บทที่6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยการพัฒนาเครื่องต้นแบบเพื่อเก็บบันทึกและวิเคราะห์เสียงการเต้นของหัวใจจากหลายตำแหน่งบริเวณหน้าอก ได้ทำการออกแบบศึกษาถึงหลักการทำงานและคุณสมบัติของวงจรขยายสัญญาณและวงจรขยายเสียงเต้นหัวใจ, วงจรควบคุมการอ่านข้อมูลสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจเข้าสู่พอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ และการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยนำเอาวิธีการพื้นฐานของเครื่องต้นแบบที่ได้จัดทำมาก่อนนี้ ทำการออกแบบและปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น

การดำเนินงานวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟต์แวร์ ซึ่งส่วนฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย วงจรขยายสัญญาณและวงจรขยายเสียงและวงจรควบคุมการบันทึก ในส่วนของซอฟต์แวร์เป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อบันทึกข้อมูลและแสดงผลรูปสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรม Delphi 5 ซึ่งสามารถสรุปคุณสมบัติทางด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ของงานวิจัยได้ดังนี้

คุณสมบัติทางด้านฮาร์ดแวร์

1. วงจรขยายสัญญาณและวงจรขยายเสียง มีคุณสมบัติดังนี้
    1. วัดสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจได้ทั้ง 6 จุด
    2. อัตราการขยายสัญญาณ 50 เท่า
    3. สามารถฟังเสียงเต้นของหัวใจได้ทั้ง 6 จุด
    4. มีอัตราการขยายเสียง 200 เท่า

2. วงจรควบคุมการบันทึก มีคุณสมบัติดังนี้
    1. ช่องรับสัญญาณอานาลอกในช่วง 0-5 V ทั้งหมด 8 ช่องสัญญาณ
    2. สามารถแปลงสัญญาณอานาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลพร้อมกันทั้ง 8 ช่องสัญญาณมีความละเอียด 8 บิต
    3. มีความถี่ในการสุ่มสัญญาณสูงสุดเท่ากับ 275 kHz

4. สามารถรับและส่งข้อมูลดิจิตอลผ่านทางพอร์ตนานในโหมดการทำงานแบบ EPP (Enhanced PalallelPort)

5. ใช้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ 90S8535 ของบริษัท Atmel เป็นตัวควบคุมการทำงาน

คุณสมบัติทางด้านซอฟต์แวร์

การแสดงผลรูปสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจบนหน้าจอคอมพิวเตอร์มีคุณสมบัติดังนี้

1. อัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sampling rate) 90 kHz
2. สามารถบันทึกสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจในรูปไฟล์ wav
3. แสดงผลข้อมูลที่บันทึกเป็นตัวเลข
4. แสดงผลข้อมูลที่บันทึกในรูปกราฟสัญญาณ
5. บันทึกกราฟรูปสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจเป็นรูปภาพ BMP ได้
6. สามารถย่อและขยายรูปกราฟสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจในแกนเวลาได้
7. สามารถเลือกให้แสดงผลรูปกราฟสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจพร้อมกันทั้ง 8 จุด หรือจะเลือกดูได้ตามต้องการของผู้ใช้
8. สามารถวิเคราะห์หาองค์ประกอบเชิงความถี่ของสัญญาณที่บันทึกได้

การทดสอบการทำงานของส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟต์แวร์ตามที่ได้ออกแบบไว้การทำงานของแต่ละส่วนหลักคือ

- ส่วนวงจรขยายสัญญาณและวงจรขยายเสียง วงจรขยายสามารถขยายสัญญาณเสียงเต้นหัวใจทั้ง 6 จุดป้อนสู่วงจร ADC ได้ และในส่วนของวงจรขยายเสียงสามารถฟังเสียงเต้นของหัวใจออกทางลำโพงได้ยินเสียงชัดเจนทั้ง 6 จุด
- ส่วนการอินเตอร์เฟสของตัวควบคุมกับวงจร ADC จำนวน 8 บิต ตัวควบคุมสามารถส่งสัญญาณควบคุมทั้งในโหมดการเขียนและอ่านข้อมูลสัญญาณ รับข้อมูลดิจิตอลจาก ADC ขนาด 8 บิตเพื่อส่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ในโหมดการอ่านผ่านพอร์ตขนานเพื่อเก็บบันทึกต่อไป ซึ่งการทำงานเป็นไปตามที่ได้ออกแบบ
- ส่วนตัวควบคุมได้ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ AVR 90S8535 สำหรับการสร้างควบคุมสัญญาณให้พอร์ตขนานในโหมดการทำงานแบบ EPP (EPP Singnall Control) สามารถสร้าง

