3 วิธีวิจัย

<u>วิธีวิจัยประกอบด้วย</u>

1) การพัฒนาและสร้างชุดทดลองเพื่อหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง
2) พัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียง
3) การทดสอบชุดทดลองเพื่อหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง
4) เก็บข้อมูลและวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียงเครื่องดนตรีไทย

โดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ดังนี้

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาและสร้างชุดทดลอง

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ชุด
2. เครื่องให้กำเนิดสัญญาณ(function generator) 11 MHz (ยี่ห้อ Tektronix)
3. เครื่องขยายสัญญาณ (power amplifier) ยี่ห้อ First รุ่น PM 2000 FDH
4. ลำโพง ความต้านทาน 4 โอห์ม
5. ไมโครโฟนแบบคอนเดนเซอร์ แบบ 3 ขั้ว
6. Op-Amp(Operational Amplifier) เบอร์ TL084
7. ตัวแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 8 บิต เบอร์ ADC 0820
8. Ramdom Access Memory (RAM) เบอร์ 6264 ขนาดความจุ 8 กิโลไบต์
9. IC chip เบอร์ 74LS90,74LS138,74LS245 และ 74LS373
10. ชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8031 ของบริษัท SILA RESEARCH รุ่น 31
11. Crystal กำเนิดสัญญาณนาฬิกา 1 MHz
12. สายนำสัญญาณแบบ RS-232
13. หัวสายนำสัญญาณแบบ DB-9
14. กล่องใส่แผงวงจร ขนาด 21.5 cm x 16.8cm x 7.0 cm
15. สวิตช์ เปิด/ปิด สำหรับแหล่งจ่ายไฟ
16. หลอด LED สีแดง
17. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (สูงสุด 100 กิโลโอห์ม)

18. สวิตช์ สำหรับปุ่ม RESET
19. หัวสายนำสัญญาณแบบ stereo ตัวผู้ และตัวเมีย
20. สายนำสัญญาณ (โดยดัดแปลงจากสายคีย์บอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์)
21. ชุดแหล่งจ่ายไฟ(power supply) กรองกระแส(filter) และเรียงกระแส(rectifier)
22. สายไฟฟ้า ขนาด 10 แอมแปร์ 250 โวลต์
23. โปรแกรมภาษาซี (Turbo C version 2)
24. โปรแกรม Q editor
25. ชุด EPROM Emulator และซอฟแวร์ EM2PP ของ บริษัท ETT จำกัด
26. หน่วยความจำ ROM เบอร์ 27C64 ความจุ 8 KB ขนาด 28 pins
27. ชุด burn EPROM รุ่น SPEP PLUS และโปรแกรม burn ของ บริษัท ETT จำกัด
28. เครื่องวัดระดับเสียง (sound level meter)

3.1 การพัฒนาและสร้างชุดทดลองหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง

การพัฒนาและสร้างชุดทดลองนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) ส่วนของชุดทดลองหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง
2) ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

3.1.1 วิธีการออกแบบและสร้างชุดทดลองหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง

ใช้ไมโครโฟนแบบคอนเดนเซอร์(condenser) เป็นตัวรับสัญญาณคลื่นเสียง(โดยได้จากการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศ) แล้วนำสัญญาณจากไมโครโฟนเข้าสู่ภาคขยายสัญญาณ โดยในที่นี้ใช้ Op-Amp(Operational Amplifier) เบอร์ TL084 เป็นตัวขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 9 โดยอัตราการขยายแรงดันของวงจรนี้มีค่า 300-1000 โดย Op-Amp TL084 ต้องการแรงดัน +5 โวลท์และ –5 โวลท์ สัญญาณขาออกจากภาคขยายนี้จะถูกบังคับด้วยตัวต้านทาน ให้มีค่าศักย์ ตั้งแต่ 0 ถึง 5 โวลท์ เพื่อจะส่งต่อไปยังตัวแปลงสัญญาณอะนานอกเป็นดิจิตอล (analog to digital converter) เบอร์ ADC0820 ดังรูปที่ 9

ในส่วนของ ADC0820 นั้นใช้เวลาในการแปลงค่า(conversion time) เท่ากับ 2.5 ไมโครวินาที ซึ่งจะแปลงค่าอะนาลอกเป็นค่าดิจิตอลขนาด 8 บิต และนำบัสข้อมูล(data bus) ของ ADC0820 เข้าสู่พอร์ต 1 (P1) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ซึ่งพอร์ต P3.3 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ต่อไปยัง WR ของ ADC0820 (เพื่อเริ่มการแปลงค่า) และพอร์ต P3.4 ของ 8031 ต่อไปยัง RD ของ ADC0820 ดังรูปที่ 9

ADC0820 จะต้องทำการเริ่มการแปลง(start conversion) ,อ่านข้อมูล(read data) และเก็บข้อมูล(store data) ไว้ในหน่วยความจำแบบ RAM เบอร์ 6264 ความจุ 8 KB ซึ่งจะต้องเก็บข้อมูลหลายค่า ซึ่งได้พัฒนาให้เก็บข้อมูล 1,024 ค่า เพราะฉะนั้นรอบเวลาในการเริ่มการแปลง ,อ่านข้อมูลและเก็บข้อมูลไว้ใน RAM จะใช้เวลาไป 18.4 ไมโครวินาที ซึ่งสามารถนับเวลาได้จากแมชชีนไซเคิล(machine cycles) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 โดยดูได้จากภาคผนวก ก ที่เมนูย่อย (submenu) loop: และสามารถทำการหน่วงรอบเวลาในการอ่านและเก็บข้อมูลให้นานขึ้นจนถึง 570 ไมโคร วินาที ข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บไว้ใน RAM เบอร์ 6264 ก่อน แล้วค่อยส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ในตอนหลังผ่านทางสาย RS-232

IC เบอร์ 74LS373 ถูกใช้สำหรับแยกแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ (A0-A7) ออกจากดาต้าบัส (data bus) ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ใช้ pin ร่วมกันระหว่างดาต้าบัสและแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ

IC เบอร์ 74LS138 เป็นตัวถอดรหัส(decodes) แอดเดรสบัสสูง(A13-A15) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ด้วย Y2 สำหรับ RAM 6264 ด้วยแอดเดรสจาก $4000-$5000

IC เบอร์ 74LS245 ใช้เป็นบัฟเฟอร์(buffer) สำหรับดาต้าบัส

การออกแบบวงจรถอดรหัส(decoding) ในที่นี้ (ดูรูปที่ 9) ได้ถูกดัดแปลงมาจากโครงงานเก่าของ รศ.บุญเหลือ พงศ์ดารา โดยอาจดูซับซ้อนซึ่งอาจจะออกแบบให้ง่ายขึ้นกว่านี้ได้

เพื่อความสะดวกได้ใช้ชุด 8031 system board ของบริษัท ศิลารีเสริช์ จำกัด รุ่น V31 มาเป็นส่วนหนึ่งของวงจรถอดรหัส ดูรายละเอียดในรูปที่ 9 และใช้ crystal ความถี่ 1 MHz แล้วนำสัญญาณเข้าสู่วงจรหารความถี่ (ใช้ IC 74LS90) ก่อนที่จะนำไปเป็น external clock สำหรับ TIMER0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

รูปที่ 9 วงจรของชุดทดลองการหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง

3.1.2 วิธีการออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายไฟ

ในวงจรถอดรหัส(decoding) และวงจรขยายสัญญาณ(amplifier) ในการสร้างชุดทดลองนี้ต้องการแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง แรงดัน +5 และ –5 โวลท์ที่มีความเรียบ

จึงได้นำวงจรจ่ายไฟกระแสตรงที่มีใช้อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมาดัดแปลง เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับชุดทดลองหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง ซึ่งมีหลักการทำงานดังรูปที่ 10

3.2 พัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียง

การพัฒนาในส่วนของโปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียงนั้น ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) การพัฒนาในส่วนของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี ซึ่งใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 และใช้ติดต่อกันระหว่างชุดทดลองหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง กับ เครื่องคอมพิวเตอร์
2) การพัฒนาในส่วนของโปรแกรมภาษาซี (Turbo C version 2) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียง

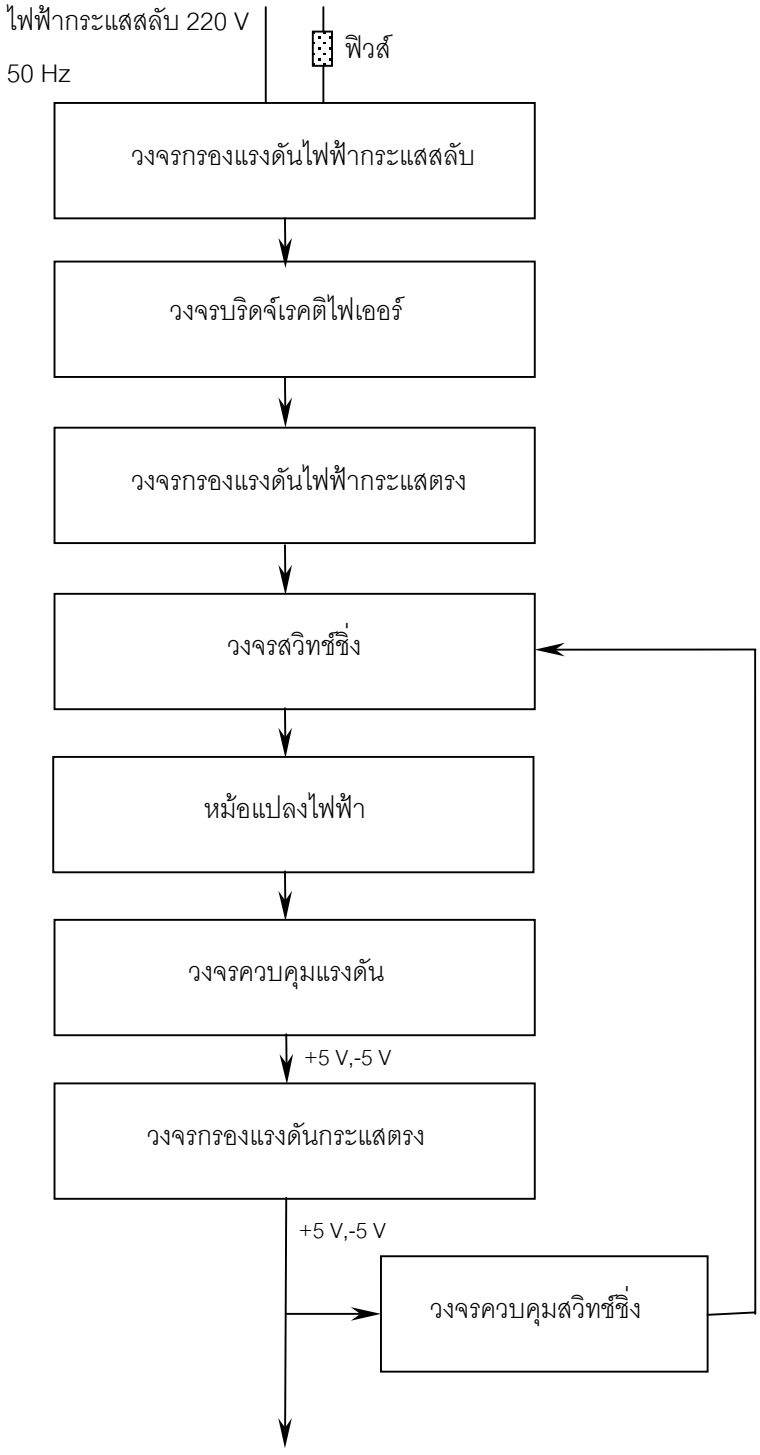
3.2.1 การพัฒนาในส่วนของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

