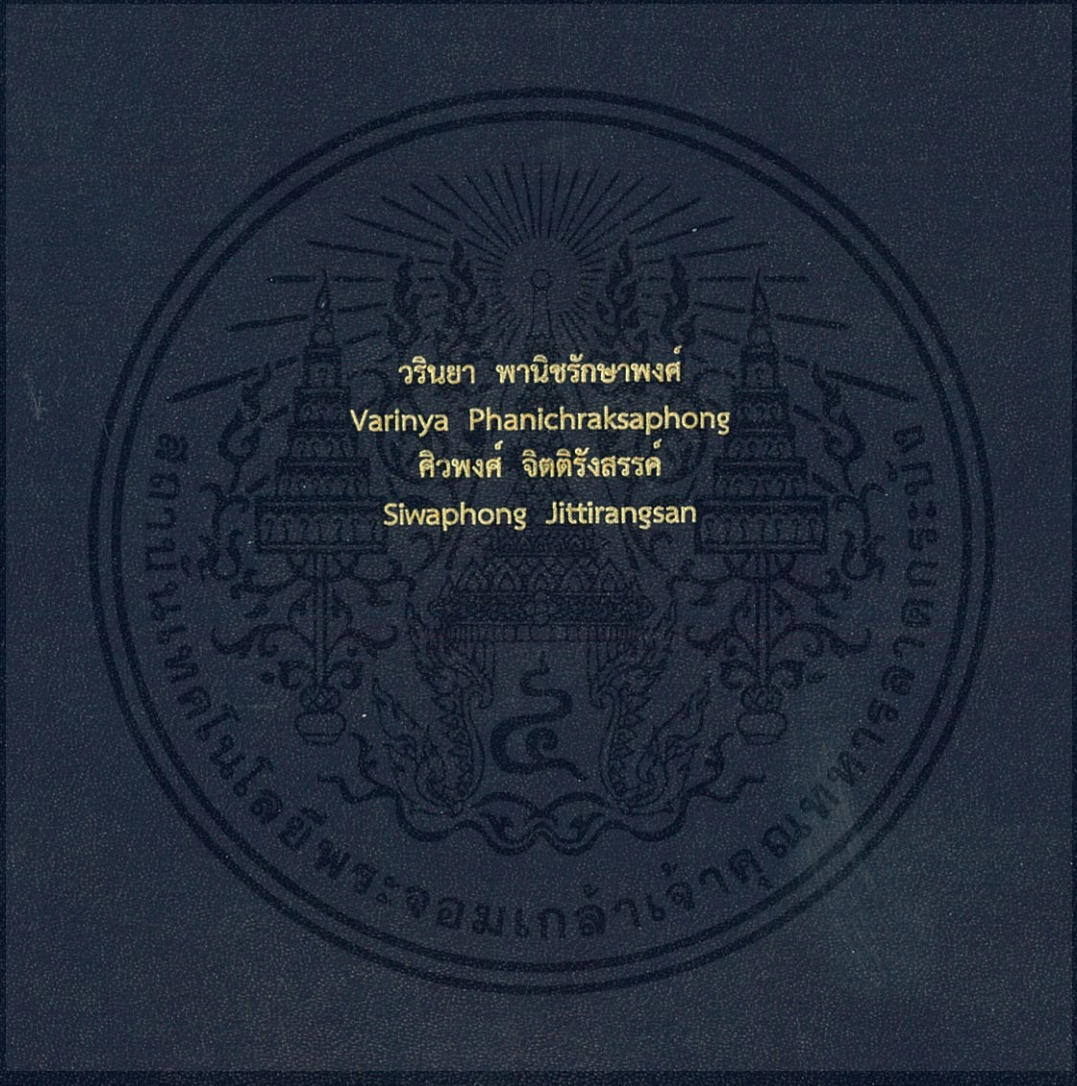
กลอง MIDI
Musical Instrument Digital Interface Drum (MIDI Drum)



