บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องต้นแบบที่ประยุกต์ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสำหรับการลดสัญญาณรบกวนและการตรวจจับจุดกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย ซึ่งสามารถจำแนกลำดับการทำงานและการสร้างโปรแกรมได้ดังนี้

1. การออกแบบระบบลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อโดยการใช้วงจรกรองปรับตัว ADALINE ที่ไม่ใช้สัญญาณอ้างอิงจากภายนอกและอัลกอริทึม LMS โดยทำการจำลองบนโปรแกรม MATLAB เพื่อวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับระบบลดสัญญาณรบกวนก่อนนำไปออกแบบบนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล โดยผลการทำงานในขั้นตอนนี้แสดงในบทที่ 4 หัวข้อ 4.1

2. การออกแบบโปรแกรมระบบลดสัญญาณรบกวนบนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้บอร์ด DSK TMS320VC5509A โดยรับข้อมูลอินพุทมาจากไฟล์ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.2 สรุปได้ว่าการทำงานของระบบลดสัญญาณรบกวนที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีและทำงานได้เช่นเดียวกับการจำลองบนโปรแกรม MATLAB

3. การออกแบบโปรแกรมระบบตรวจจับจุดกลืนสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืนทำได้โดยการหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อลิ้นของผู้ป่วยที่กลืนลำบากทุก ๆ 60 มิลลิวินาที จากนั้นนำค่ากำลังเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง หากค่ากำลังเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าค่าอ้างอิง จะถือว่ามีการกลืนเกิดขึ้นและระบบจะส่งสัญญาณทริกเกอร์เป็นเวลา 1 วินาที ซึ่งผลการจำลองแสดงดังในบทที่ 4 หัวข้อ 4.3

4. การออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในเครื่องต้นแบบที่ประยุกต์ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสำหรับการลดสัญญาณรบกวนและการตรวจจับจุดกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย อันได้แก่ วงจรวัดสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับ 1280 เท่า วัดสัญญาณในช่วงความถี่ 10 – 500 Hz สำหรับการรับสัญญาณอินพุทจากวงจรวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อนำมาประมวลผล หรือการส่งสัญญาณเอาท์พุทจากการประมวลผลบนตัวประมวลผลไปยังออสซิลโลสโคป ทำได้โดยส่งผ่าน Analog interface circuit ของบอร์ด DSK TMS320VC5509A ซึ่งเป็นไอซีเบอร์ TLV320AIC23B ที่มีวงจร A/D และ D/A ภายในตัวเดียวกัน

5. นำส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ดังกล่าวในข้อ 1-4 มารวมกัน และทำการทดสอบระบบโดยกำหนดพารามิเตอร์ของระบบลดสัญญาณรบกวนด้วยค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 511, ค่าหน่วงเวลาเท่ากับ 10 จำนวน Tapped delay line เท่ากับ 10 และใช้อัตราการสุ่มสัญญาณเท่ากับ 1000 ข้อมูลต่อวินาที (1000 Sample/second) ความละเอียดขนาด 16 บิต (16-Bit resolution) ทำการวัดสัญญาณไฟฟ้าจากบริเวณกล้ามเนื้อแขนและกล้ามเนื้อใต้คางในการตรวจจับจุดกลืนโดยผลการทดสอบแสดงดังในบทที่ 5 สรุปได้ว่าระบบสามารถลดสัญญาณรบกวนความถี่ 50 Hz และฮาร์มอนิคออกจากสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลายได้ ซึ่งแสดงด้วยค่าเพาเวอร์สเปคตรัมของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในสภาวะปกติและในสภาวะเกร็งกล้ามเนื้อ ดังภาพประกอบ 4-5 และเมื่อนำระบบไปตรวจจับการกลืน โดยให้อาสาสมัครทำการกลืนทั้งหมด 40 ครั้ง ระบบตรวจจับถูกต้อง 37 ครั้ง อีก 3 ครั้งตรวจจับไม่ได้ ซึ่งเกิดจากแรงในการกลืนน้อยทำให้สัญญาณในการกลืนต่ำกว่าค่าอ้างอิง นอกจากนี้ระบบส่งสัญญาณทริกเกอร์อีก 2 ครั้งโดยไม่มีการกลืน ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดจากแรงในการเคี้ยวสูง ทำให้สัญญาณการเคี้ยวนี้สูงกว่าค่าอ้างอิงนั่นเอง

ทั้งนี้เครื่องต้นแบบที่ประยุกต์ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสำหรับการลดสัญญาณรบกวนและการตรวจจับจุดกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลายที่สร้างขึ้น มีผลการทดสอบที่ถูกต้องในระดับที่น่าพอใจ หากมีการทดลองนำไปใช้และพัฒนาแก้ไขก็จะมีความสมบูรณ์มากขึ้น อาจทำให้เกิดอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ดีและมีประโยชน์ โดยถือเป็นการคิดค้นและพัฒนาขึ้นภายในประเทศเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าอุปกรณ์ทางการแพทย์จากต่างประเทศ และเป็นการสนับสนุนการพึ่งพาตนเอง

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. อัตราขยายของวงจรวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในงานวิจัยนี้ ทำโดยการปรับค่าตัวต้านทานของวงจรอินสตรูเมนต์ ซึ่งหากจะให้ระบบดีขึ้นอาจออกแบบวงจรเป็นการปรับอัตราขยายแบบอัตโนมัติแทน

2. เสถียรภาพของระบบลดสัญญาณที่ใช้วงจรกรองปรับตัว ADALINE และอัลกอริทึม LMS ขึ้นอยู่กับค่าอัตราการเรียนรู้ที่เหมาะสม สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าอัตราการเรียนรู้ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยการจำลองสัญญาณ โดยคำนวณจากร้อยละ 5 ของสูตร $\frac{1}{LP_x}$ ซึ่งในการใช้งานจริงค่า P_x หรือค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณที่ต้องการจะกำจัดสัญญาณรบกวนมีค่าที่ไม่แน่นอน อาจส่งผลให้การกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ที่คงที่ ไม่เหมาะสมกับระบบดังกล่าว ดังนั้นหากมีการใช้อัลกอริทึมที่สามารถปรับเปลี่ยนอัตราการเรียนรู้ได้อัตโนมัติจะทำให้เสถียรภาพของระบบดียิ่งขึ้น

3. ในการตั้งค่าอ้างอิงสำหรับระบบตรวจจับจุดกลืนของผู้ป่วยที่มีปัญหาการกลืน จำเป็นต้องมีการฝึกวิธีการกลืน รวมถึงการเลือกอาหารที่ใช้ในการฝึกกลืน เนื่องจากอาหารต่างชนิดกันจะมีค่าความหนืดที่ต่างกัน ซึ่งส่งผลให้ขนาดสัญญาณการเคี้ยวและการกลืนแตกต่างกันได้ นอกจากนั้นในการกำหนดค่าอ้างอิงอาจออกแบบให้ปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติ ก็จะเป็นประโยชน์มากขึ้น

4. จากความสามารถในการลดสัญญาณรบกวนของวงจรกรองปรับตัว ADALINE บนบอร์ด DSK TMS320VC5509A ในงานวิจัยนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ในเครื่องขจัดสัญญาณเสียงรบกวนแบบปรับตัว หรืองานอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงได้