ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณ มา ณ ที่นี้ด้วย นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณพนักงานบริษัท ไอ. ดี. ไอ. จำกัด ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณ สุพจน์ ตุงกเศรวงค์ และ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการสอบเทียบเครื่องต้นแบบที่ได้สร้างขึ้น





สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ.....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเบื้องต้น.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	2
2. ทฤษฎีของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	4
2.1 ระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	4
2.2 ทรานซิสเวียร์.....	7
2.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้า.....	7
2.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้า.....	15
2.2.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำไฟฟ้า.....	18
2.2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า.....	20
2.3 เครื่องวัดและเก็บข้อมูล.....	27
2.3.1 ระบบไมโครโปรเซสเซอร์.....	28
2.3.2 ภาคเลือกสัญญาณ.....	30
2.3.3 ภาคขยายสัญญาณ.....	30
2.3.4 ภาคแปลงสัญญาณแบบอะนาลอกเป็นสัญญาณเชิงเลข.....	32
2.3.5 ภาคแสดงผล.....	34
2.3.6 แป้นกดข้อมูล.....	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
2.3.7	ภาครับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก.....	37
2.3.8	ภาคนาฬิกา.....	38
2.4	โปรแกรมควบคุมการทำงาน.....	38
2.4.1	ขั้นตอนการทำงานของระบบ.....	38
2.4.2	การประมวลผลข้อมูล.....	39
2.4.3	การจัดการข้อมูล.....	41
3.	การออกแบบและสร้างวงจรระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	43
3.1	ข้อกำหนด.....	43
3.2	การออกแบบวงจร.....	44
3.2.1	ภาคประมวลผลกลางและหน่วยความจำ.....	44
3.2.2	ภาคแปลงสัญญาณ.....	46
3.2.3	ภาคขยายสัญญาณ.....	48
3.2.4	ภาคเลือกสัญญาณ.....	50
3.2.5	ภาคเตือนภัย.....	51
3.2.6	ภาคแสดงผลและบันทึกข้อมูล.....	52
3.2.7	ภาคนาฬิกา.....	53
3.2.8	ภาคอินเตอร์เฟซกับเครื่องพิมพ์.....	54
3.2.9	ภาครับส่งข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ระบบอื่น.....	54
3.2.10	ภาคบัฟเฟอร์และการกำหนดแอดเดรส.....	55
3.2.11	ภาคจ่ายกำลัง.....	56
3.3	การสร้างและประกอบวงจร.....	57
3.3.1	แผงวงจร MPF-1.....	58
3.3.2	แผงวงจรอินเตอร์เฟซ.....	61
3.3.3	แผงวงจรแสดงผล.....	64
3.3.4	แผงวงจรเลือกสัญญาณ.....	68
3.3.5	แผงวงจรจ่ายกำลัง.....	72

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.6 การเดินสายระหว่างแผงวงจร.....	72
3.4 การทดสอบวงจร.....	74
3.4.1 ทดสอบวงจรภาคขยายสัญญาณ.....	74
3.4.2 ทดสอบวงจรภาคแปลงสัญญาณ.....	75
3.4.3 ทดสอบวงจรภาคเลือกสัญญาณ.....	75
3.4.4 ทดสอบวงจรอินเทอร์เฟสต่าง ๆ.....	76
4. การออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	77
4.1 การทำงานของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	77
4.1.1 การแสดงผลข้อมูล.....	77
4.1.2 แผ่นกคข้อมูล.....	80
4.1.3 การใช้งานของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	62
4.2 โปรแกรมควบคุมการทำงาน.....	87
4.2.1 โปรแกรมหลัก.....	88
4.2.2 โปรแกรมการเซตค่าเริ่มแรกให้กับระบบ.....	88
4.2.3 โปรแกรมการแสดงผลและพิมพ์ข้อความเริ่มแรก.....	91
4.2.4 โปรแกรมการอินเทอร์รัพท์.....	92
4.2.5 โปรแกรมการทำงานของระบบ.....	95
4.2.6 โปรแกรมการแสดงผลตามฟังก์ชันที่ได้รับจากแผ่นกคข้อมูล.....	96
4.2.7 โปรแกรมการพิมพ์รายงานออกที่เครื่องพิมพ์.....	97
4.2.8 โปรแกรมการส่งข้อมูลไปที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.....	100
4.2.9 โปรแกรมการประมวลผลข้อมูล.....	100
4.2.10 โปรแกรมการชดเชยออฟเซต.....	102
4.2.11 โปรแกรมการทำให้เป็นเชิงเส้นตรง.....	102
4.2.12 โปรแกรมการชดเชยอุณหภูมิที่จุดอ้างอิง.....	103
4.2.13 MEMORY MAP.....	104
4.2.14 I/O MAP.....	105

