สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(10)
รายการภาพประกอบ	(12)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	5
2. การประยุกต์โครงข่ายประสาท ในการกำจัดสัญญาณรบกวน	6
2.1 ชีวฟิสิกส์เบื้องต้นเกี่ยวกับเซลล์ประสาท	6
2.2 แบบจำลองของเซลล์ประสาทและสถาปัตยกรรมของโครงข่าย	8
2.2.1 แบบจำลองของเซลล์ประสาท	8
2.2.2 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของโครงข่าย	9
2.2.3 สถาปัตยกรรมของโครงข่าย	10
2.2.3.1 เซลล์ประสาทชั้นเดียว	10
2.2.3.2 เซลล์ประสาทหลายชั้น	11
2.3 โครงข่าย ADALINE	12
2.4 หลักการพื้นฐานของ Adaptive Filter และการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเป็น Adaptive Filter	13
2.4.1 การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้ Adaptive Filter ชนิดที่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก	13
2.4.2 การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้ Adaptive Filter ชนิดที่ไม่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก.....	15
2.5 การประยุกต์ใช้โครงข่าย ADALINE เป็น Adaptive Filter ชนิดไม่ต้องใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก.....	16

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3. การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นโครงข่ายประสาทเพื่อลดสัญญาณรบกวน	18
3.1 เครื่องขยายสัญญาณ.....	18
3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega32	19
3.2.1 สถาปัตยกรรม.....	20
3.2.2 หน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก.....	21
3.2.3 รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป	21
3.2.4 หน่วยความจำ.....	23
3.2.5 พอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาท์พุต	24
3.2.6 การแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	29
3.3 การนำไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega32 ประยุกต์เป็นโครงข่ายประสาท ADALINE	33
3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010.....	34
3.4.1 คุณสมบัติของไมโครคอลโทรลเลอร์	35
3.4.2 สถาปัตยกรรมของ dsPIC30F2010	36
3.4.3 พอร์ตอินพุตและเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010	37
3.4.4 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์	38
3.4.5 โมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล	40
3.5 การนำไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010 ประยุกต์เป็นโครงข่ายประสาท ADALINE	47
3.6 วงจรยกระดับแรงดันและผสมสัญญาณ	48
3.7 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก	49
3.8 วงจรกรองความถี่ออกเฉพาะช่วง	56
3.9 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเป็น Adaptive Filter	58
4. การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย	60
4.1 การทดสอบไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR Atmega32 ที่ประยุกต์เป็นโครงข่าย ADALINE	61

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1.1 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ ออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย 62

4.1.2 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ ที่มีฮาร์โมนิค ออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้ลาย 64

4.2 การทดสอบไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010 ที่ประยุกต์เป็นโครงข่าย ADALINE 67

4.2.1 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ ออกจากสัญญาณไฟฟ้าของ กล้ามเนื้อลาย 67

4.2.2 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ ที่มีฮาร์โมนิคออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้าม เนื้อลาย..... 69

4.3 การทดสอบโครงข่าย ADALINE กำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายจริงขณะเกร็งกล้ามเนื้อด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega32 71

4.3.1 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายขณะยกน้ำหนักขนาด 1 กิโลกรัม..... 74

4.3.2 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายขณะยกน้ำหนัก ขนาด 2.5 กิโลกรัม 76

4.3.3 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายขณะยก น้ำหนักขนาด 4 กิโลกรัม 79

4.4 การทดสอบโครงข่าย ADALINE กำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายจริงขณะเกร็งกล้ามเนื้อด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010 82

4.4.1 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายขณะยกน้ำหนักขนาด 1กิโลกรัม..... 82

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.4.2 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายขณะยกน้ำหนักขนาด 2.5 กิโลกรัม 85

4.4.3 การทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายขณะยกน้ำหนักขนาด 4 กิโลกรัม..... 87