สัญญาณ Wait ตอบรับเมื่อมีสัญญาณ Write และ Address strobe จากพอร์ตขนานเพื่อให้เกิดการ Handshaking ในโหมดการทำงานแบบ EPP ซึ่งตรงตามที่ได้ออกแบบไว้

ในการจัดสร้างเครื่องมือต่างๆ ในงานวิจัยนี้ก็เพื่อที่จะใช้เป็นเครื่องมือประกอบการใช้งานที่ง่ายต่อการวิเคราะห์เพื่อช่วยแพทย์ประกอบการตรวจวินิจฉัยหัวใจ ด้วยวิธีการฟังและดูภาพ PCG ประกอบ ซึ่งได้ทำการทดสอบโดยให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการวินิจฉัยหัวใจด้วยการฟังเสียง โดยใช้เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ขยายสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจ ป้อนสัญญาณที่ได้เข้ากับ Card เพื่อเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ได้ใช้โปรแกรมเพื่อบันทึกสัญญาณเสียงที่เข้ามา แล้ว save ในรูปแบบไฟล์ wave จากนั้นใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเรียกดูข้อมูลที่บันทึกได้ทันที และวิเคราะห์ภาพ PCG ด้วยการดู

บทวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

1.ในการออกแบบและสร้างวงจรขยายสัญญาณและวงจรขยายเสียง ในขั้นตอนแรกได้สร้างวงจรลงบนแผ่นปริ้นเอนกประสงค์ ใส่ลงในกล่องพลาสติก ผลการทดสอบวงจรโดยการฟังเสียงออกทางลำโพง พบว่ามีสัญญาณรบกวนเข้ามาค่อนข้างมาก สันนิษฐานว่ามีสาเหตุมาจากคลื่นความถี่วิทยุแพร่เข้ามาทางสายสัญญาณและบริเวณรอยต่อตามวงจรต่างๆ

การแก้ปัญหาได้ทำการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ขึ้นมาทั้งนี้เพื่อลดความยาวของสายสัญญาณที่ใช้ในวงจร ส่วนของตัวกล่องได้เปลี่ยนมาใช้กล่องเหล็ก โดยได้ทำการต่อสายชีลด์ลัดวงจรลงกราว์ดเข้ากับตัวกล่องเหล็ก และการเชื่อมต่อส่วนต่างๆของวงจรก็ได้ใช้สายชีลด์ทั้งหมด จากการทดสอบโดยการฟังเสียงพบว่า สามารถลดสัญญาณรวบได้ในระดับที่น่าพอใจ

2.การจัดสร้างวงจรควบคุมการอ่านข้อมูลเข้าสู่พอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ในโหมดการทำงานแบบ EPP เริ่มแรกได้ใช้บอร์ดตัวควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ 90S8535 Version 2 โดยได้จัดสร้างวงจรเพิ่มเติมลงบนแผ่นปริ้นเอนกประสงค์คือ ส่วนของจงจร ADC ขนาด 8 บิท และส่วนของคอนเน็กเตอร์ โดยใช้สายแพเป็นสายสัญญาณเชื่อมต่อกับพอร์ตขนาน ได้ทำการเชื่อมต่อเข้ากับชิพตัวควบคุม ซึ่งผลการทดสอบที่ได้พบว่า เกิดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวน ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณรบกวนในสายสัญญาณ Address strobe, Wait, Reset และสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในข้อมูลทั้ง 8 บิตของพอร์ตขนานในสายแพที่ใช้เป็นสายสัญญาณส่งผลให้ข้อมูลที่อ่านได้เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ผิดพลาดไปจากข้อมูลเดิม โดยสันนิษฐานว่าน่าจะมีสาเหตุมาจาก การเปลี่ยนแปลงความชันของขอบขาขึ้นและขอบขาลงของสัญญาณ และเกิดจากการไขว้