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การสร้างโปรแกรมควบคุมการทำงาน.....	105
4.3.1 การพัฒนาระบบ.....	106
4.3.2 การพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ ALDS.....	108
4.3.3 ROM EMULATOR	111
5. การทดสอบระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	114
5.1 การทดสอบการวัดข้อมูล.....	114
5.1.1 ทดสอบการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล.....	114
5.1.2 ทดสอบการวัดอุณหภูมิด้วยกระดาษความต้านทาน.....	121
5.2 การทดสอบความเร็วในการสแกนหัววัด.....	125
5.3 การทดสอบการพิมพ์รายงาน.....	126
5.4 การทดสอบการรับส่งข้อมูลกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.....	129
6. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	132
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	132
6.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป.....	133
เอกสารอ้างอิง.....	135
ภาคผนวก ก. ตารางมาตรฐานของเทอร์โมคัปเปิลและกระดาษความต้านทานชนิดต่างๆ.....	138
ภาคผนวก ข. ข้อมูลการทดสอบระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	145
ภาคผนวก ค. รายละเอียดและคุณสมบัติของไอซีต่าง ๆ.....	150
ภาคผนวก ง. โปรแกรมการรับข้อมูลจากระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	166
ภาคผนวก จ. PROGRAM LISTING	170
ประวัติผู้เขียน.....	251

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณสมบัติของโลหะที่ใช้ทำตัวความต้านทาน.....	48
2.2 แสดงช่วงอุณหภูมิที่ใช้วัดของเทอร์โมคัปเปิลชนิดต่าง ๆ.....	24
2.3 แสดงสายต่อเทอร์โมคัปเปิลที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน.....	26
4.1 แสดงรหัสของชนิดทรานซิสควเซอร์หรือสัญญาณเข้า.....	87
5.1 แสดงตารางการทำให้เป็นเชิงเส้นตรงของเทอร์โมคัปเปิลชนิด CA.....	117
5.2 แสดงตารางการชดเชยอุณหภูมิที่จุดอ้างอิงของเทอร์โมคัปเปิลชนิด CA...	120
5.3 แสดงตารางการทำให้เป็นเชิงเส้นตรงของกระเปาะความต้านทานชนิด pt-100.....	124
ก-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล ชนิด PR.....	138
ก-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล ชนิด CA.....	139
ก-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล ชนิด CRC.....	140
ก-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล ชนิด IC.....	141
ก-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล ชนิด CC.....	142
ก-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของกระเปาะความ- ต้านทานชนิด pt-100.....	143
ก-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของกระเปาะความ- ต้านทานชนิด pt-50.....	144
ข-1 แสดงผลการทดสอบการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า.....	145
ข-2 แสดงการทดสอบการวัดอุณหภูมิโดยใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณมาตรฐาน.....	146
ข-3 แสดงผลการทดสอบการวัดแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากวงจรบริดจ์ไม่สมดุลย์...	147

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-4 แสดงผลการทดสอบการวัดอุณหภูมิโดยใช้ตัวความต้านทานมาตรฐาน ปรับค่าได้.....	148
ข-5 แสดงผลการทดสอบการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด CA และ กระเปาะความต้านทานชนิด pt-100.....	149