5. บทสรุปและวิจารณ์ผล 91

บรรณานุกรม 95

ภาคผนวก 96

ก วงจรที่ใช้ในงานวิจัย 97

ข โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย 102

ประวัติผู้เขียน 118

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	แสดงชื่อและหน้าที่แต่ละบิตของพอร์ต A	26
3-2	แสดงคุณสมบัติของการกำหนดบิต DDXn ในรีจิสเตอร์ DDRX	29
3-3	แสดงลักษณะการเลือกแรงดันอ้างอิงของบิต REFS ในรีจิสเตอร์ ADMUX	31
3-4	แสดงบิตที่ใช้กำหนดตัวหารเพื่อกำหนดอัตราสุ่ม	32
3-5	แสดงชื่อและจำนวนขาของแต่ละพอร์ตที่สามารถใช้งานได้	37
3-6	แสดงผลการบันทึกจากการทดสอบวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก	51
4-1	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย ด้วย AVR ATmega32	64
4-2	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ที่มีฮาร์โมนิคออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย ด้วย AVR ATmega32	66
4-3	แสดงอัตราการลดทอนของสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์และฮาร์โมนิคจากเอาท์พุตของวงจรนอตซ์ฟิลเตอร์และโครงข่าย ADALINE ด้วย AVR ATmega32	66
4-4	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย ด้วย dsPIC30F2010.....	68
4-5	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ที่มีฮาร์โมนิคออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายด้วย dsPIC30F2010	70
4-6	แสดงอัตราการลดทอนสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์และฮาร์โมนิคจากเอาท์พุตของวงจรนอตซ์ฟิลเตอร์และโครงข่าย ADALINE ด้วย ด้วย dsPIC30F2010.....	70
4-7	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย AVR ATmega32 ขณะยกน้ำหนัก 1 กิโลกรัม	75

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-8	แสดงอัตราการลดทอนสัญญาณรบความความถี่ 50 เฮิรตซ์และฮาร์โมนิค จากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย AVR ATmega32 ขณะยกน้ำหนัก 1 กิโลกรัม	75
4-9	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย AVR ATmega32 ขณะยกน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม	75
4-10	แสดงอัตราการลดทอนสัญญาณรบความความถี่ 50 เฮิรตซ์และฮาร์โมนิค จากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย AVR ATmega32 ขณะยกน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม.....	78
4-11	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย AVR ATmega32 ขณะยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม	80
4-12	แสดงอัตราการลดทอนสัญญาณรบความความถี่ 50 เฮิรตซ์และฮาร์โมนิค จากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย AVR ATmega32 ขณะยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม	80
4-13	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย dsPIC30F2010 ขณะยกน้ำหนัก 1 กิโลกรัม	83
4-14	แสดงอัตราการลดทอนสัญญาณรบความความถี่ 50 เฮิรตซ์และฮาร์โมนิค จากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย dsPIC30F2010 ขณะยกน้ำหนัก 1 กิโลกรัม	83
4-15	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย dsPIC30F2010 ขณะยกน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม	86
4-16	แสดงอัตราการลดทอนสัญญาณรบความความถี่ 50 เฮิรตซ์และฮาร์โมนิค จากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย dsPIC30F2010 ขณะยกน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม	86
4-17	ค่าดัชนีและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย dsPIC30F2010 ขณะยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม...	89
4-18	แสดงอัตราการลดทอนสัญญาณรบความความถี่ 50 เฮิรตซ์และฮาร์โมนิค จากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย dsPIC30F2010 ขณะยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม	89

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1-1	Adaptive Filter ชนิดที่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก	2
1-2	แสดง Adaptive Filter ชนิดที่ไม่ต้องใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก	2
1-3	แสดงการประยุกต์ใช้โครงข่าย ADALINE เป็น Adaptive Filter	3
1-4	แสดงโครงสร้างการใช้ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นโครงข่ายประสาทเพื่อลดสัญญาณรบกวน	4
1-5	แผนผังการประยุกต์ใช้โครงข่าย ADALINE เป็น Adaptive Filter	4
2-1	โครงสร้างพื้นฐานเซลล์ประสาทของมนุษย์	6
2-2	แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานเซลล์ประสาทของมนุษย์กับแบบจำลองอย่างง่ายของโครงข่ายประสาทอินพุตเดียว.....	8
2-3	เซลล์ประสาทที่มีหลายอินพุต	8
2-4	เซลล์ประสาทชั้นเดียว	10
2-5	เซลล์ประสาทหลายชั้น	11
2-6	ตัวอย่างของโครงข่าย ADALINE 2 อินพุต	13
2-7	Adaptive filter ชนิดที่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก	14
2-8	Adaptive filter ชนิดที่ไม่ต้องใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก	16
2-9	การประยุกต์ใช้โครงข่าย ADALINE เป็น Adaptive Filter (แบบที่ไม่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก)	17
3-1	แสดงลักษณะของ AVR ATmega32 และตำแหน่งขา	20
3-2	สถาปัตยกรรมแบบ RISC ของ AVR ATmega32	21
3-3	แสดงโครงสร้างของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป	22
3-4	แสดงรีจิสเตอร์ X, Y และ Z	22
3-5	โครงสร้างหน่วยความจำโปรแกรม	23
3-6	แสดงหน่วยความจำข้อมูล	24
3-7	แสดงโครงสร้างของพอร์ตต่าง ๆ	25
3-8	แสดงส่วนประกอบรีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ต A	26
3-9	แสดงส่วนประกอบรีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ต B	27
3-10	แสดงส่วนประกอบรีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ต C	28
3-11	แสดงส่วนประกอบรีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ต D	28
3-12	แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็น ดิจิตอล	30
3-13	แสดงส่วนประกอบของรีจิสเตอร์ ADMUX	31