เขียนโปรแกรมด้วยเทกซ์เอดิเตอร์ เช่น Q.exe แล้วตั้งชื่อไฟล์และให้มีนามสกุลเป็น asm แล้วแปลงเป็นไฟล์เลขฐานสิบหก(hexadecimal) โดยมีนามสกุลเป็น hex โดยใช้โปรแกรม SXA51.exe (ของบริษัท Binary Technology จำกัด) แล้วนำไปทดสอบโปรแกรมที่เขียนว่าทำงานถูกต้องหรือไม่ ด้วยชุด จำลองหน่วยความจำแบบรอม (EPROM Emulator) โดยใช้โปรแกรม EM2PP.exe (ของบริษัท ETT จำกัด) เป็นตัวดาวน์โหลด ซึ่ง EPROM Emulator นี้จะทำหน้าที่เป็น ROM ในตำแหน่งของ IC เบอร์ 2764 ในรูปที่ 9

ลำดับขั้นตอนทั้งหมดดูได้ตามแผนผังในรูปที่ 9 เมื่อตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี ว่าทำงานถูกต้องแล้ว ก็จะนำไฟล์ที่มีนามสกุล hex ไปทำการเก็บไว้ใน ROM เบอร์ 27C64 ความจุ 8 KB โดยวิธีการ burn EPROM โดยจะใช้ชุด burn EPROM และโปรแกรมที่ใช้ในการ burn EPROM คือ EPROM.exe ของบริษัท ETT จำกัด ตัวโปรแกรมในส่วนของภาษาแอสเซมบลีนั้นแสดงไว้ในภาคผนวก ก และมีแผนผังการทำงานดังรูปที่ 12

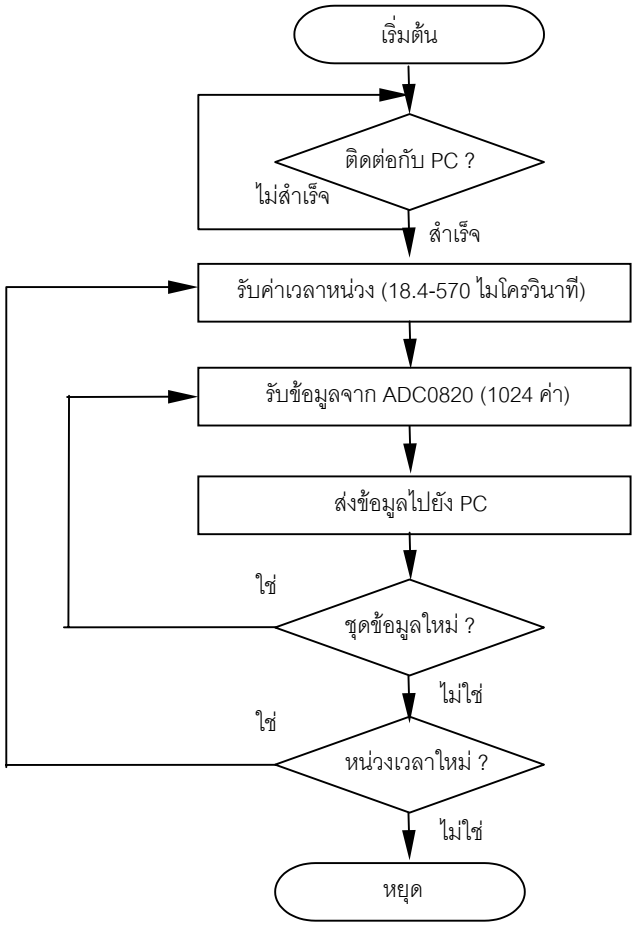
รูปที่ 10 แผนผังการทำงานของวงจรแหล่งจ่ายไฟสำหรับกับชุดทดลอง

(ที่มา : Quick PC Magazine. 2002. p.133.)



รูปที่ 11 ลำดับการแปล(compile) โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

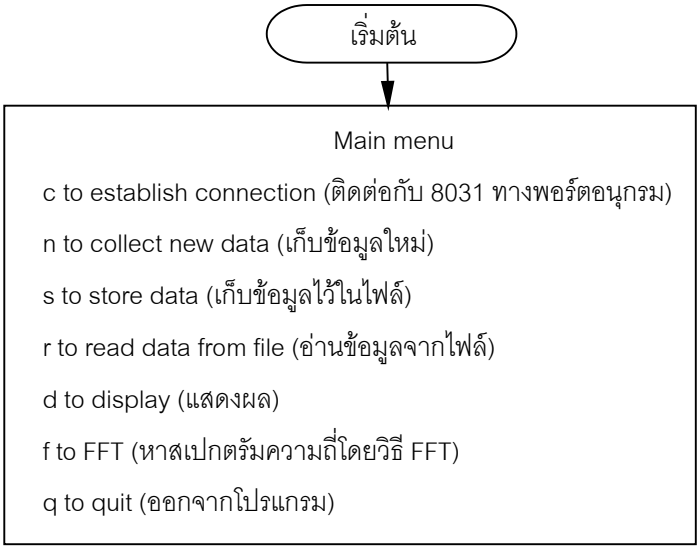
รูปที่ 12 แผนผังลำดับงานของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

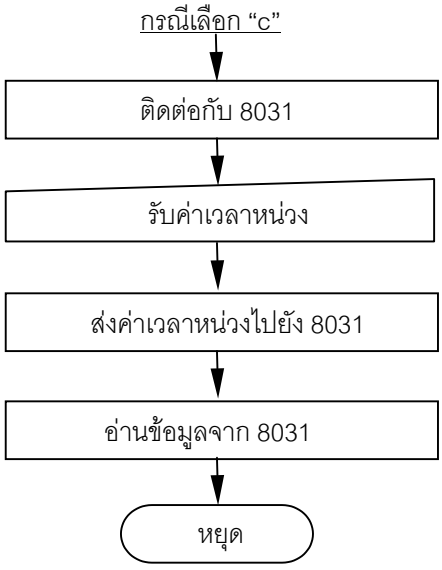


3.2.2 การพัฒนาในส่วนของโปรแกรมภาษาซี

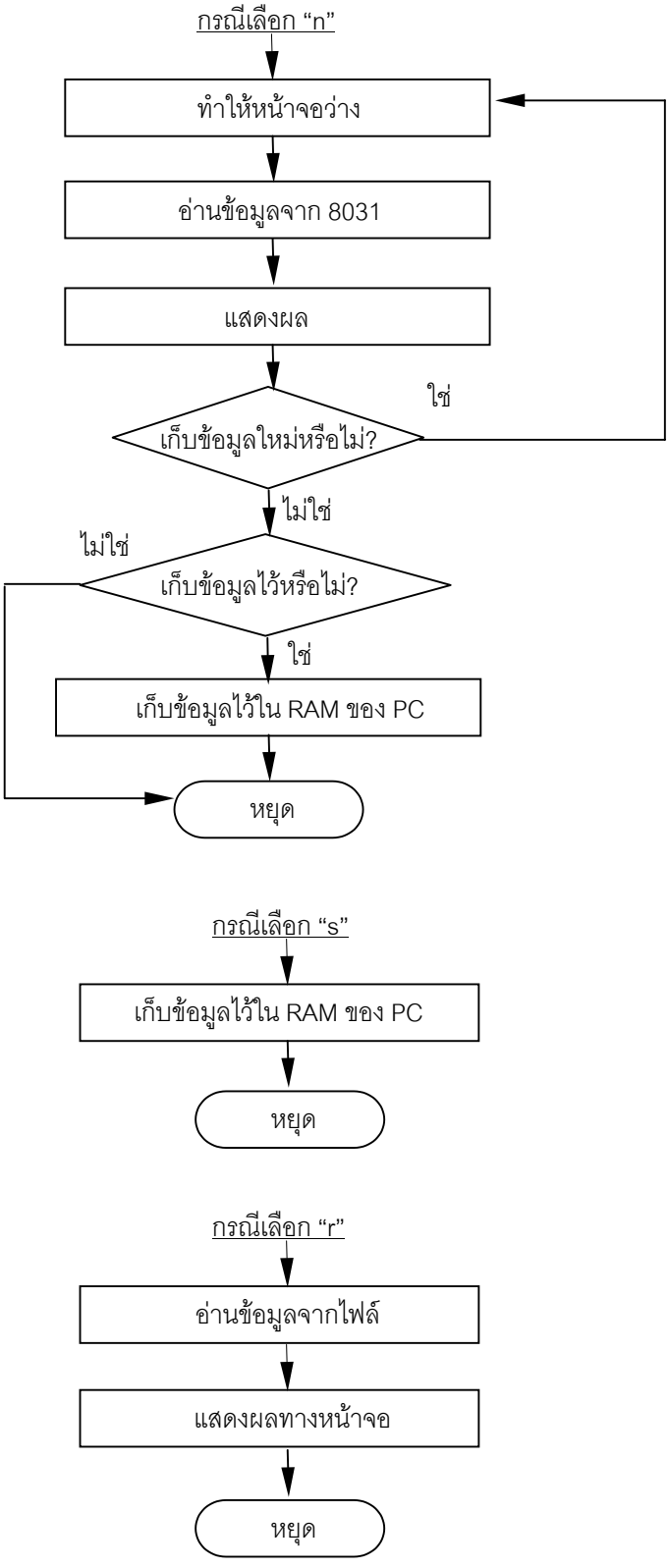
ตัวโปรแกรมภาษาซีนั้นได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ซึ่งมีแผนผังลำดับงาน ดังต่อไปนี้

รูปที่ 13 แผนผังลำดับงานของโปรแกรมภาษาซี

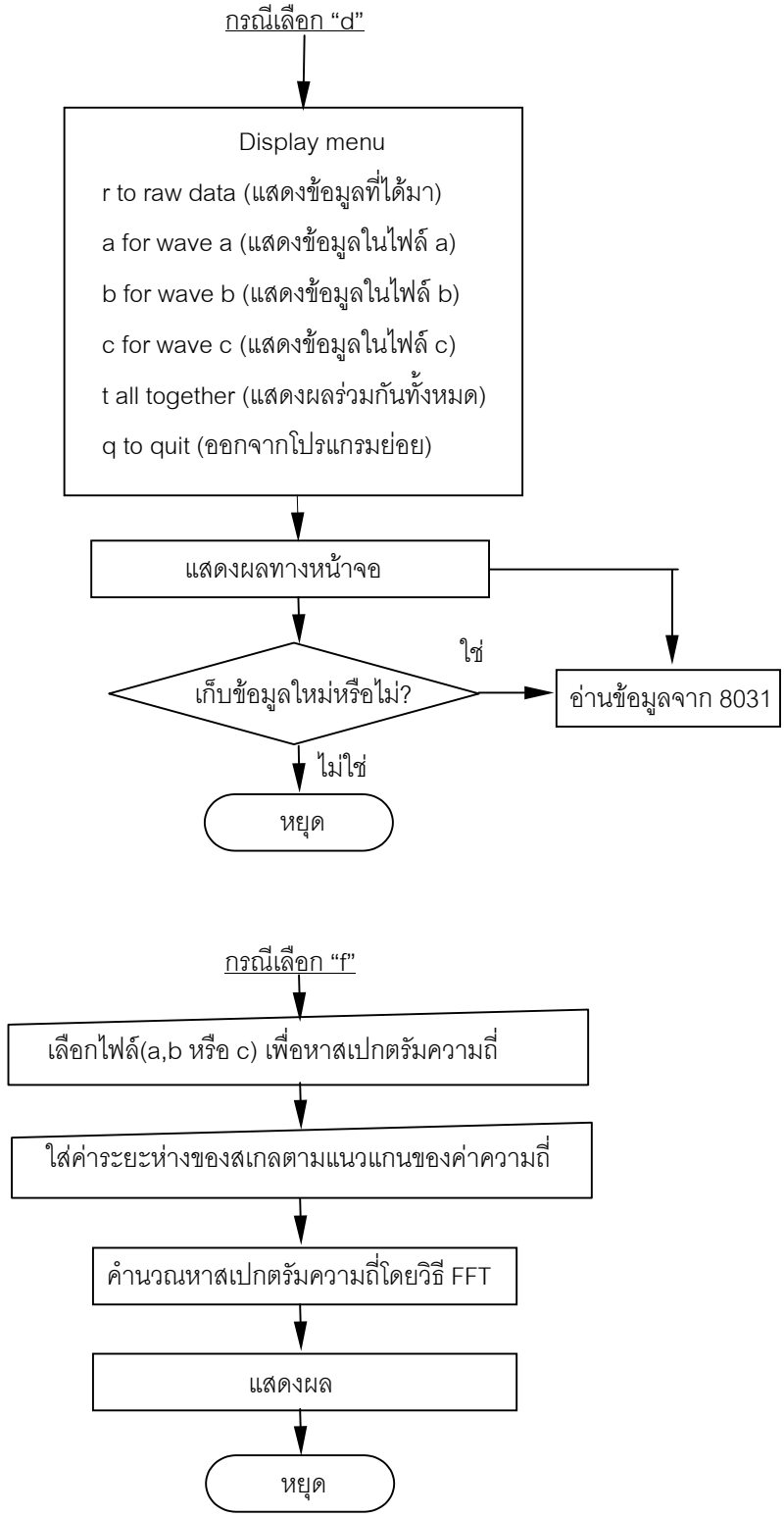




รูปที่ 13 แผนผังลำดับงานของโปรแกรมภาษาซี (ต่อ)



รูปที่ 13 แผนผังลำดับงานของโปรแกรมภาษาซี (ต่อ)



เมื่อดูตัวโปรแกรมภาษาซีซึ่งได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข เทียบกันแผนผังลำดับงานตามรูปที่ 13 แล้วจะเห็นว่าโปรแกรมภาษาซีนั้นจะแบ่งเป็นส่วนโปรแกรมหลัก main( ) และส่วนของฟังก์ชัน โดยฟังก์ชันจะคอยทำงานตามหน้าที่ของตัวมันเอง เช่น ฟังก์ชัน rport() และ sport() โดยฟังก์ชัน rport() จะทำหน้าที่รับข้อมูล(ทีละ 1 ไบต์) ทางพอร์ตอนุกรมมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนฟังก์ชัน sport() จะทำหน้าที่ส่งข้อมูล(ทีละ 1 ไบต์) ทางพอร์ตอนุกรมออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชัน display1() ทำหน้าที่แสดงผลออกทางหน้าจอ ฟังก์ชัน filehandle() ทำหน้าที่เก็บข้อมูลไว้ในไฟล์และอ่านข้อมูลจากไฟล์ที่เก็บไว้ ฟังก์ชัน plotline() และ ploty() ทำหน้าที่พลอตเส้นตรงตามแนวดิ่ง ฟังก์ชัน plotvector() ทำหน้าที่สร้างตัวลูกศรซึ่งใช้เป็นตัวชี้ ฟังก์ชัน plotdata() ทำหน้าที่พลอตข้อมูลที่มีลักษณะต่อเนื่อง

โดยลักษณะของคำสั่งของโปรแกรมภาษาซีนั้น สามารถศึกษาได้จากคู่มือการเขียนโปรแกรมภาษาซี (Turbo C)ทั่วไป ซึ่งไม่อธิบายในที่นี้ แต่จะขออธิบายหลักทางทฤษฎีและหลักในการเขียนโปรแกรมในส่วนของฟังก์ชัน fft() ดังต่อไปนี้

เริ่มด้วยหัวข้อ 2.2 การแทนลักษณะสัญญาณซึ่งเป็นคาบด้วยอนุกรมฟูริเยร์และการแปลงฟูริเยร์ เราจะเห็นว่าอนุกรมฟูริเยร์เป็นกลุ่มของฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ โดยเป็นอนุกรมจำกัด ซึ่งเปรียบเหมือนการบันทึกสัญญาณเสียง จะมีความยาวของการบันทึกจำกัด เราสามารถมองลักษณะของสัญญาณ $y(t)$ มีลักษณะเป็นคาบ(period) และมองได้ว่าระยะเวลาของการบันทึกทั้งหมดเป็นคาบ(period;T) เวลาของคาบจะนำไปสู่การหาค่าความถี่ฐาน (base frequency;f_0) ดังนั้น

$$f_0 = 1/T \qquad 3.1$$

หรือ f_0 = อัตราการสุ่ม(sampling rate) / จำนวนของตัวอย่างในการบันทึก (number of samples in recording) 3.2

ถ้าเราใช้อัตราการสุ่ม(sampling rate) เป็น 44,100 Hz(samples/second) และใช้จำนวนของตัวอย่างในการบันทึก 1,024 ตัวอย่าง(samples) ความถี่ฐาน คือ 44,100 /1,024 = 43.07 Hz เพราะฉะนั้นเวลาในการบันทึกทั้งหมดคือ 1/43.07 Hz = 23.22 millisecond ถ้าเราใช้จำนวนตัวอย่างของการสุ่ม 1,024 ตัวอย่างนี้ไปใช้กับวิธีการ FFT ซึ่งลักษณะของสัญญาณขาออก(output) จะมีสัมประสิทธิ์ของ a_n และ b_n สำหรับค่าความถี่ 43.07 Hz, 2x43.07 Hz, 3x43.07 Hz , ไปเรื่อยๆ เพื่อตรวจสอบการแปลงนี้ เราสามารถให้กำเนิดสัญญาณรูปไซน์และโคไซน์ที่ความถี่เหล่านี้แล้วคูณกับสัมประสิทธิ์ a_n และ b_n ของมัน และบวกสัญญาณเหล่านี้เข้าด้วยกัน เราก็จะได้สัญญาณที่บันทึกในตอนเริ่มต้น

วิธีการแปลงแบบฟาสฟูริเยร์ (Fast Fourier Transform) คือ วิธีการแปลงตัวอย่าง (samples) ที่ถูกสุ่มซึ่งเป็นฟังก์ชันค่าเชิงซ้อน(complex valued) ของเวลา ไปเป็นฟังก์ชันค่าเชิงซ้อนของความถี่ โดยส่วนใหญ่แล้วเราต้องการทำเป็นค่าจริง ดังนั้นเราจึงทำให้ส่วนจินตภาพ(imaginary parts) ของสัญญาณขาเข้าเป็นศูนย์ ซึ่งเมื่อนำวิธีการ FFT ไปเขียนเป็นโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งปรากฏในตัวโปรแกรมภาษาซี (ฟังก์ชัน fft) ตามภาคผนวก ข โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1) แถวลำดับ(array) ของค่าของสัญญาณขาเข้า(input)และขาออก(output) จะต้องมีขนาดเดียวกัน อาจเรียกว่า n
2) ค่าของ n จะต้องเป็นจำนวนเต็มบวกที่เป็นกำลังของ 2 เช่น n = 1,024 (2^{10} = 1,024) ค่า n น้อยที่สุดคือ 2 ค่ามากที่สุดไม่จำกัดขึ้นอยู่กับหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์
3) ส่วนจริง(real parts) ของค่าอาร์เรย์ขาออก จะมีสัมประสิทธิ์ของ ส่วนของคลื่นโคไซน์ตามสูตรของฟูริเยร์
4) ส่วนจินตภาพ(imaginary parts) ของค่าอาร์เรย์ขาออก จะมีสัมประสิทธิ์ของ ส่วนของคลื่นไซน์ตามสูตรของฟูริเยร์
5) ความถี่ในค่าอาร์เรย์ขาออกจะเป็นค่าบวกและลบ โดยส่วนใหญ่ขบวนการ FFT จะใช้ค่าอินพุตเป็นค่าจริง เช่น สัญญาณเสียง เมื่อนำสัญญาณค่าจริงขาเข้า จะได้ค่าความถี่ขาออกเป็นบวกและลบที่มีตัวเลขซ้ำกัน ซึ่งหมายความว่าเป็นสังยุคเชิงซ้อน (complex conjugates)กัน โดยมีส่วนจริงเป็นค่าบวก มีส่วนจินตภาพเป็นค่าลบของแต่ละค่าความถี่ ถ้าค่าสัญญาณขาเข้าเป็นค่าจริง เราจะได้ความถี่ที่ต้องการในส่วนครึ่งแรกของอาร์เรย์ขาออก
6) สำหรับดัชนีขาออก(output indicies;i) โดยที่ i = 1,2,3,…,n/2 ค่าของความถี่ (หน่วย Hz) คือ f= อัตราการสุ่ม x (i / n) ลำดับดัชนีที่ได้ค่าความถี่เป็นลบของทุกๆดัชนีของค่าความถี่ที่เป็นบวก คือ n – i ยกตัวอย่าง อัตราการสุ่มเป็น 54,300 Hz (ซึ่งเป็นค่าสูงสุดในสุ่มในการสร้างชุดทดลองนี้) และใช้จำนวนของการสุ่มตัวอย่าง 1,024 ค่า ฉะนั้นค่าความถี่ที่ดัชนี i = 1 จะเป็น 54,300 Hz x (1/1,024) = 53.07 Hz ส่วนค่าความถี่ที่เป็นลบจะเกิดขึ้นที่ลำดับดัชนี n- i คือ 1,024-1 = 1,023 ด้วยค่าความถี่ –53.07 Hz ถ้าที่ลำดับดัชนี i = 10 จะได้ค่าความถี่ที่เป็นบวก คือ 54,300 Hz x (10/1,024) = +530.7 Hz ฉะนั้นลำดับดัชนีที่ได้ค่าความถี่เป็นลบ คือ n-i = 1,024-10 = 1,014 ซึ่งได้ค่าความถี่เป็น -530.7 Hz

3.3 การทดสอบชุดทดลองเพื่อหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง

เมื่อสร้างชุดทดลองการหาสเปกตรัมความถี่ของเสียงเสร็จแล้ว จะต้องทำการทดสอบการทำงานก่อน โดยจะแบ่งการทดสอบเป็น 3 ขั้นตอน คือ

- ทดสอบรับคลื่นเสียงความถี่เดียวจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ
- ทดสอบรับคลื่นเสียงความถี่เดียวจากส้อมเสียง
- ทดสอบรับคลื่นเสียงหลายความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ

3.3.1 วิธีการทดสอบรับคลื่นเสียงความถี่เดียวจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ

1) ให้กำเนิดเสียงโดยใช้เครื่องฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์ (function generator) โดยให้กำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 100 Hz 5 V_{p-p} และใช้แอมปริไฟเออร์(amplifier) เป็นตัวขยายสัญญาณ และนำสัญญารออกที่ลำโพง ให้คลื่นเสียงเดินทางผ่านอากาศ และนำไมโครโฟนที่สร้างรวมกับชุดทดลองการหาสเปกตรัมความถี่ของเสียงมารับสัญญาณคลื่นเสียง ต่อสาย RS-232 เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 14
2) ในส่วนของโปรแกรมหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง ให้ใส่ค่าเวลาหน่วง 60ไมโครวินาที ดูวิธีการใช้ในภาคผนวก ค
3) ดูผลสเปกตรัมความถี่ของเสียง ตามเมนูของโปรแกรม (ดูวิธีการใช้ในภาคผนวก ค)
4) ในส่วนของโปรแกรมหาสเปกตรัมความถี่ของเสียง ให้ใส่ค่าเวลาหน่วงอีกค่าคือ 570 ไมโคร วินาที (ซึ่งเป็นค่าเวลาหน่วงมากที่สุดของโปรแกรมนี้)
5) ดูผลสเปกตรัมความถี่ของเสียง
6) ปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 200 Hz 5 V_{p-p} ทำเหมือนกับข้อ 2) ถึง 5)

3.3.2 วิธีการทดสอบรับคลื่นเสียงความถี่เดียวจากส้อมเสียง

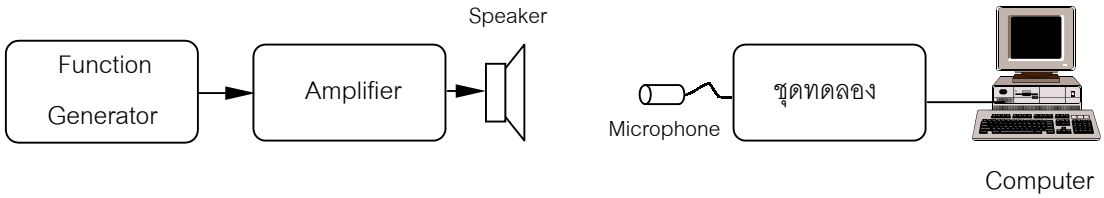
1) ให้กำเนิดเสียงโดยใช้ส้อมเสียงมาตราฐาน 256 Hz (ผลิตโดย บริษัท WELCH chicago สหรัฐอเมริกา) ให้คลื่นเสียงเดินทางผ่านอากาศ และนำไมโครโฟนที่สร้างรวมกับชุดทดลองการหาสเปกตรัมความถี่ของเสียงมารับสัญญาณคลื่นเสียง ต่อสาย RS-232 เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 15

2) เมื่อติดต่อชุดทดลองฯ กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้แล้ว ให้ใส่ค่าเวลาหน่วง 20 ไมโครวินาที แล้วดูผลสเปกตรัมความถี่ของเสียง

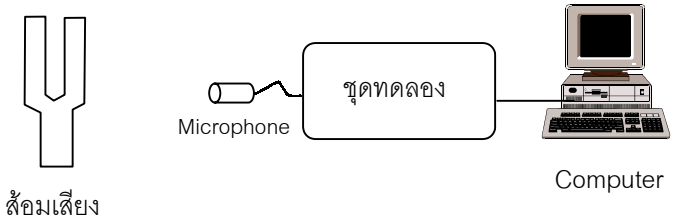
3) เคาะส้อมเสียงอีกครั้ง ในส่วนของโปรแกรมให้ใส่ค่าเวลาหน่วงเป็น 570 ไมโครวินาที ดูผลสเปกตรัมความถี่ของเสียง

4) เปลี่ยนส้อมเสียงมาตราฐานเป็น ความถี่ 512 Hz ทำตามข้อ 2) และ 3)

รูปที่ 14 แสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบรับคลื่นเสียงความถี่เดียวจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ



รูปที่ 15 แสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบรับคลื่นเสียงความถี่เดียวจากส้อมเสียง



3.3.3 วิธีการทดสอบรับคลื่นเสียงสองความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ

1) ให้กำเนิดเสียงโดยใช้เครื่องฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์ (function generator) 2 เครื่องโดยให้เครื่องที่ 1 กำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 100 Hz 5 V_{p-p} และ เครื่องที่ 2 กำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 200 Hz 5 V_{p-p} นำสายสัญญาณของทั้ง 2 เครื่องมาเชื่อมไว้ด้วยกัน ใช้แอมปริไฟเออร์(amplifier) เป็นตัวขยายสัญญาณ และนำสัญญารออกที่ลำโพง ให้คลื่นเสียงเดินทางผ่านอากาศ และนำไมโครโฟนในชุดทดลองการหาสเปกตรัมความถี่ของเสียงมารับสัญญาณคลื่นเสียงต่อสาย RS-232 เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์

2) เมื่อติดต่อชุดทดลองฯ กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้แล้ว ให้ใส่ค่าเวลาหน่วงเป็น 60 และ 570 ไมโครวินาที แล้วดูผลสเปกตรัมความถี่ของเสียง

3) ให้เครื่องกำเนิดสัญญาณเครื่องที่ 1 กำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 100 Hz 5 V_{p-p} เครื่องที่ 2 กำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 300 Hz 5 V_{p-p} ต่ออุปกรณ์ตามรูปที่ 16

4) ให้ใส่ค่าเวลาหน่วงเป็น 60 และ 500 ไมโครวินาที แล้วดูผลสเปกตรัมความถี่ของเสียงแต่ละค่าเวลาหน่วง

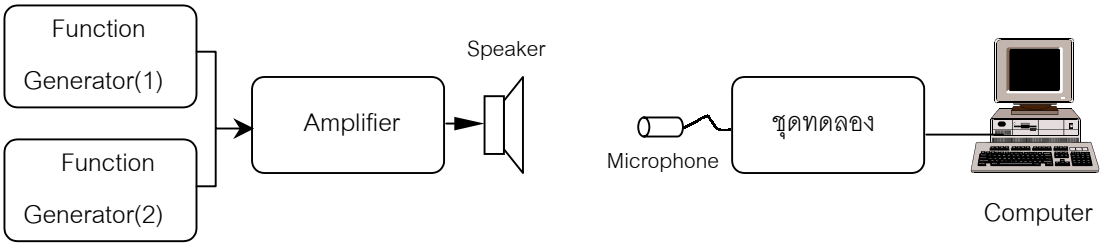
5) ให้เครื่องกำเนิดสัญญาณเครื่องที่ 1 กำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 100 Hz 5 V_{p-p} เครื่องที่ 2 กำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 400 Hz 5 V_{p-p}

6) ใส่ค่าเวลาหน่วงในโปรแกรมเป็น 40 และ 570 ไมโครวินาที แล้วดูผลสเปกตรัมความถี่ของเสียงแต่ละค่าเวลาหน่วง

7) ให้เครื่องกำเนิดสัญญาณเครื่องที่ 1 กำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 100 Hz 5 V_{p-p} เครื่องที่ 2 กำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ค่าความถี่ 500 Hz 5 V_{p-p}

8) ใส่ค่าเวลาหน่วงในโปรแกรมเป็น 50 และ 570 ไมโครวินาที แล้วดูผลสเปกตรัมความถี่ของเสียงแต่ละค่าเวลาหน่วง

รูปที่ 16 แสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบรับคลื่นเสียงสองความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ



3.4 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียงเครื่องดนตรีไทย

โดยแบ่งเครื่องดนตรีที่นำมาศึกษาเป็น 3 ประเภท คือ

1) เครื่องสาย ได้แก่ ซออู้ ซอด้วง ซอสามสาย และจะเข้
2) เครื่องเป่า ได้แก่ ปี่ใน ปี่กลาง ปี่นอก ปี่มอญ และขลุ่ยเพียงออ
3) เครื่องตี ได้แก่ ระนาดเอก ระนาดทุ้ม และฆ้องวงใหญ่

โดยจะเน้นการศึกษาเป็นพิเศษสำหรับ ซออู้ และซอด้วง โดยจะใช้ตัวอย่างของซออู้ 4 คัน ซอด้วง 4 คัน ส่วนเครื่องดนตรีชนิดอื่นจะใช้ตัวอย่าง ละ 1 ชิ้น

3.4.1 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงซออู้

- นำไมโครโฟนเข้าไปติดไว้ในกะโหลกของซออู้ ดังรูปที่ 1 ในภาคผนวก ง ใช้คันชักสีสายทุ้ม ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยเลือกใช้อัตราการสุ่มสูง (ระหว่าง 10,000 ถึง 54,347 Hz)

- ใช้คันชักสีสายเอก ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยเลือกใช้อัตราการสุ่มสูง (ระหว่าง 10,000 ถึง 54,347 Hz)

3.4.2 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอด้วง

- นำไมโครโฟนเข้าไปติดไว้ในกะโหลกของซอด้วง ดังรูปที่ 2 ในภาคผนวก ง ใช้คันชักสีสายทุ้ม ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยใช้อัตราการสุ่มสูง (54,347 Hz)

ใช้คันชักสีสายเอก ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยใช้อัตราการสุ่มสูง (54,347 Hz)

3.4.3 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงซอสามสาย

- นำไมโครโฟนเข้าไปติดไว้หนังหน้าซอ ดังรูปที่ 3 ในภาคผนวก ง ใช้คันชักสีสายทุ้ม ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

- ใช้คันชักสีสายกลาง ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

- ใช้คันชักสีสายเอกในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

3.4.4 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงจะเข้

- นำไมโครโฟนเข้าไปใส่ไว้ในโพรงของจะเข้ ดูรูปที่ 4 ภาคผนวก ง ใช้ไม้ดีดสายลวด (เสียงต่ำสุด) ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

- ใช้ไม้ดีดสายกลาง (เสียงระดับกลาง) ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

- ใช้ไม้ดีดสายเอก (เสียงสูงสุด) ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียง โดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

3.4.5 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงปี่ใน

- นำไมโครโฟนเข้าไปใส่ไว้ในเลาปี่ เป่าปี่ที่ระดับเสียงต่ำสุดของปี่ใน (ระดับเสียงซอลของดนตรีไทย) ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียงโดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

3.4.6 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงปี่กลาง

- นำไมโครโฟนเข้าไปใส่ไว้ในเลาปี่ เป่าปี่ที่ระดับเสียงต่ำสุดของปี่กลาง ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียงโดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

3.4.7 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงปี่นอก

- นำไมโครโฟนเข้าไปใส่ไว้ในเลาปี่ เป่าปี่ที่ระดับเสียงต่ำสุดของปี่นอก ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียงโดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

3.4.8 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงปี่มอญ

- นำไมโครโฟนใส่ไว้ในเลาปี่ เป่าปี่ที่ระดับเสียงต่ำสุดของปี่มอญ ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียงโดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

3.4.9 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงขลุ่ยเพียงออ

- นำไมโครโฟนใส่ไว้ในเลาขลุ่ย เป่าขลุ่ยที่ระดับเสียงต่ำสุดของขลุ่ย(เสียงโดของดนตรีไทย) ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียงโดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

- นำไมโครโฟนใส่ไว้ในเลาขลุ่ย เป่าขลุ่ยที่ระดับเสียงเรของดนตรีไทย ในขณะเดียวกันก็เริ่มบันทึกเสียงโดยใช้อัตราการสุ่มสูงและอัตราการสุ่มต่ำ

3.4.10 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงระนาดเอก

- นำไมโครโฟนใส่ไว้ในรางของระนาด ตีระนาดด้วยไม้นวมที่ลูกที่ 1,2,3 และ 4 ซึ่งตรงกับระดับเสียง ซอล,ลา,ที และ โด (ของดนตรีไทย) ตามลำดับ บันทึกเสียงด้วยอัตราการสุ่ม 10,000 Hz

3.4.11 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงระนาดทุ้ม

- นำไมโครโฟนใส่ไว้ในรางของระนาด ตีระนาดด้วยไม้นวมที่ลูกที่ 1,2,3 และ 4 ซึ่งตรงกับระดับเสียง มี,ฟา,ซอล และ ลา (ของดนตรีไทย) ตามลำดับ บันทึกเสียงด้วยอัตราการสุ่ม 10,000 Hz

3.4.12 วิธีการเก็บข้อมูลสเปกตรัมความถี่ของเสียงฆ้องวงใหญ่

- นำไมโครโฟนไว้ใกล้กับลูกฆ้อง ตีฆ้องด้วยไม้นวมที่ลูกที่ 2,3,4 และ 5 ซึ่งตรงกับระดับเสียง ฟา,ซอล,ลา และที (ของดนตรีไทย) ตามลำดับ บันทึกเสียงด้วยอัตราการสุ่ม 20,000 Hz

3.4.13 วิธีการทดสอบการกำทอนของอากาศภายในกะลาของซอ

- นำลำโพงซึ่งนำสัญญาณจากเครื่อง function generator มาไว้ใกล้กับกะลาซอ แล้วปรับความถี่ตั้งแต่ 75 ถึง 1,000 Hz สำหรับซออู้ และปรับความถี่ตั้งแต่ 100 ถึง 2,000 Hz สำหรับซออู้และซอด้วง ดังรูป

รูปที่ 17 วิธีการทดสอบการกำทอนของอากาศภายในกะลาของซอ