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องวัดปริมาณทางฟิสิกส์แบบง่าย ๆ	4
2.2 การวัดข้อมูลหลายตำแหน่งโดยใช้เครื่องวัดร่วมกัน	5
2.3 ตัวอย่างระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอกของบริษัทต่างประเทศ	6
2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของโลหะต่าง ๆ	9
2.5 แสดงส่วนประกอบของกระเปาะความต้านทาน	10
2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานไฟฟ้ากับอุณหภูมิ และ รูปร่างต่าง ๆ ของเทอร์มิสเตอร์	11
2.7 แท่งตัวนำไฟฟ้า	12
2.8 แสดงส่วนประกอบและชนิดต่าง ๆ ของโพเทนชิโอมิเตอร์	13
2.9 แสดงลักษณะการใช้งานโพเทนชิโอมิเตอร์	13
2.10 แสดงลักษณะของตัวนำเมื่อถูกแรงกระทำ	14
2.11 แสดงสเตรนเกจรูปร่างต่าง ๆ	15
2.12 ตัวเก็บประจุชนิดแผ่นขนาน	16
2.13 แสดงลักษณะการทำงานของทรานสดิวเซอร์ความจุไฟฟ้า	17
2.14 ตัวอย่างทรานสดิวเซอร์ชนิดความจุไฟฟ้า	17
2.15 ขดลวดตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า	18
2.16 แสดงลักษณะการทำงานของทรานสดิวเซอร์ชนิดความเหนี่ยวนำไฟฟ้า	19
2.17 แสดงโครงสร้างของ LVDT	19
2.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณออกกับตำแหน่งแกนของ LVDT	20
2.19 ตัวอย่างการใช้ LVDT ในการวัดความดัน	20
2.20 แสดงส่วนประกอบของ TRANSLATION-VELOCITY TRANSDUCER	21
2.21 แสดงส่วนประกอบของ ELECTROMAGNETIC FLOWMETER	22
2.22 แสดงหลักการของเทอร์โมคัปเปิล	22
2.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิล ชนิดต่าง ๆ	23

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

2.24	แสดงการชดเชยอุณหภูมิที่จุกข้างอิง.....	25
2.25	แสดงส่วนประกอบภายในของเทอร์โมคัมเบิล.....	25
2.26	แสดงผลึกเพียโซอิเล็กทริกเมื่อถูกแรงกระทำ.....	26
2.27	แสดงตัวอย่างเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์.....	27
2.28	แสดงโครงสร้างระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	28
2.29	แสดงโครงสร้างของระบบไมโครโปรเซสเซอร์.....	29
2.30	แสดงโครงสร้างของภาคเลือกสัญญาณ.....	30
2.31	แสดงหลักการทํางานของวงจรมอนิเตอร์.....	31
2.32	วงจรมอนิเตอร์เมนเตชั่น.....	31
2.33	แสดงโครงสร้างของวงจรมอนิเตอร์แบบ DUAL SLOPE.....	32
2.34	แสดงการทํางานของวงจรมอนิเตอร์แบบ DUAL SLOPE.....	33
2.35	แสดงโครงสร้างของวงจรมอนิเตอร์แบบ SUCCESSIVE APPROXIMATION.....	34
2.36	แสดงโครงสร้างของการแสดงผลโดยตรง.....	35
2.37	แสดงโครงสร้างของการแสดงผลด้วยการมัลติเพลกซ์.....	35
2.38	แสดงโครงสร้างแบ้้นกคข้อมูลแบบเข้ารหัส.....	36
2.39	แสดงโครงสร้างแบ้้นกคข้อมูลแบบสแกน.....	36
2.40	แสดงรูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม.....	37
2.41	แสดงขั้นตอนการทํางานภายในของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	39
2.42	แสดงหลักการของ PIECEWISE LINEAR APPROXIMATION.....	40
3.1	แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	45
3.2	แสดงวงจรมอนิเตอร์ประมวลผลกลางและหน่วยความจำ.....	46
3.3	แสดงวงจรมอนิเตอร์แบบเลือกสัญญาณ.....	47
3.4	แสดงวงจรมอนิเตอร์แบบขยายสัญญาณ.....	49
3.5	แสดงวงจรมอนิเตอร์แบบเลือกสัญญาณชนิดต่าง ๆ เป็นสัญญาณแรงดัน.....	49
3.6	แสดงวงจรมอนิเตอร์แบบเลือกสัญญาณ.....	51

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

3.7	แสดงวงจรเชื่อมต่อทางแสง	51
3.8	แสดงวงจรภาคเตือนภัย	53
3.9	แสดงวงจรภาคแสดงผลและบันทึกข้อมูล	53
3.10	แสดงวงจรภาคนาฬิกาและภาคอินเตอร์เฟสกับ เครื่องพิมพ์	54
3.11	แสดงวงจรรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	55
3.12	แสดงวงจรรับส่งพัลส์เฟส	55
3.13	แสดงวงจรการกำหนดแอดเดรส	56
3.14	แสดงวงจรภาคจ่ายกำลัง	56
3.15	แสดงวงจรการต่อแบตเตอรี่	57
3.16	แสดงเครื่องต้นแบบของระบบ เก็บข้อมูลแบบอะนาล็อก	58
3.17	แสดงแผงวงจร MPF-1 และแผงวงจรจ่ายกำลัง	59
3.18	แสดงวงจรของแผงวงจร MPF1 เฉพาะส่วนที่นำมาใช้งาน	60
3.19	แสดงแผงวงจรอินเตอร์เฟส	61
3.20	แสดงวงจร ของแผงวงจรอินเตอร์เฟส	62
3.21	แสดงวงจรของแผงวงจรรีเลย์และออก	63
3.22	แสดงแผงวงจรแสดงผล	64
3.23	แสดงวงจรของแผงวงจรแสดงผล	65
3.24	แสดงวงจรของแผงวงจรหลอดตัวเลข	66
3.25	แสดงวงจรของแผงวงจรบันทึกข้อมูล	67
3.26	แสดงแผงวงจร เลือกลัญญาณและแผงวงจรร้อยรีเลย์และออก	68
3.27	แสดงวงจรของแผงวงจรถือกลัญญาณ	69
3.28	แสดงวงจรของแผงวงจรจ่ายกำลัง	70
3.29	แสดงการเดินสายระหว่างแผงวงจร	71
3.30	แสดงคอนเนคเตอร์ต่าง ๆ ที่ต่อออกไปภายนอก	72
3.31	แสดงการต่อคอนเนคเตอร์ SERIAL OUT	73
3.32	แสดงการต่อคอนเนคเตอร์ PRINTER OUT	73

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.33 แสดงการต่อคอนเนคเตอร์ I/O INTERFACE.....	74
3.34 แสดงการต่อคอนเนคเตอร์ EXTERNAL SCANNER.....	74
4.1 แสดงระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาล็อกที่สร้างขึ้น.....	77
4.2 แสดงหน้าปัทม์การแสดงผล.....	78
4.3 แสดงรูปแบบการแสดงผลข้อมูลที่อ่านจากทรานสดิวเซอร์.....	79
4.4 แสดงรูปแบบการแสดงเวลา.....	79
4.5 แสดงรูปแบบการแสดง วัน เดือน ปี.....	79
4.6 แสดงรูปแบบการแสดงชนิดของทรานสดิวเซอร์.....	80
4.7 แสดงรูปแบบการแสดงผลหมายเลขช่องสัญญาณ.....	80
4.8 แสดงหน้าปัทม์บันทึกข้อมูล.....	81
4.9 แสดงการแสดงผลเมื่อเปิดเครื่อง.....	82
4.10 แสดงการพิมพ์ข้อมูลใน INITIAL MODE.....	83
4.11 แสดงการแสดงผลในสภาวะปกติของ PROGRAM MODE.....	83
4.12 แสดงขั้นตอนการกดปุ่มเพิ่มเซตค่าขีดกำหนดสูงสุดหรือต่ำสุด.....	83
4.13 แสดงขั้นตอนการกดปุ่มเพื่อเซตค่าเวลา วัน เดือน ปี และช่วง เวลาการพิมพ์.....	84
4.14 แสดงขั้นตอนการกดปุ่มเพื่อเซตค่าชนิดของทรานสดิวเซอร์.....	84
4.15 แสดงการพิมพ์ข้อมูลใน PROGRAM MODE.....	84
4.16 แสดงขั้นตอนการกดปุ่มเปลี่ยนการแสดงผลช่องสัญญาณ.....	85
4.17 แสดงการพิมพ์ข้อมูลใน HOLD MODE	85
4.18 แสดงโฟลว์ชาร์ทของ MAIN PROGRAM	88
4.19 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการเซตค่าให้กับหน่วยความจำ.....	89
4.20 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการเซตค่าให้กับอุปกรณ์ของระบบ.....	91
4.21 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการแสดงผลและพิมพ์ข้อความเริ่มแรก....	92
4.22 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมอินเทอร์รัพท์จากภาคแสดงผล และสแกนบันทึกข้อมูล.....	93

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.23 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมอินเตอร์รัพท์จากการรับส่งข้อมูล
แบบอนุกรม..... 94

4.24 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมอินเตอร์รัพท์จากภาคแปลงสัญญาณ..... 95

4.25 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการทำงานของระบบ..... 96

4.26 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการแสดงผลตามฟังก์ชันที่ได้รับจาก
แป้นกดข้อมูล..... 97

4.27 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมพิมพ์โมดและเวลา..... 98

4.28 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมพิมพ์ข้อมูลที่อ่านจากทรานสดิวเซอร์..... 99

4.29 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมพิมพ์ข้อมูลที่เซทจากแป้นกดข้อมูล..... 99

4.30 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมส่งข้อมูลไปที่เครื่องพิมพ์..... 100

4.31 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมส่งข้อมูลไปที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.. 101

4.32 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการประมวลผลข้อมูล..... 101

4.33 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการชดเชยออฟเซต..... 102

4.34 แสดงการแทนความสัมพันธ์เชิงเส้นของทรานสดิวเซอร์ด้วยเส้นตรงเป็น
ช่วง ๆ 102

4.35 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการทำให้เป็นเชิงเส้นตรง..... 103

4.36 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการชดเชยอุณหภูมิที่จุดอ้างอิง..... 104

4.37 แสดง MEMORY MAP ของระบบ..... 105

4.38 แสดง I/O MAP ของระบบ..... 106

4.39 แสดงแผงวงจร ROM EMULATOR..... 111

4.40 แสดงโครงสร้างของ ROM EMULATOR..... 112

4.41 แสดงการใช้งานของ ROM EMULATOR..... 113

5.1 แสดงเครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ..... 115

5.2 แสดงเครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ..... 115

5.3 แสดง OIL BATH TYPE NOT-20..... 119

5.4 แสดงการทดสอบการวัดอุณหภูมิจริงด้วยเทอร์โมคัปเปิลและกระเปาะความ
ต้านทาน..... 119

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.5 แสดงเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้ในการทดสอบ.....	120
5.6 แสดงวงจรรีจิด์ที่ใช้กับกระเปาะความต้านทาน.....	121
5.7 แสดงตัวความต้านทานมาตรฐานปรับค่าได้ที่ใช้ในการทดสอบ.....	122
5.8 แสดงกระเปาะความต้านทานชนิด pt-100 ที่ใช้ในการทดสอบ.....	125
5.9 แสดงเครื่องพิมพ์ที่ใช้กับระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	127
5.10 แสดงการพิมพ์รายงานของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก.....	128
5.11 แสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับระบบเก็บ ข้อมูลแบบอะนาลอก.....	129
5.12 แสดงข้อมูลเมื่อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ต้องการข้อมูลที่อ่านจาก ทรานสดิวเซอร์.....	130
5.13 แสดงข้อมูลเมื่อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ต้องการข้อมูลที่เข้าจากแป้น กดข้อมูล.....	130