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3-14	แสดงส่วนประกอบรีจิสเตอร์ ADCSRA	31
3-15	แสดงส่วนประกอบรีจิสเตอร์ ADCH และ ADCL.....	32
3-16	แสดงบล็อกไดอะแกรมการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega32 เป็นโครงข่าย ADALINE	33
3-17	แสดงภาพวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega32 ที่ใช้เป็นโครงข่าย ADALINE	34
3-18	แสดงลักษณะของ dsPIC302010 และตำแหน่งขา	34
3-19	แสดงโครงสร้างของขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010.....	37
3-20	แสดงส่วนประกอบรีจิสเตอร์ TxCON	39
3-21	แสดงไดอะแกรมการทำงานของโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล.....	40
3-22	แสดงส่วนประกอบของรีจิสเตอร์ ADCON1	41
3-23	แสดงส่วนประกอบของรีจิสเตอร์ ADCON2	43
3-24	แสดงส่วนประกอบของรีจิสเตอร์ ADCON3	44
3-25	แสดงส่วนประกอบของรีจิสเตอร์ ADCHHS	45
3-26	แสดงส่วนประกอบของรีจิสเตอร์ ADPCFG	47
3-27	แสดงบล็อกไดอะแกรมการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010 เป็นโครงข่าย ADALINE	48
3-28	แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010 ที่ใช้เป็นโครงข่าย ADALINE.....	48
2-29	แสดงวงจรยกระดับแรงดันและผสมสัญญาณไฟฟ้า	49
3-30	แสดงบล็อกไดอะแกรมการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกขนาด 10 บิต.....	49
3-31	แสดงวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกชนิด R2R แลดเดอร์และวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ.....	50
3-32	แสดงกราฟเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่วัดได้จากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกกับค่าที่คำนวณ.....	55
3-33	แสดงวงจรนอตซ์ฟิลเตอร์ (Notch Filter Circuit)	56
3-34	แสดงลักษณะการลดทอนสัญญาณของวงจรกรองความถี่นอตซ์ฟิลเตอร์	57

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3-35	โฟลชาร์ทการทำงานของโครงข่าย ADALINE ที่ประยุกต์ใช้เป็น Adaptive Filter ชนิดไม่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอก.....	59
4-1	แสดงการทดสอบการกำจัดสัญญาณรบกวนของตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลายผสมกับสัญญาณรบกวน	61
4-2	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย ด้วย AVR ATmega32	63
4-3	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ที่มีฮาร์โมนิคออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายด้วย AVR ATmega32	66
4-4	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายด้วย dsPIC30F2010	68
4-5	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์ที่มีฮาร์โมนิคออกจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายด้วย dsPIC30F2010	70
4-6	แสดงลักษณะของอิเล็กโตรดชนิดติดผิวหนัง.....	72
4-7	ผังแสดงวิธีการทดสอบ	72
4-8	แสดงการติดอิเล็กโตรดบนแขนที่ต้องการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย	73
4-9	แสดงวิธีการเกร็งกล้ามเนื้อโดยการยกน้ำหนัก	73
4-10	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย AVR ATmega32 ขณะยกน้ำหนัก 1 กิโลกรัม	75
4-11	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย AVR ATmega32 ขณะยกน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม.....	77
4-12	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย AVR ATmega32 ขณะยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม.....	80

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4-13	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย dsPIC30F2010 ขณะยกน้ำหนัก 1 กิโลกรัม.....	83
4-14	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย dsPIC30F2010 ขณะยกน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม.....	86
4-15	แสดงรูปคลื่นและเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้าจากการทดสอบกำจัดสัญญาณรบกวนจริงด้วย dsPIC30F2010 ขณะยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม.....	88