แทรกระหว่างข้อมูลทั้ง 8 เส้น เนื่องจากใช้สายแพไม่ได้เป็นชนิดเคเบิลแบบมีชีลด์ (Shielded type cable) เพื่อป้องกันการกวนกันของสัญญาณ

สำหรับการแก้ปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวนต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยได้จัดสร้างแผงวงจรพิมพ์ขึ้นมาตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการลดจำนวนและความยาวของสายสัญญาณทั้งหมดที่ในทุกวงจร โดยได้ต่อตัวเก็บประจุขนาด 1 ไมโครฟารัดลัดลงกราวด์จุดต่อแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงอุปกรณ์และได้ทำการเพิ่มตัวต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์มมาต่อ pull up กับสัญญาณต่างๆ ที่เกิดปัญหารวมทั้งสายข้อมูลทั้ง 8 บิต ผลการทดสอบพบว่าสามารถลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นได้ในระดับที่น่าพอใจ

3. ในการคัดเลือกคอนเด็นเซอร์ไมโครโฟนสำหรับใช้เป็นทรานสดิวเซอร์ จะต้องทำการทดสอบลักษณะคุณสมบัติของไมโครโฟนหลายๆตัวเพื่อคัดเลือกตัวที่ดีมีคุณภาพเพราะว่าไมโครโฟนที่หาซื้อมาตามท้องตลาดแต่ละตัวมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันและทางผู้ผลิตไม่มีรายละเอียดคุณสมบัติของไมโครโฟนให้มาด้วยดังนั้นผู้วิจัยที่จะพัฒนาต่อต้องทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆเองเช่น การตอบสนองต่อทิศทางการรับเสียง(directional response) การตอบสนองต่อความถี่ (frequency response) การตอบสนองต่อสัญญาณชั่วครู่(transient response) และลักษณะสมบัติทางเอาท์พุท(output characteristic) ที่สำคัญๆก็จะมี ความไวของไมโครโฟน(sensitivity), อัตราส่วนของสัญญาณรบกวน(equivalent noise), ลักษณะสมบัติการโอเวอร์โหลด(overload characterirstic), ความต้านทานทางไฟกระแสสลับ(impedance) และการตอบสนองทางด้านเอาท์พุท คอนเด็นเซอร์ไมโครโฟนที่จัดซื้อมาจะมีลักษณะเปลื่อย ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการจับยึดเนื่องจากจะต้องวัดเสียงตามตำแหน่งต่างๆพร้อมๆกัน จะต้องจักทำกรอบครอบหรือผู้ที่จะพัฒนาต่อควรจะต้องศึกษาหาวิธีการใดๆที่ดีกว่าเพื่อยึดตัวไมโครโฟนให้แนบหน้าอกเพื่อสำหรับการฟังเสียงเต้นหัวใจออกทางลำโพงและสำหรับการบันทึกเสียง

ในการจัดทำกรอบครอบไมโครโฟนหลายๆตัวนั้นจากการทดลองนำมารับสัญญาณเสียงเต้นหัวใจผลการทดลองปรากฏว่าไมโครโฟนบางตัวจะมีความไวในการรับเสียงที่ดีขึ้นแต่ก็มีบางตัวที่ความไวการรับเสียงลดลงมากและจากการทดลองไมโครโฟนที่ใส่กรอบแล้วความไวการรับเสียงลดลงหลังจาถอดกรอบออกจากตัวไมโครโฟนผลปรากฏว่าความไวการรับเสียงดีขึ้นเหมื่อนเดิมด้วยวิธีการฟังผ่านวงจรขยายเสียง สันนิฐานว่าปัญหาน่าจะเกิดจากการเดินทางของเสียงมาตกกระทบกับกรอบครอบไมโครโฟนซึ่งมีลักษณะเป็นพลาสติกใส ดังนั้นผู้ที่จะพัฒนางานวิจัยด้านนี้ควรจะต้องศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเสียงด้วยเช่น การหักเหของเสียง, การเลี้ยวเบน, การแทรกสอด เป็นต้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่าจะได้เป็นแนวทางสำหรับการจัดทำกรอบครอบสำหรับการยึดตัวไมโครโฟนเข้ากับร่างกายเพื่อให้การบันทึเสียงที่ดีมีคุณภาพหรืออาจคิดหาวิธีอื่นที่ดีกว่า

4. การออกแบบวงจรขยายสัญญาณเสียงเต้นหัวใจมีอัตราขยาย(gain) ประมาณ 50 เท่าซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้เราได้ใช้ทดสอบกับอาสาสมัครที่มีร่างกายปกติ เพศชาย ไม่อ้วน ซึ่งยังจำกัดการใช้งานของกลุ่มผู้ใช้ ดังนั้นการพัฒนาต่อไปควรออกแบบสร้างวงจรขยายสัญญาณที่สามารถปรับอัตราขยายให้เพิ่มมากขึ้นได้ เพื่อจะได้ใช้งานได้ครอบคลุมกลุ่มคนมากขึ้นเช่น ผู้หญิง คนที่มีรูปร่างอ้วน เป็นต้น

เนื่องจากว่าสัญญาณเสียงเต้นหัวใจมีขนาดเล็กความถี่ไม่เกิน 1 kHz จาการทดลองฟังเสียงเต้นหัวใจออกทางลำโพงปรากฏว่ามีสัญญาณรบกวนปนเข้ามาด้วยส่วนใหญ่เป็นความถี่วิทยุ ดังนั้นการออกแบบวงจรขยายควรมีกรออกแบบส่วนของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านด้วย เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน

5. การออกแบบจัดสร้างวงจรสำหรับอินเตอร์เฟสกับพอร์ตขนานเครื่องคอมพิวเตอร์ ในงายวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ตัวแปลงอานาลอกเป็นดิจิตอลจากภายนอกและใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่ออ่านข้อมูลอีกตัวหนึ่ง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและลดอุปกรณ์เพื่อเพิ่มความเร็วการรับส่งข้อมูล ในการพัฒนาต่อไป หากสามารถจัดหาอุปกรณ์ที่พัฒนามากขึ้นควรเลือกใช้อุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น ใช้ตัว ADC ที่มีจำนวนช่องตามที่ต้องการเชื่อมต่อกับพอร์ตขนานโดยตรงหรือใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ที ADC ในตัวมีจำนวนช่องตามต้องการและมีคุณสมบัติสามารถสั่งให้ ADC ทำงานพร้อมๆกันทุกตัว ซึ่งจะเป็นการสะดวกมากกว่า

เนื่องจาการบันทึกเสียงเต้นหัวใจพร้อมๆกันหลายตำแหน่งควรมีการพัฒนาอัตราส่งข้อมูลที่เร็วขึ้นเช่น ส่งผ่านทางพอร์ต USB และในส่วนของซอฟต์แวร์ควรพัฒนาให้แสดงผลเป็นแบบ Real time ทั้งนี้ก็เพื่อว่าก่อนที่จะบันทึกจะสามารถฟังเสียงและดูสัญญาณได้พร้อมๆกัน และสามารถเลือกช่วงของสัญญาณที่ต้องจะบันทึกได้

6. การแสดงผลรูปสัญญาณเสียงเต้นหัวใจบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยนี้ยังคงใช้ทักษะและประสบกาณ์ของแพทย์เป็นสำคัญ ดังนั้นควรพัฒนาโปรแกรมแสดงผลรูปสัญญาณเสียงเต้นหัวใจบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ให้สามารถวิเคราะห์ผลรูปคลื่นสัญญาณที่มีลักษณะผิดปกติได้เพื่อช่วยให้แพทย์นำไปวินิจฉัยโรคต่อไปได้