บทที่ 3

การออกแบบและสร้างวงจรขยายสัญญาณเสียงเต้นของหัวใจ

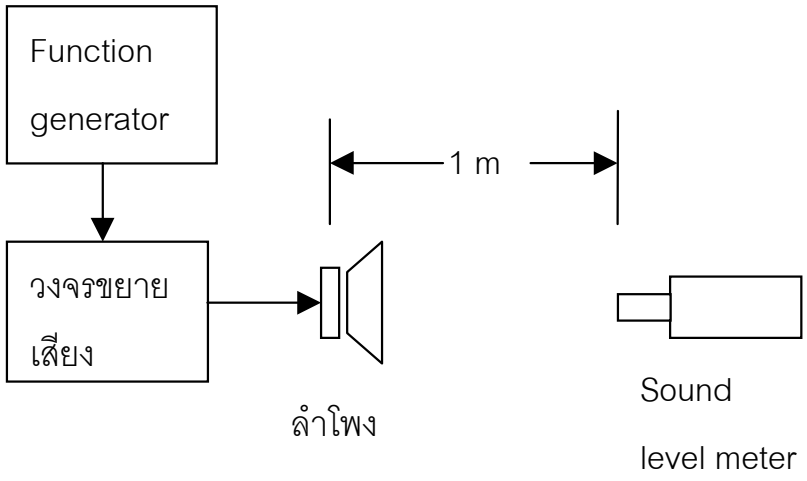
ในการฟังเสียงที่เกิดจากการเต้นของหัวใจสามารถทำได้ด้วยการใช้เครื่องหูฟัง ซึ่งเป็นอุปกรณ์รูปกรวยวางแนบบนหน้าอก เพื่อรวบรวมเสียงให้ส่งผ่านไปตามท่อสายยางเพื่อป้อนให้กับหูของผู้ฟัง เสียงที่เกิดขึ้นจะแผ่วเบามาก ความเข้มของเสียงจะสูงกว่าความเข้มที่คนสามารถได้ยินไม่มากนัก ดังนั้นจึงได้เลือกใช้คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ซึ่งมีใช้งานทั่วไปอยู่หลายชนิด เนื่องจากสัญญาณเสียงที่เกิดจากการเต้นของหัวใจมีย่านความถี่ต่ำ และเห็นว่ามีขนาดเล็ก ราคาถูกและหาซื้อได้โดยทั่วไป ทั้งยังสามารถตอบสนองเสียงที่อยู่ในย่านความถี่ค่อนข้างต่ำได้

ในการทำวิจัยครั้งนี้ตั้งเป้าหมายไว้ที่จะพยายามพัฒนาเครื่องมือที่สามารถสร้างขึ้นมาได้เองทั้งหมดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้เพื่อให้หลังจากสิ้นสุดการทำวิจัยนี้แล้วจะต้องได้เครื่องมือที่นำไปใช้งานได้สะดวกและช่วยแพทย์ในการวินิจฉัยโรคได้อย่างแม่นยำ จึงจำเป็นต้องหาทรานส์ดิวเซอร์ที่เหมาะสมเพื่อแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยพิจารณาจากไมโครโฟนที่มีใช้งานทั่วไปหาได้ง่าย 2 ชนิด คือ ไดนามิกส์ไมโครโฟนและคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ในขั้นแรกได้ทดลองแบบง่าย ๆ คือ หาไมโครโฟนมาแนบกับหน้าอกใกล้บริเวณของหัวใจ แล้วใช้ออสซิลโลสโคปที่ทำ roll mode ได้ทำการวัดพร้อมกับใช้เครื่องขยายเสียงเพื่อทดสอบในด้านการฟัง ประกอบกับเป็นที่รู้แล้วว่าไดนามิกส์ไมโครโฟน ไม่สามารถตอบสนองได้ดีที่ความถี่ต่ำ เสียงเต้นและการเคลื่อนไหวของหัวใจมีส่วนขององค์ประกอบเชิงความถี่ที่ต่ำอาจลงไปต่ำกว่าที่หูของคนปกติจะรับรู้ได้ หลังจากการทดลองเบื้องต้น ได้หันมามุ่งเน้นที่จะใช้คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

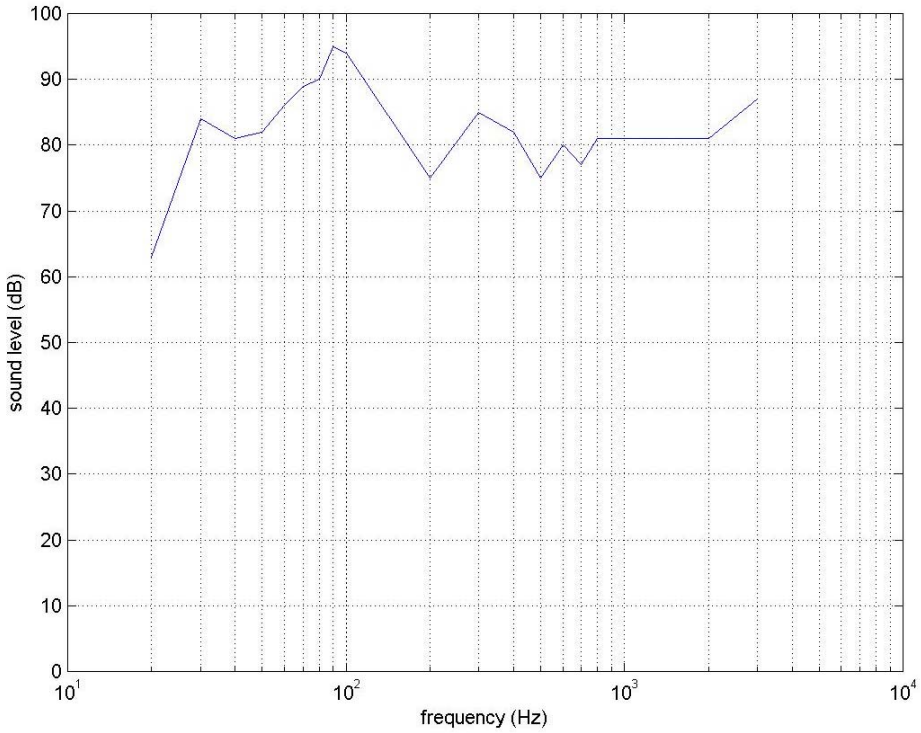
3.1 การวัดผลตอบสนองความถี่ของไมโครโฟนที่ใช้

เนื่องจากไมโครโฟนแบบคอนเดนเซอร์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือครั้งนี้หาซื้อได้ทั่วไปตามร้านค้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ราคาถูกตัวละ 20-30 บาท เป็นอะไหล่สำหรับเครื่องเสียงทั่วไป คุณภาพในด้านเสียงโดยใช้วิธีการฟังดี แต่ผู้จำหน่ายไม่สามารถให้ข้อมูลทางเทคนิคประกอบอุปกรณ์ได้ ได้ทำการวัดเพื่อให้แน่ใจว่าผลตอบสนองทางความถี่ของไมโครโฟนที่ใช้จะครอบคลุมย่านความถี่เสียงสำหรับการประยุกต์ใช้งานในครั้งนี้ คือตั้งแต่ประมาณ 30 Hz และสูงไม่เกิน 1 KHz ได้

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นต้นกำเนิดเสียงประกอบด้วยเครื่องกำเหนิดสัญญาณที่ให้สัญญาณไซด์ ปรับความถี่ได้ วงจรขยายเสียงที่สามารถปรับอัตราการขยายได้ ชุดลำโพงที่มี subwoofer เพื่อให้ระดับเสียงออกมาสม่ำเสมอตลอดย่านความถี่ที่สนใจโดยเฉพาะย่านความถี่ต่ำ ๆ ในการทดลองได้เลือกใช้ชุดวงจรขยายเสียงและลำโพงของ cambridge sound works รุ่น SW320 มีช่วงความถี่ 42 Hz – 20 KHz ในเบื้องต้นได้ทำการวัดดูระดับเสียงที่ดังออกทางลำโพง จัดอุปกรณ์การทดลองดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-1 ป้อนสัญญาณไซด์ที่มีขนาดคงที่ให้กับวงจรขยายเสียง สัญญาณที่ป้อนสามารถปรับความถี่ได้ สัญญาณที่ถูกขยายแล้วขับลำโพงให้ส่งเสียงออกมาโดยรอบ ทำการวัดระดับเสียงด้วยเครื่อง sound level meter ของ rion รุ่น NL31 ซึ่งวางอยู่หน้าลำโพงห่างออกไป 1 เมตร ระดับเสียงที่วัดได้ใช้หน่วย dB ผลของการวัดแสดงด้วยกราฟในภาพประกอบที่ 3-2 โดยที่สัญญาณที่ป้อนให้กับวงจรขยายมีค่า 100 mV



ภาพประกอบที่ 3-1 การจัดวางอุปกรณ์เพื่อวัดแหล่งกำเนิดของเสียง

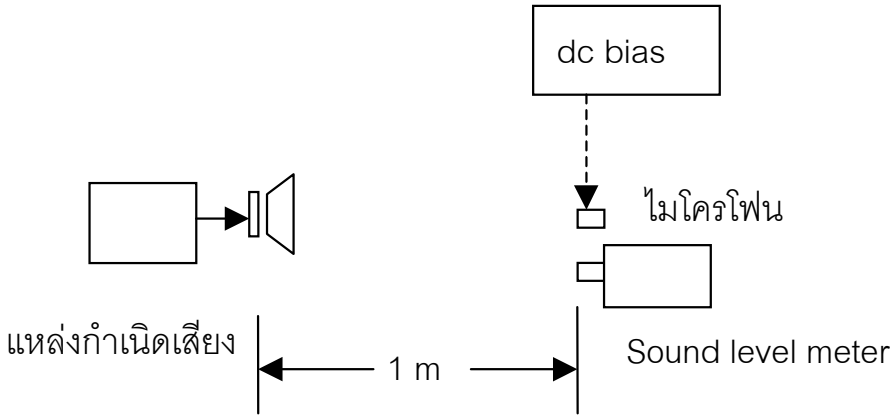


ภาพประกอบที่ 3-2 ระดับเสียงที่เปล่งออกจากลำโพงเมื่อป้อนวงจรขยายด้วยแรงดันคงที่

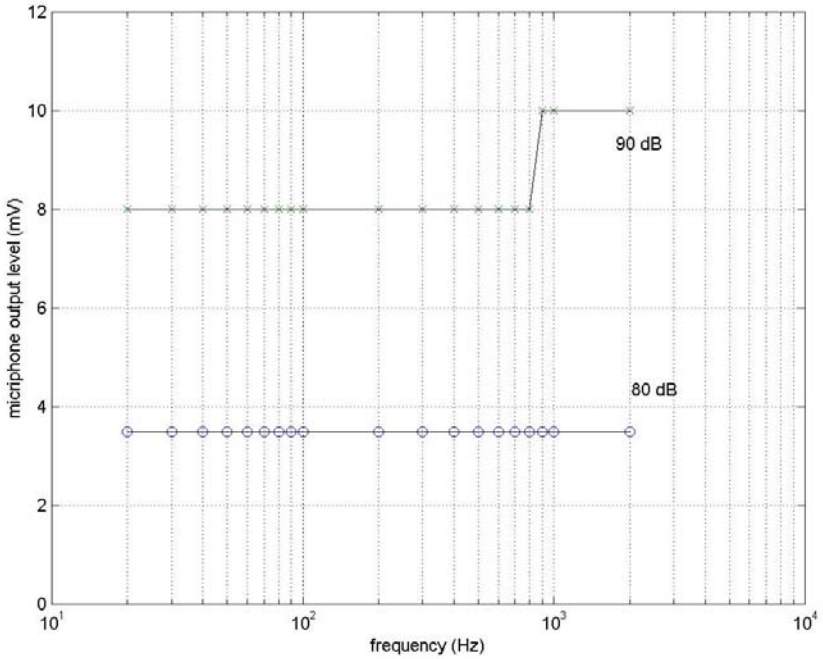
จากผลการทดลองจะพบว่าระดับของเสียงที่เปล่งออกจากลำโพงจะไม่สม่ำเสมอตลอดย่านความถี่ที่ใช้งาน แต่เมื่อนำไปใช้เป็นแหล่งกำเนิดเสียงเพื่อทดสอบไมโครโฟนแล้ว สามารถปรับสัญญาณด้านเข้าเพื่อให้ระดับของเสียงออกมาคงที่ตลอดย่านความถี่ที่เราสนใจได้

การวัดผลตอบสนองความถี่ของไมโครโฟนได้จัดอุปกรณ์ทดสอบดังแสดงภาพประกอบที่ 3-3 ซึ่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดเสียงตามที่แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 3-1 แสดงจากด้านหน้าของแหล่งกำเนิดเสียงห่างออกไป 1 เมตร จัดวางคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนและ sound level meter ไว้ ตัวคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจะประกอบด้วยวงจรดีซีไบอัส ตั้งไว้ที่ 2 V วัดสัญญาณ AC ที่ออกจากตัวไมโครโฟนด้วยออสซิโลสโคปทำการปรับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงตลอดย่านความถี่ที่ต้องการวัด และปรับระดับความดังของแหล่งกำเนิดเสียงให้มีระดับความดังเกิดขึ้นที่ตำแหน่งที่วางไมโครโฟนให้คงที่ตลอดย่านความถี่ที่แปรเปลี่ยนไป ผลการทดลองได้แสดงไว้ด้วยกราฟในภาพประกอบที่ 3-4 ในรูปได้แสดงผลการตอบสนองของไมโครโฟนเมื่อระดับความดังของเสียงเกิดขึ้นที่หน้าไมโครโฟน 80 และ 90 dB ในการทดสอบครั้งนี้ไม่สามารถทำที่ความถี่ต่ำลงกว่า 20 Hz ได้ เนื่องจากการตอบสนองของลำโพงไม่สามารถทำได้ต่ำกว่านี้

.



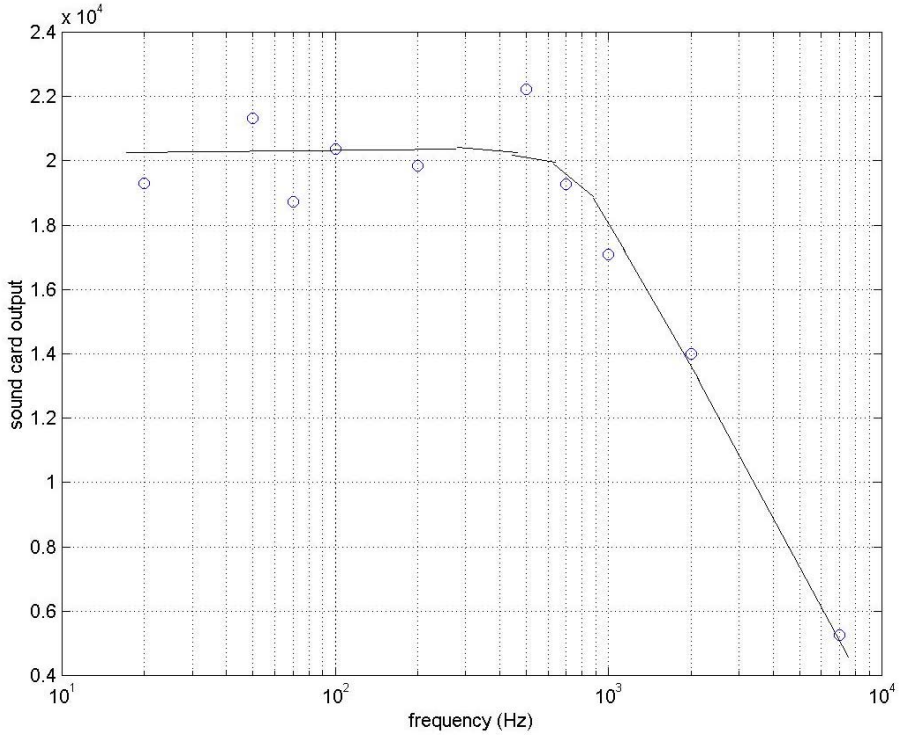
ภาพประกอบที่ 3-3 การจัดอุปกรณ์เพื่อวัดผลตอบสนองความถี่ของไมโครโฟน



ภาพประกอบที่ 3-4 กราฟแสดงการตอบสนองของไมโครโฟนเมื่อให้ระดับเสียงที่ส่งเข้าไมโครโฟนคงที่

ได้ทำการทดสอบกับไมโครโฟนที่ซื้อมาจากแหล่งเดียวกันจำนวนไม่ต่ำกว่า 5 ตัว ที่ระดับความดัง 80 dB พบว่าการตอบสนองเชิงความถี่ไม่ได้แตกต่างกันอย่างไร ความไวหรือสัญญาณไฟฟ้าที่ด้านออกของไมโครโฟนเมื่อระดับเสียงเข้ามาคงที่ในแต่ละตัวก็ไม่ได้แตกต่างด้วยตัวเลขอย่างเห็นได้เด่นชัด

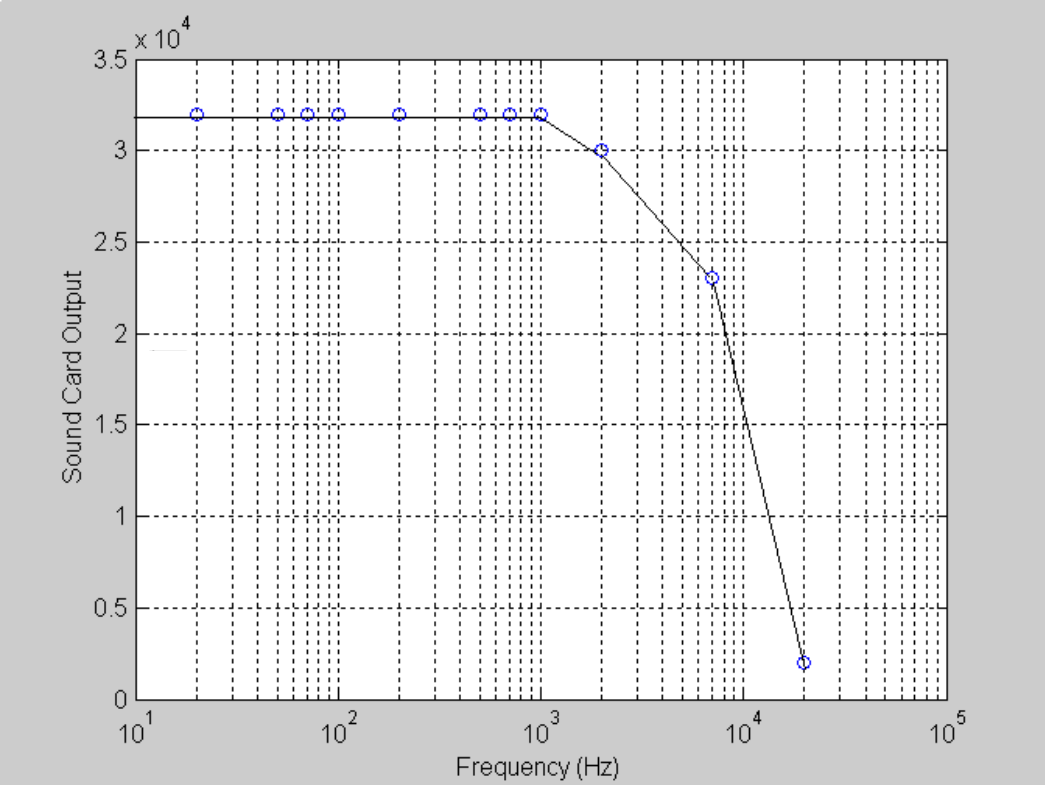
จากการทดสอบครั้งนี้สรุปได้ว่าสามารถนำคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ราคาถูกที่หาซื้อได้ในร้านค้าอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ เพื่อใช้งานในการตรวจรับฟังเสียงหัวใจได้ อย่างไรก็ตามจากการสังเกตุพบว่าไมโครโฟนยังสามารถตอบสนองต่อความถี่ในย่านต่ำกว่า 20 Hz ได้แต่อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดไม่สามารถที่จะวัดไปถึง



ภาพประกอบที่ 3-5 กราฟแสดงผลตอบสนองความถี่ช่องเสียบไมโครโฟนของ ซาวด์การ์ด เมื่อใช้อัตราการชักตัวอย่างที่ 8,000 Hz ขนาด 16 Bits

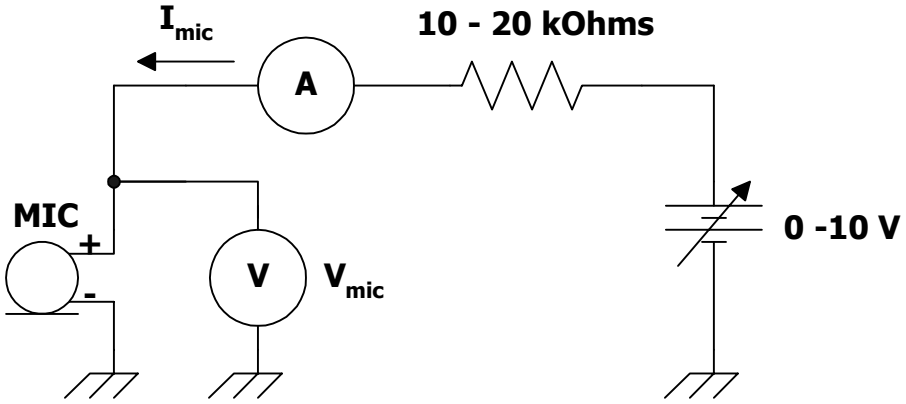
จากการเก็บข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ในเบื้องต้นนั้นได้ใช้ช่องเสียบไมโครโฟนของซาวด์การ์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์ ในตัวซาวด์การ์ดเองมีฟิวเตอร์ทำหน้าที่กรองสัญญาณความถี่สูงเพื่อป้องกันการเกิด aliasing โดยจะกำหนดฟิวเตอร์ให้เองตามแต่อัตราการชักตัวอย่างที่เลือกใช้งาน ได้ทำการวัดผลตอบสนองความถี่ของช่องเสียบนี้โดยป้อนสัญญาณไซน์ขนาดคงที่ 20 mV จากยอดถึงยอด ที่ความถี่ต่างๆทีละความถี่แล้วบันทึกสัญญาณเก็บไว้ในไฟล์ จากข้อมูลที่บันทึกไว้ ตัวอย่างผลการวัดเมื่อใช้อัตราการชักตัวอย่างที่ 8,000 Hz ขนาด 16 bits แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 3-5 และตัวอย่างผลการวัดเมื่อใช้อัตราการชักตัวอย่างที่ 11,025 Hz ขนาด 16 Bits แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 3-6 จากกราฟตัวอย่างทั้งสองแสดงค่าเอาท์พุทซึ่งเป็นค่าที่ผ่านออกมาทาง A/D ของการ์ดนั่นเอง

จากการวัดพบว่ามีแบนด์วิทอยู่ประมาณ 3 KHz และผลตอบสนองค่อนข้างราบเรียบตั้งแต่ความถี่ต่ำมากๆไปจนถึงประมาณ 1 KHz ซึ่งสามารถได้กับงานที่กำลังทำอยู่ เนื่องจากเสียงเต้นของหัวใจและ murmur มีย่านความถี่ต่ำไม่เกิน 1KHz

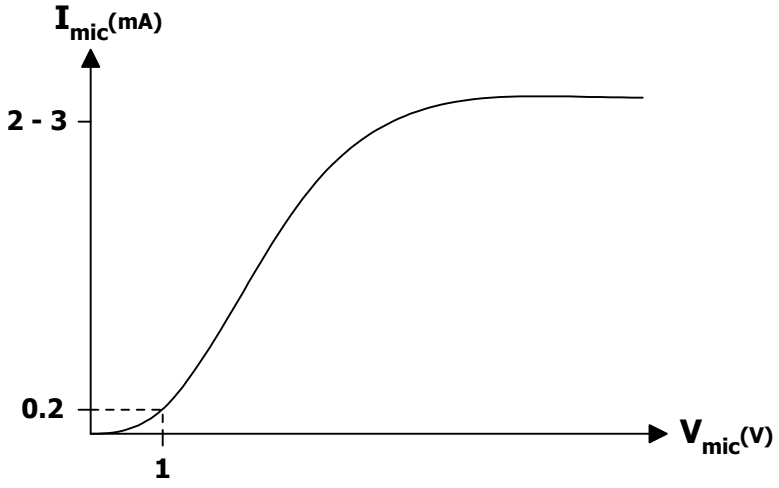


ภาพประกอบที่ 3-6 แสดงผลตอบสนองความถี่ช่องเสียบไมโครโฟนของซาวด์การ์ด
เมื่อใช้อัตราการชักตัวอย่างที่ 11,025 Hz ขนาด 16 Bits

ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน โดยวัดค่าความต้านทานกระแสและแรงดันที่คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนต้านทานได้ดังวงจรแสดงในภาพประกอบที่ 3-7 และกราฟแสดงในภาพประกอบที่ 3-8 จากกราฟสามารถสรุปได้ว่าคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน มีช่วงไบอัสอยู่ที่กระแส 0.2 mA และแรงดัน 1 V



ภาพประกอบที่ 3-7 วงจรที่ใช้ในการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน



ภาพประกอบที่ 3-8 กราฟที่ใช้ในการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

3.2 การยึดไมโครโฟนเพื่อใช้งาน

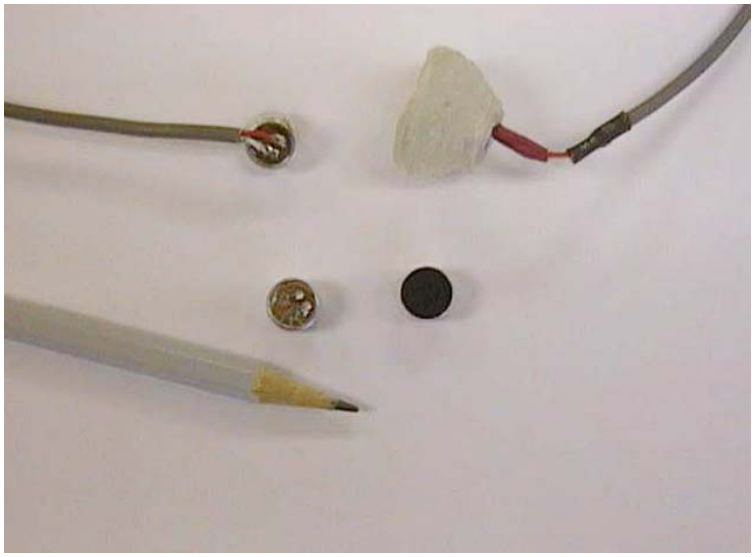
เนื่องจากคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนที่ใช้ในการพัฒนาสร้างเครื่องต้นแบบครั้งนี้มีลักษณะเปลือยดังแสดงในภาพถ่ายอุปกรณ์สองชิ้นในแถวล่างในภาพประกอบที่ 3-9 อุปกรณ์แถวบนด้านซ้ายแสดงการเข้าสายไฟฟ้าเพื่อต่อเข้ากับวงจรขยายและในเวลาเดียวกันสายไฟฟ้านี้เป็นส่วนนำไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อไบอัสให้กับ FET ในตัวไมโครโฟนด้วย จากการทดลองพบว่าอัตราขยายรวมของวงจรทั้งหมดมีค่าค่อนข้างสูง จึงเกิดการออสซิลเลตเนื่องจากเสียงที่ออกจากลำโพงป้อนกลับไปที่ไมโครโฟน แต่เมื่อนำไมโครโฟนแนบติดกับหน้าอกให้แน่น ซึ่งในเบื้องต้นนี้ใช้มือจับยึดโดยตรง พบว่าสามารถตัดการป้อนกลับนี้ออกไปได้ อีกทั้งยังสามารถตัดเสียงรบกวนที่เกิดภายนอกรอบข้างได้ ในการใช้งานจริงต่อไป คงไม่สามารถใช้มือทำการจับยึดตัวไมโครโฟนได้ เนื่องจากต้องใช้ไมโครโฟนหลายตัวแนบบนหน้าอกที่หลายๆตำแหน่งพร้อมๆ กัน จึงต้องมีอุปกรณ์เพื่อทำการยึดติดไมโครโฟนเข้ากับหน้าอกและยึดให้แน่นด้วย

ได้ทำการทดลองสร้างอุปกรณ์ดังกล่าวหลายวิธีดังแสดงไว้ในภาพถ่าย ในภาพประกอบที่ 3-9 อุปกรณ์ชิ้นบนขวาแสดงรูปกรวยที่ทำขึ้นด้วยกาวซิลิโคนโดยเลียนแบบกรวยของเครื่องหูฟัง stethoscope แล้วใส่ตัวคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนไว้ภายใน แผ่นไดอะแฟรมทำด้วยกระดาษฉาบกาวซิลิโคน ในภาพประกอบที่ 3-10 แสดงการใช้ก้อนยางซึ่งได้จากการดัดแปลงจากแท่งยางลบเป็นตัวยึดจับไมโครโฟน โดยใช้ก้อนยางรูปทรงสี่เหลี่ยมเจาะเป็นรูให้พอดีกับตัวไมโครโฟน แล้วสวมไมโครโฟนเข้าไปในรู รูที่เจาะนั้นมีทั้งแบบเจาะผ่านจนทะลุและแบบไม่ทะลุ และมีแบบเจาะไม่ทะลุแต่จะมีรูเล็กๆ ด้านหน้าของไมโครโฟน ลักษณะกรวยที่ทำขึ้นสามารถกันเสียงรอบข้างได้ดีแต่ไม่สะดวกในการยึดติดกับหน้าอกอีกทั้งไม่มีความแข็งแรงดีพอ ส่วนการใช้ก้อนยางหุ้มนั้นพบว่าไม่สามารถตัดเสียงรบกวนที่เกิดภายนอกรอบข้างได้

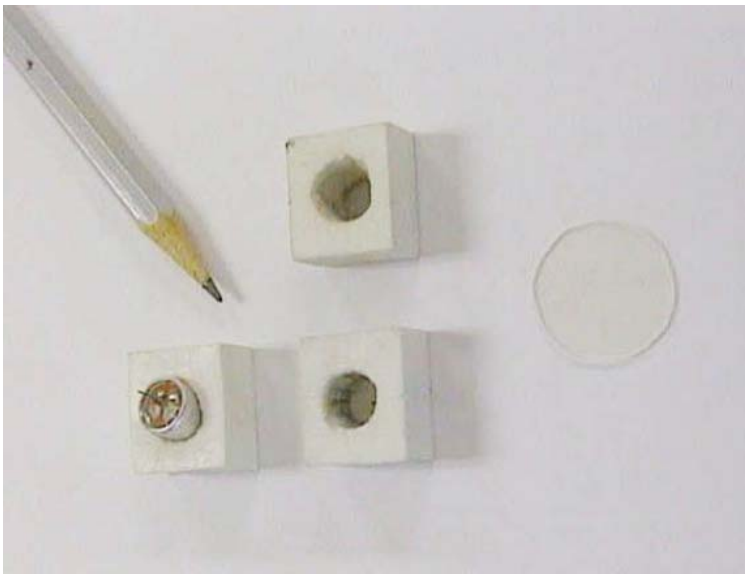
นอกจากนี้ยังได้ทดลองสร้างโดยใช้จุ๊บดูดสุญญากาศเพื่อให้เป็นส่วนที่ใช้ยึดไมโครโฟนเข้ากับแผ่นหน้าอกแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จจึงไม่ได้มีภาพถ่ายแสดงไว้ ส่วนอุปกรณ์ชิ้นขวาสุดในภาพประกอบที่ 3-10 เป็นแผ่นซิลิโคนที่ได้ทำการทดลองใช้ปิดผิวด้านหน้าของไมโครโฟนซึ่งพบว่ามีผลลัพธ์ที่หน้าสนใจในการส่งผ่านของเสียงเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถหาวิธีที่ดีที่สุดได้ในการยึดตัวไมโครโฟนโดยไม่ต้องใช้มือยึดจับ

ในภาพประกอบที่ 3-11 อุปกรณ์ชิ้นขวาแสดงคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนที่เข้าสายไฟฟ้าไว้แล้วและหุ้มด้วยท่อพลาสติกที่หดตัวเมื่อโดนความร้อน ในเบื้องต้นนี้ได้ใช้รูปแบบนี้เพื่อทดสอบดักจับเสียงการเต้นของหัวใจ เพื่อให้ได้มีข้อมูลมาใช้เพื่อการวิเคราะห์ก่อนในเบื้องต้น อุปกรณ์ที่อยู่

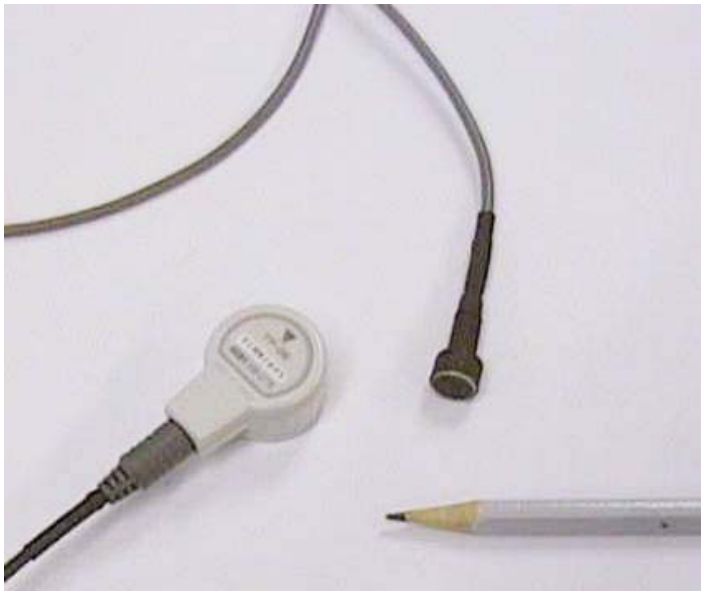
ด้านซ้ายในรูปเดียวกันนี้แสดงหัวไมโครโฟนที่ใช้ดักจับเสียงหัวใจของเครื่องมือแพทย์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มาจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งใช้การยึดติดกับหน้าอกโดยใช้กระดาษกาวลักษณะกาวสองหน้า จากการทดลองใช้งานดูพบว่าไม่สามารถตัดเสียงรบกวนที่เกิดภายนอกรอบข้างได้



ภาพประกอบที่ 3-9 คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนที่ใช้ และกรวยทำด้วยกาวซิลิโคนที่พัฒนาขึ้น



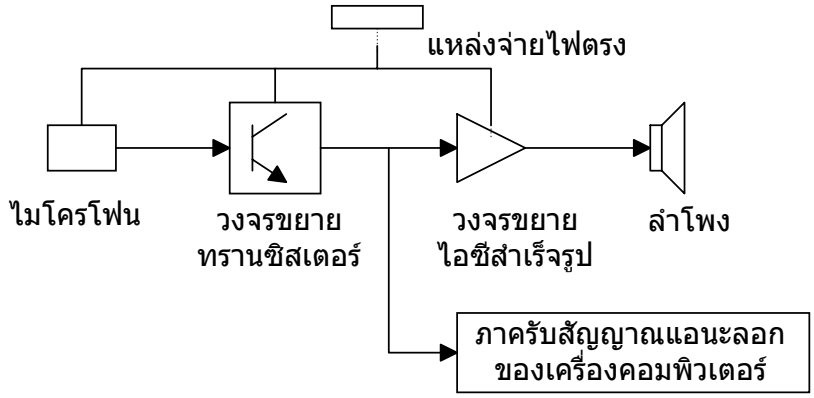
ภาพประกอบที่ 3-10 ก้อนยางทรงสี่เหลี่ยมที่ใช้ในการยึดตัวไมโครโฟน



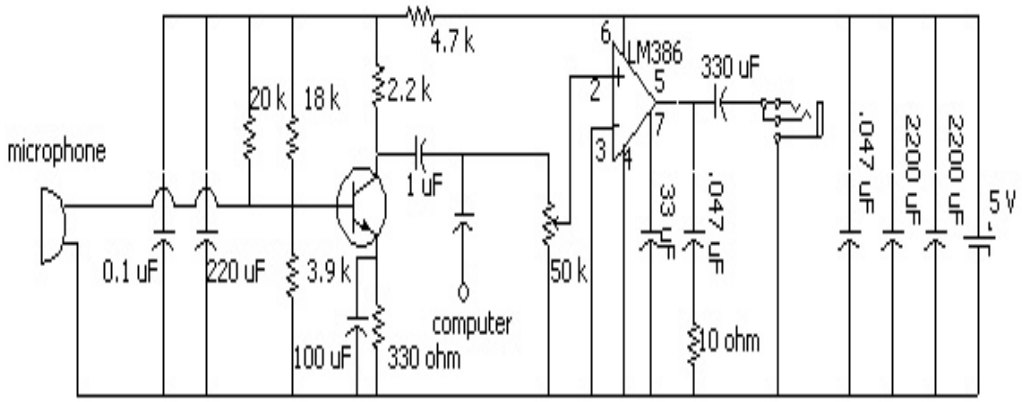
ภาพประกอบที่ 3-11 หัวไมโครโฟนที่ใช้เพื่อทำการดักจับเสียงเทียบกับหัวไมโครโฟนที่เป็นผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ

3.3 วงจรขยายเสียงเต้นของหัวใจ

ในเบื้องต้นได้ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นเพื่อทำการขยายสัญญาณที่ได้จากไมโครโฟน โดยมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังแสดงเป็นบล็อกในภาพประกอบที่ 3-12 และรายละเอียดวงจรดังภาพประกอบที่ 3-13



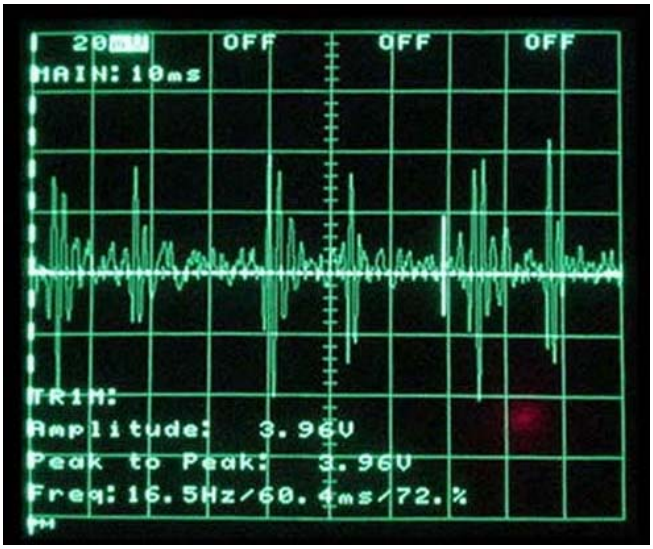
ภาพประกอบที่ 3-12 บล็อกส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้



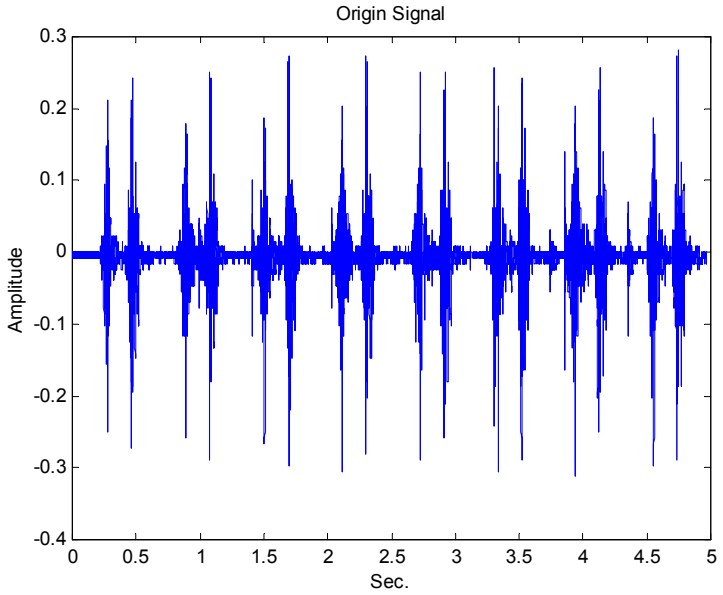
ภาพประกอบที่ 3-13 รายละเอียดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งาน

รายละเอียดวงจรประกอบด้วยวงจรดีซีเพื่อไปไบอัส FET ที่ฝังตัวอยู่ภายในตัวไมโครโฟน วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบอิมิเตอร์ร่วมต่อตรงกับไมโครโฟน อัตราขยายที่ย่านความถี่วิทยุมีอัตราขยายแรงดันประมาณ 50 เท่าเพื่อขยายสัญญาณที่มาจากไมโครโฟน ให้สูงพอที่จะขับวงจรขยายเสียงที่ใช้ IC สำเร็จรูปเพื่อขับลำโพง การคัปปลิงระหว่างวงจรได้คำนึงถึงความถี่ด้านต่ำของสัญญาณเสียงที่ขยาย เสียงเต้นของหัวใจที่ผ่านเข้าทางไมโครโฟนเมื่อผ่านวงจรขยายนี้จะให้ขนาดสัญญาณที่โตเพียงพอที่จะตรวจดูได้ด้วยออสซิลโลสโคปเมื่อตั้งความไวไว้ที่ช่วง 0.5 V/DIV โดยเอาไมโครโฟนแนบรับเสียงจากหัวใจที่บริเวณหน้าอก เพื่อให้สามารถได้ยินเสียงด้วยหู ป้อนสัญญาณที่ได้จากวงจรขยายทรานซิสเตอร์เข้าโพเทนชิโอมิเตอร์แล้วป้อนเข้าวงจรขยายเสียง IC เบอร์ LM 386 ตั้งอัตราขยายแรงดันไว้ที่ 20 เท่า เพื่อขับลำโพงอิมพีแดนซ์ขนาด 8-32 โอห์ม เมื่อปรับโพเทนชิโอมิเตอร์จะได้ยินระดับเสียงที่ได้จากการเต้นของหัวใจออกทางลำโพงตามระดับที่ผู้ฟังต้องการซึ่งให้เสียงดังพอสำหรับห้องทำงานขนาด 5X5 ตารางเมตร

จากการทดลองฟังเสียงเต้นของหัวใจด้วยชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น ได้ทำการปรับเปลี่ยนวงจรและอัตราขยายตลอดจนถึงวิธีการวางของไมโครโฟนที่แนบกับหน้าอกอยู่หลายลักษณะ จนสามารถที่จะได้ยินเสียงเต้นของหัวใจคนปกติได้อย่างชัดเจนออกทางลำโพง และสัญญาณที่วัดด้วยออสซิลโลสโคปสามารถเห็นรูปสัญญาณที่มีความชัดเจนดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-14 ซึ่งเทียบเคียงได้กับรูปคลื่นที่เห็นพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่เกี่ยวข้องทั่วไป



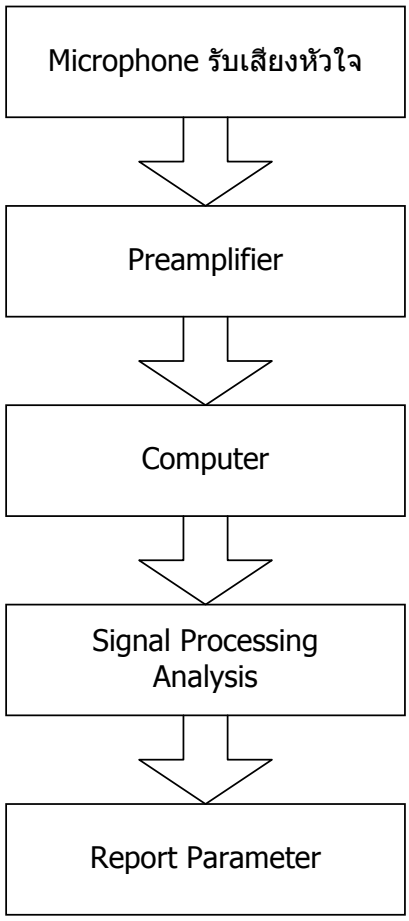
ภาพประกอบที่ 3-14 หน้าจอออสซิลโลสโคปแสดงสัญญาณที่วัดได้จากเสียงที่เกิดจากการเต้นของหัวใจที่ผ่านการขยายแล้ว



ภาพประกอบที 3-15 หน้าจอคอมพิวเตอร์ของสัญญาณเสียงเต้นหัวใจ

การบันทึกสัญญาณจะบันทึกโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน ซึ่งใช้คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนฟังเสียงหัวใจบริเวณหน้าอก ตัวคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจะต่อกับ preamplifier ซึ่งตอบสนองต่อย่านความถี่จาก DC ถึง 10 KHz และมีตัวกรองสัญญาณขนาดต่าง ๆ เอาท์พุทจาก preamplifier

จะไปอินพุทของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกสัญญาณในเครื่องคอมพิวเตอร์และทำการวิเคราะห์สัญญาณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และแอลกอริทึ่มที่ประดิษฐ์ขึ้น เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ใช้จำแนกเสียงหัวใจปกติและเสียงหัวใจที่ผิดปกติชนิดต่างๆ ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ การฟังอัตราการเต้นของเสียงหัวใจ, ความถี่ของเสียงหัวใจและการหาอัตราการเต้นของเสียงหัวใจ โดยวิธี segmentation ซึ่งได้จากการบันทึกเสียงหัวใจและแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-15 ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องตรวจวินิจฉัยโรคหัวใจด้วยคลื่นเสียงแสดงได้ด้วยบล็อกไดอะแกรมดังภาพประกอบที่ 3-16



ภาพประกอบที่ 3-16 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องบันทึกและวิเคราะห์เสียงเต้นของหัวใจ

3.4 การจัดสร้างปรับปรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ฟังและเก็บเสียงเต้นของหัวใจ

ในส่วนการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ช่วยในการฟัง วงจรอิเล็กทรอนิกส์หลักที่ใช้งานยังคงวงจรเดิมตามภาพประกอบที่ 3-13 และภาพถ่ายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบที่ทดลองพัฒนาขึ้นดังภาพประกอบที่ 3-17

ภาพประกอบที่ 3-17 ภาพถ่ายส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบที่ทดลองพัฒนาขึ้น

ได้ทำการประกอบวงจรสำเร็จรูปเพื่อใช้งานแล้ว 5 ชุดด้วยกัน สองชุดแรกใช้เพื่อกลุ่มผู้พัฒนาฮาร์ดแวร์ไว้ทดลองใช้เอง อีก 3 ชุดประกอบขึ้นเพื่อให้กลุ่มแพทย์นำไปใช้งานจริงเพื่อฟังเสียงเต้นของหัวใจผู้ป่วยและเก็บบันทึกข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ด้านแพทย์ที่นำไปใช้ได้แบ่งขั้นตอนเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนที่ 1 อาศัยการฟังเป็นหลัก

โดยให้แพทย์เฉพาะทางหัวใจซึ่งเชี่ยวชาญในการฟังเสียงหัวใจ (heart auscultation) ทำการทดสอบฟังเสียงที่ได้จากอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นตลอดจนเสียงที่ได้จากการเล่นกลับข้อมูลในไฟล์คอมพิวเตอร์ว่า เมื่อเทียบกับเสียงที่ได้จากการฟังจากหูฟังว่าแตกต่างกันอย่างไรหรือไม่ เสียงที่ได้จากการฟังจากวงจรขยายอิเล็กทรอนิกส์โดยตรงจะเป็นสัญญาณแอนะล็อก ส่วนที่ฟังจากการเล่นกลับในเครื่องคอมพิวเตอร์จะเป็นสัญญาณที่ได้จากสัญญาณดิจิตัลที่ผ่านการชักตัวอย่างและการทำ quantization มาแล้ว ในเบื้องต้นหากใช้ลำโพงที่มี subwoofer ช่วยต้องให้ได้คุณภาพของ

เสียงที่ใกล้เคียงกับเสียงที่ไม่ใช้เครื่องช่วยฟังยกเว้นระดับความดังทำให้การฟังเสียงที่แผ่วเบาชัดเจนมากขึ้น ทั้งนี้ยังไม่คำนึงถึงสัญญาณที่เกิดจากกลไกการเปิดปิดลิ้นหัวใจตลอดการสั่นไหวของหัวใจและบริเวณรอบข้างที่จะให้สัญญาณเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่าระดับเสียงที่หูคนทั่วไปได้ยิน หรือความถี่สูงขึ้นในย่าน ultrasonic เหนือ 18 KHz ขึ้นไป

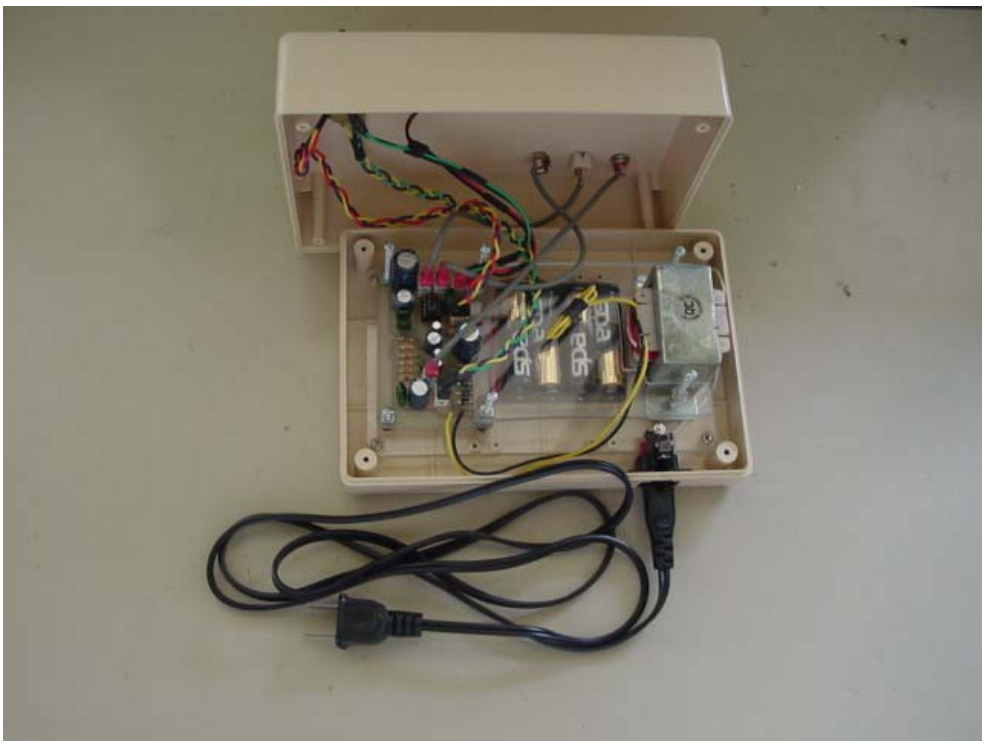
การทดสอบเบื้องต้นนี้จะช่วยให้สามารถกำหนดข้อมูลทางเทคนิคที่จะใช้ เช่น bandwidth ของวงจรขยายและส่วนประกอบอื่นๆ ตลอดจนอัตราการชักตัวอย่างและจำนวน bit ที่จะใช้ ซึ่งสรุปได้ว่า bandwidth ที่ใช้ไม่จำเป็นต้องเกิน 1 KHz และอัตราการชักตัวอย่างใช้ที่ 8,000 Hz ขนาด 16 bits ข้อมูลการชักตัวอย่างนี้เลือกใช้จากรูปแบบเสียงมาตรฐาน ของเครื่องคอมพิวเตอร์

3.4.2 ขั้นตอนที่ 2 สร้างเครื่องมือที่สะดวกต่อการใช้งานของแพทย์

ในการทดสอบใช้งานเบื้องต้นอุปกรณ์ทั้งหมดจะประกอบด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นแล้วบรรจุอยู่ในกล่อง ซึ่งแสดงดังภาพประกอบที่ 3-18 แสดงภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นรุ่นแรก มีไมโครโฟนต่อสายไฟฟ้ายาวประมาณ 1 เมตร ต่อเสียบเข้าไปกับกล่อง ลำโพงที่มี subwoofer มีสายไฟฟ้าต่อเข้ากับกล่องปกติแล้วจะมีขนาดพอควรประมาณ 1ฟุต X1ฟุต X0.5ฟุต ยังมีแหล่งจ่ายไฟของวงจรต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 V ดังนั้นจากกล่องที่บรรจุจึงต้องมีสายไฟฟ้า AC ยาวประมาณ 2-3 เมตร อีกหนึ่งเส้นเพื่อต่อเข้ากับเต้าเสียบบริเวณใกล้เคียงกับที่จะใช้งาน จึงจะใช้งานเพื่อฟังเสียงได้ เพื่อที่จะทำการเก็บข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ติดตั้งอยู่ข้างๆด้วย ต่อมาได้มีการแก้ไขให้ใช้งานง่ายขึ้นโดยให้วงจรถูกเลี้ยงด้วยแบตเตอรี่ที่ชาร์ทไฟได้ ขนาด 1600 mAH 1.2 V จำนวน 4 ก้อน และลำโพงแทนด้วยหูฟังคุณภาพดี จึงใช้งานได้สะดวกขึ้นมีเพียงกล่องอุปกรณ์หนึ่งกล่องมีสายโยงไปเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งเส้น ไมโครโฟนที่มีสายโยงเข้าไปที่กล่อง ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดแสดงรายละเอียดดังภาพประกอบที่ 3-19 และภาพประกอบที่ 3-20 แต่อย่างไรก็ตามการที่ยังต้องนำเครื่องคอมพิวเตอร์ไปเก็บข้อมูลใกล้เตียงผู้ป่วยก็ยังคงไม่ค่อยสะดวกอยู่ดี

ภาพประกอบที่ 3-18 ภาพถ่ายอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นรุ่นแรก

ภาพประกอบที่ 3-19 ภาพถ่ายชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นล่าสุด



ภาพประกอบที่ 3-20 อุปกรณ์ภายใน