วรินยา พานิชรักษาพงศ์
Varinya Phanichraksaphong
ศิวพงศ์ จิตติรังสรรค์
Siwaphong Jittirangsan

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

กลอง MIDI

Musical Instrument Digital Interface Drum (MIDI Drum)

วรินยา พานิชรักษาพงศ์

Varinya Phanichraksaphong

ศิวพงศ์ จิตติรังสรรค์

Siwaphong Jittirangsan

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลอง MIDI

Musical Instrument Digital Interface Drum (MIDI Drum)

โดย

วรินยา พานิชรักษาพงศ์ 56011086

ศิวพงศ์ จิตติรังสรรค์ 56011225

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง กลอง MIDI

Musical Instrument Digital Interface Drum (MIDI Drum)

ผู้จัดทำ นางสาว วรินยา พานิชรักษาพงศ์ รหัสประจำตัว 56011086

นาย ศิวพงศ์ จิตติรังสรรค์ รหัสประจำตัว 56011225

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเรียบร้อยแล้ว

.....

(รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	กลอง MIDI
นักศึกษา	วรินยา พานิชรักษาพงศ์ 56011086
	ศิวพงศ์ จิตติรังสรรค์ 56011225
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

บทคัดย่อ

กลอง MIDI (Musical Instrument Digital Interface Drum) เป็นการนำเสนอการออกแบบการสร้างกลองอิเล็กทรอนิกส์แบบจำลองเสียงโดยการเชื่อมต่อสัญญาณแบบดิจิตอล ที่มีลักษณะเหมือนหรือเทียบเท่าเครื่องดนตรีกลองแบบจริง แต่ตัวอุปกรณ์ชิ้นงานจะมีลักษณะที่ใช้งานง่าย โดยใช้หน้ากลอง Drum Pads เชื่อมต่อกับตัว Piezoelectric Sensor ซึ่งเป็นตัวรับการสั่นสะเทือนที่ติดแนบไว้กับหน้ากลอง Drum Pads กล่าวคือเมื่อออกแรงตี Drum Pads ตัวอุปกรณ์ Piezoelectric Sensor จะทำหน้าที่วัดคลื่นความสั่นสะเทือนเป็นคลื่น sine ซึ่งเป็นส่วนของอินพุต ส่งค่าไปยังตัว Arduino และแปลงรหัสเป็นสัญญาณดนตรีแบบดิจิตอลเป็นเอาต์พุต ส่งไปยังเครื่องซินธิไซเซอร์เพื่อถอดรหัสเป็นเสียงดนตรี โดย MIDI Note ขึ้นอยู่กับการใส่ General MIDI Code ในการกำหนดแต่ละ Drum Pads ว่าแต่ละ Drum Pads จะมีเสียงออกมาเป็นอะไร เช่น เสียง Snare, Hi hat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Musical Instrument Digital Interface Drum (MIDI DRUM)
Student	Varinya Phanichraksaphong 56011086
	Siwaphong Jittirangsan 56011225
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronic Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Pro. Dr. Surapan Airphaiboon

ABSTRACT

MIDI Drum (Musical Instrument Digital Interface Drum) is presentation. It is about how to design and create electronic MIDI Drum which simulate sound by using digital signal. MIDI drums are the same sound as real drums but easy to use. We use drum pads as drum's surface connect with piezo sensor which used to detect vibration. Piezo sensor attach to drum pads surface. When drum pads were hit, piezo sensor will detect the vibration and transform into electronic signal (sinusoidal wave) and send to Arduino to encode to digital signal. Digital signal will be used as output and send to synthesizer to convert back to music sound by MIDI note. Sound is up to programing of General MIDI code that set up in each drum pads to define what are sound of the drum pads (Hi hat, snare, etc.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำแนะนำถึงแนวทางในการประดิษฐ์ออกแบบชิ้นงานและทดลองรวมไปถึงวิธีการเลือกอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในวงจร ตลอดการทำงานและยังให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่รวมไปถึง อาจารย์ทุกท่านที่ยอมสละเวลาในการช่วยเหลือและแก้ไขข้อพกพร่องของชิ้นงานด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี กลุ่มของข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาคอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านที่มอบวิชาความรู้และ ให้คำแนะนำเรื่องต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำชิ้นงาน และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณพี่ๆปริญญาโทและปริญญาเอกที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาตั้งแต่เริ่มทำปริญญานิพนธ์ ทั้งนี้ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี

วรินยา พานิชรักษาพงศ์
ศิวพงศ์ จิตติรังสรรค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญรูป.....VI

สารบัญตาราง.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....1

1.4 ขอบเขตการวิจัย.....1

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....3

2.1 MIDI.....3

2.1.1 เสียงแบบดิจิตอล (Digital Audio).....4

2.1.2 การบันทึกเสียงสัญญาณดิจิตอล (Recording digital Sound).....5

2.1.3 GM (General MIDI).....5

2.1.4 MIDI Protocol.....9

2.1.5 Hardware Connection.....10

2.1.6 Hardware: Electrical characteristic ของ MIDI Port.....11

2.2 MIDI Synthesizer.....12

2.2.1 ภาพรวมของวิธีการสังเคราะห์ MIDI Synthesizer.....13

2.2.2 พื้นฐานของซินธิไซเซอร์.....13

2.2.3 ซินธิไซเซอร์ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์และอนาล็อกหลายเสียง.....13

2.2.4 การควบคุม MIDI.....14

2.2.5 ซินธิไซเซอร์แบบดิจิตอล.....14

2.2.6 MIDI Synthesizer Roland Sound Canvas SC88.....15

2.3 Piezoelectric Sensor.....16

2.3.1 Conditioning circuit for piezoelectric sensors.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 ARDUINO (UNO R3).....21
2.4.1 Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3).....22
2.4.2 คุณสมบัติ ARDUINO UNO R3.....24
2.5 กลองชุด.....25
2.5.1 กลอง (Drum).....25
2.5.2 ส่วนประกอบของกลองชุด.....25
2.6 เสียงและการได้ยิน.....27
2.6.1 เสียง (Sound).....27
2.6.2 ความถี่ (Frequency).....28
2.6.3 อวัยวะในการได้ยิน (Ear).....29
2.6.4 การได้ยินเสียง (Hearing).....30
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....31
3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการทดลอง.....32
3.2 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล และการทดลอง.....32
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....32
3.4 ขั้นตอนการออกแบบและการ Design วงจร.....33
3.5 การเขียนโปรแกรม.....36
บทที่ 4 ผลการทดลอง
4.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบการทำงานของ Port Output.....38
4.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบการทำงานของ Piezo Sensor.....40
4.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบระดับความดัง-เบาของกลอง.....41
4.4 การทดลองที่ 4 ทดสอบความเร็วในการตอบสนองของกลอง.....42
4.5 การทดลองที่ 5 ทดสอบระดับเสียงเดซิเบลจากเครื่องวัดเดซิเบลแบบดิจิตอล.....42
บทที่ 5 สรุปผลของโครงงาน.....43
5.1 บทสรุป.....43
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข.....43
เอกสารอ้างอิง.....44
ภาคผนวก.....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เครื่องดนตรีแบบ MIDI....3

2.2 ภาพตารางแสดงอัตราการสุ่มข้อมูล Sampling Rate....4

2.3 ภาพตารางแสดง General MIDI patch numbers....6

2.4 ภาพตารางแสดง General MIDI Instrument patch numbers....6

2.5 ภาพตารางแสดง General MIDI Instrument patch numbers (ต่อ)....7

2.6 ภาพตารางแสดง Drum General MIDI....8

2.7 ภาพแสดงรูปแบบทั่วไปของ 1 คำสั่ง MIDI....9

2.8 ภาพตารางตัวอย่างชุดคำสั่งของ MIDI....9

2.9 (A) พอร์ต MIDI IN ,MIDI OUT ,MIDI Thru ,(B) ตัวอย่างการเชื่อมต่อ MIDI ระหว่างอุปกรณ์ 2 ชิ้น....10

2.10 ตัวอย่างการใช้งาน MIDI Thru port สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ MIDI ที่มากกว่า 2 ชิ้น....11

2.11 วงจรตัวอย่างการเชื่อมต่อของ MIDI port....11

2.12 MIDI Synthesizer Roland Sound Canvas SC88....15

2.13 ภาพเพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนแรงกดเป็นพลังงานไฟฟ้า....16

2.14 รูปร่างลักษณะของเซนเซอร์เพียโซ....17

2.15 วงจร lowpass filters เป็นตัวกรองสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์เพียโซ....18

2.16 ตัวแปลงสัญญาณเพียโซอิเล็กทริก....18

2.17 ตัวแปลงสัญญาณเพียโซอิเล็กทริกระหว่างขั้วไฟฟ้า....19

2.18 เซ็นเซอร์การสั่นสะเทือนแบบต่างๆ (Vibration Sensor)....19

2.19 เซ็นเซอร์การสั่นสะเทือน (Vibration Sensor)....20

2.20 สัญลักษณ์แผนผังและรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ของการเซ็นเซอร์ piezoelectric....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.21 กราฟแสดงการตอบสนองต่อความถี่ของการเซ็นเซอร์ piezoelectric....20

2.22 รูปแบบการเชื่อมต่อโปรแกรมบน Arduino....22

2.23 Layout & Pin out Arduino Board....22

2.24 คุณสมบัติ ARDUINO (UNO R3)....24

2.25 บอร์ด ARDUINO (UNO R3)....24

2.26 คลื่นเสียง....28

2.27 ตัวอย่างคลื่นความถี่....28

2.28 ส่วนประกอบของหู....29

3.1 รูป Block Diagram การดำเนินงานในภาพรวมของกลอง....31

3.2 รูปแสดงการทำงานโดยสรุปของกลอง Musical Instrument Digital Interface Drum....31

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง....32

3.4 (A) รูปจำลองการต่อบนบอร์ดของ พาร์ท Piezoelectric Sensor และ พาร์ท MIDI Output....33

3.5 (B) รูปการต่อบนบอร์ดของ พาร์ท Piezoelectric Sensor และ พาร์ท MIDI Output....33

3.6 การต่อของ พาร์ท Piezoelectric Sensor และ พาร์ท MIDI Output เพื่อประกบกับตัว Arduino....34

3.7 รูปกราฟ Sine ของ Processing the piezo signal....34

3.8 รูปกราฟ +V และเส้น Threshold ของ Processing the piezo signal....34

3.9 รูปกราฟ +V และ Amplitude ความดังแต่ละช่วงเสียง ของ Processing the piezo signal....35

3.10 รูปกราฟ +V และการแสดงช่วง Peak ของ Amplitude ใน Processing the piezo signal....35

3.11 Flowchart แสดงหลักการทำงานรวมของวงจร Musical Instrument Digital Interface Drum....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.12 Flowchart แสดงหลักการทำงานวนลูป ของการยิงโน้ตหรือส่งผลลัพธ์จนจบขั้นตอนของวงจร.....37

4.1 Piezoelectric Sensor มาต่อขนานกับตัวต้านทาน 1M โอห์ม.....38

4.2 Piezoelectric Sensor ที่ต่อขนานกับตัวต้านทาน นำมาต่อคร่อมระหว่าง A0 กับ GND.....38

4.3 หน้าจอแสดงผล Voltage ที่ ช่องอนาล็อก A0.....39

4.4 หน้าจอแสดงผลการทำงานเปรียบเทียบค่า Hard – Soft.....41

4.5 โค้ดทดสอบระดับความดัง-เบาของกลอง.....41

4.6 โค้ดทดสอบความเร็วในการตอบสนองของกลอง.....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

รูปที่ หน้า

4.1 ตารางแสดงการทดสอบระดับเสียงเดซิเบลจากเครื่องวัดเดซิเบลแบบดิจิตอล.....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ดนตรีเป็นศิลปะแขนงหนึ่งโดยใช้เสียง เป็นสื่อในการถ่ายทอดอารมณ์และความรู้สึก ดนตรีเปรียบเสมือนเป็นอีกภาษาหนึ่ง เป็นภาษาสากลของมนุษยชาติ เป็นสัญลักษณ์การสื่อสาร และ สร้างความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน ในปัจจุบัน เครื่องดนตรีอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic music instrument) นั้นได้รับความนิยมมากขึ้น ตัวอย่างเช่นการใช้งาน ซินธิไซเซอร์ (Synthesizer) ในการแสดงดนตรีสด เหตุผลเนื่องจากฟังก์ชั่นการทำงานที่หลากหลาย สามารถสร้างรูปแบบของเสียงและเทคนิคการเล่นใหม่ๆซึ่งแตกต่างจากเครื่องดนตรีดั่งเดิม (Acoustic music instrument) ถึงแม้ว่าคุณภาพเสียงและความไพเราะจากเครื่องดนตรีแบบดั่งเดิมนั้นจะดีกว่า แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาให้เครื่องดนตรีอิเล็กทรอนิกส์สามารถสร้างเสียงที่มีคุณภาพใกล้เคียงหรือเทียบเท่าได้ กลุ่มของข้าพเจ้าจึงมีความสนใจเกี่ยวกับ หลักการทำงานของวงจรเสียงกลองและการออกแบบกลองอิเล็กทรอนิกส์ หรือเรียกว่า กลอง MIDI (Musical Instrument Digital Interface Drum) เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในการสร้าง และแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะการทำงานของ Piezoelectric Sensor มาประยุกต์ใช้กับ MIDI

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้อุปกรณ์ Arduino

1.2.3 เพื่อศึกษาการเขียน MIDI Code และการใช้ตารางเทียบค่าของ MIDI

1.2.4 เพื่อสร้างกลอง MIDI (Musical Instrument Digital Interface Drum) ที่สามารถใช้งานได้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

กลอง MIDI (Musical Instrument Digital Interface Drum) น่าจะสามารถจำลองเสียงให้มีลักษณะเทียบเท่าเครื่องดนตรีกลองชนิดจริงได้ และยังสามารถจำลองเสียงดังเบาได้หลายระดับ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ระยะเวลาการทำงานอยู่ในช่วง 19 สิงหาคม 2559 ถึง 21 เมษายน 2560 และสถานที่ในการทำงาน คือตึกภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้งาน Piezoelectric Sensor

1.5.2 ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้งานอุปกรณ์ Arduino

1.5.3 ได้ฝึกฝนการใช้ตารางเทียบค่าของ MIDI และการเขียน MIDI Code

1.5.4 ได้กลอง MIDI (Musical Instrument Digital Interface Drum) ที่สามารถใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 MIDI

MIDI ย่อมาจากคำว่า Musical Instrument Digital Interface คือ การเชื่อมต่อของเครื่องดนตรี ในระบบดิจิตอล MIDI คือระบบการสื่อสารระหว่างเครื่องดนตรีต่างๆ ทั้งชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน และยังรวมไปถึงจากคอมพิวเตอร์กับเครื่องดนตรีด้วย ไฟล์ MIDI ไม่ได้มีการเก็บเสียงดนตรีใดๆไว้เหมือนอย่างเทปเพลงหรือซีดีเพลง ข้อมูลทั้งหมดจะอยู่ในรูปของคำสั่งที่จะไปสั่งเครื่องดนตรีว่า ให้เปล่งเสียงโน้ตตัวใด (Note ON), ด้วยระดับความดังมากน้อยแค่ไหน (Velocity) และคำสั่งอื่นๆ ตามคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องดนตรีแต่ละชนิด ด้วยเหตุที่เป็นไฟล์คำสั่ง ทำให้ไฟล์มีขนาดที่เล็กมากๆ แผ่นดิสก์ 3.5 นิ้วเพียงแผ่นเดียวก็สามารถเก็บไฟล์ MIDI ได้หลายสิบเพลง และจากความที่มันเป็นไฟล์คำสั่งแบบดิจิตอล นักคอมพิวเตอร์จึงสามารถนำข้อมูลดิจิตอลนี้มาพัฒนา จนในที่สุดทั้งคอมพิวเตอร์และเครื่องดนตรีก็สามารถสื่อสารกันได้อย่างสมบูรณ์โดยผ่านระบบ MIDI

มาตรฐานของ MIDI จึงได้ถูกตั้งขึ้นมาโดยการร่วมมือกันของบรรดา บริษัทผู้ผลิตเครื่องดนตรี เพื่อต้องการสร้างมาตรฐานในการเชื่อมต่อ เครื่องดนตรีหลายๆ ชนิดเข้าด้วยกันโดยไม่ต้องคำนึงถึงยี่ห้อ หรือ รุ่น MIDI จึงเป็นข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะเสียงที่แทนเครื่องดนตรีชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นมาตรฐานในการสื่อสารด้านเสียง ที่ได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ.1980 สำหรับการใช้งานกับเครื่องดนตรีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ โดยในมุมมองของนักดนตรี MIDI คือโน้ตเพลงที่มีรูปแบบเป็นสัญลักษณ์หรือตัวเลขที่จะบอกให้รู้ว่าต้องเล่นโน้ตตัวใดในเวลานาน เท่าไรเพื่อให้เกิดเป็นเสียงดนตรี ดนตรีแบบ MIDI จะไม่เหมือนเสียงจากเครื่องดนตรีจริงๆดังนั้นเครื่องมือในการเล่นเพลงแบบ MIDI จะมีผลต่อคุณภาพเสียงที่ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการสร้างและปรับแต่งเสียง MIDI ให้มีความไพเราะมากยิ่งขึ้น

เครื่องดนตรีแบบ MIDI

รูปที่ 2.1 เครื่องดนตรีแบบ MIDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 เสียงแบบดิจิตอล (Digital Audio)

สัญญาณเสียงที่ส่งมาจากไมโครโฟน เครื่องสังเคราะห์เสียง เครื่องเล่นเทป หรือจากแหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ ทั้งจากธรรมชาติ และที่สร้างขึ้น แล้วนำข้อมูลที่ได้แปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งข้อมูลจะถูกสุ่มให้อยู่ในรูปแบบของบิต และไบต์ โดยเรียกอัตราการสุ่มข้อมูลที่ได้มา เรียกว่า " Sampling Rate " และจำนวนของข้อมูลที่ได้เรียกว่า "Sampling Size" ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของเสียงที่ได้จากการเล่นเสียงแบบดิจิตอล

เสียงแบบดิจิตอลจะมีขนาดข้อมูลใหญ่ ทำให้ต้องใช้หน่วยความจำและทรัพยากรบนหน่วยประมวลผลกลางมากกว่า MIDI แต่จะแสดงผลได้หลากหลาย และเป็นธรรมชาติกว่า MIDI มาก

เสียงแบบดิจิตอลที่พบบ่อย จะอยู่ช่วงความถี่ 44.1 kHz , 22.05 kHz และ 11.023 kHz ซึ่งมี Sampling Size เป็น 8 บิต และ 16 บิต โดยที่ Sampling Rate และ Sampling Size ที่สูงกว่าจะให้คุณภาพของเสียงที่ดีกว่า และจะต้องมีเนื้อที่บนฮาร์ดดิสก์สำหรับรองรับอย่างเหมาะสม

Sampling Rate (kHz)	Sampling Size (bit)	Stereo หรือ Mono	จำนวน Byte ที่ใช้ 1 วินาที
44.1	16	Stereo	8.5 MB
44.1	16	Mono	5.25 MB
44.1	8	Stereo	5.25 MB
44.1	8	Mono	2.6 MB
22.05	16	Stereo	5.25 MB
22.05	16	Mono	2.5 MB
22.05	8	Stereo	2.6 MB
22.05	8	Mono	1.3 MB
11.025	8	Stereo	1.3 MB
11.025	8	Mono	650 KB

รูปที่ 2.2 ภาพตารางแสดงอัตราการสุ่มข้อมูล Sampling Rate

Activate W
Go to PC settin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การบันทึกเสียงสัญญาณดิจิตอล (Recording digital Sound)

เป็นการนำเสียงที่ได้จากการพูด การเล่นเครื่องดนตรี หรือเสียงจากแหล่งต่างๆ เช่น เสียงน้ำตก ฟ้าร้อง เป็นต้น มาทำการจัดเก็บลงในหน่วยความจำหรือหน่วยจัดเก็บ เพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการ โดยเสียงที่ทำงานผ่านคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณดิจิตอล มี 2 รูปแบบ คือ

1. Synthesize Sound

เป็นเสียงที่เกิดจากตัววิเคราะห์เสียงที่เรียกว่า MIDI โดยเมื่อตัวโน้ตทำงาน คำสั่ง MIDI จะถูกส่งไปยัง Synthesize Chip เพื่อทำการแยกเสียงว่าเป็นเสียงดนตรีชนิดใด ไฟล์ MIDI ที่ได้ก็จะมีขนาดเล็กเนื่องจากเก็บคำสั่งรูปแบบง่ายๆ

2. Sound Data

เป็นเสียงที่มีการแปลงจากสัญญาณ Analog (แอนนาลอก) สัญญาณ Digital (ดิจิตอล) โดยจะมีการบันทึกตัวอย่างคลื่น (Sample) ให้ อยู่ที่ใดที่หนึ่งในช่วงของเสียงนั้นๆ และการบันทึกตัวอย่างคลื่นจะเรียงกันเป็นจำนวนมากเพื่อให้มีคุณภาพที่ดี ซึ่งจะทำให้ขนาดของไฟล์ใหญ่ตามไปด้วย Sample Rate จะแทนด้วย kHz ใช้อธิบายคุณภาพของเสียง อัตรามาตรฐานของ sample rate เท่ากับ 11kHz, 22kHz, 44kHz Sample Size แทนค่าด้วย bits (บิท) คือ 8 และ 16 บิทใช้อธิบายจำนวนของข้อมูลที่ใช้จัดเก็บในคอมพิวเตอร์ คุณภาพเสียงที่ดีที่สุด ได้แก่ Auido-CD ที่เท่ากับ 44kHz ระบบ 16 บิท เป็นต้น

หมายเหตุ สิ่งสำคัญก่อนบันทึกเสียงคือ จะต้องทำการเลือก Sampling Rate และ Sampling Size เพื่อให้ได้เสียงที่ต้องการและใกล้เคียงกับเสียงจริง โดยพิจารณาถึงขนาดของไฟล์ (File Size) และขนาดช่องสัญญาณ (Bandwidth)

2.1.3 GM (General MIDI)

มาตรฐาน GM เป็นการตกลงร่วมกันในยุคแรกๆของผู้ผลิตเครื่องดนตรีระบบ MIDI จะมีจำนวนเสียงของเครื่องดนตรีทั้งหมด 128 ชนิด ซึ่งจะรวมเสียงเอฟเฟคต่างๆด้วย โดยจะมีการแบ่งกลุ่มออกเป็น 16 กลุ่ม เรียกว่า PATCH และในแต่ละ PATCH ก็แบ่งย่อยออกไปอีกเครื่องดนตรีแต่ละชนิดจะถูกกำหนดด้วยตัวเลข 1-128 (ดูที่ตาราง GM Number) นอกจากกลุ่มเครื่องดนตรีแล้วยังประกอบด้วยกลุ่มชุดกลอง ตามตารางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าแบ่งเป็นกลุ่มก็จะได้ดังนี้			
The General MIDI Level 1 instrument sounds are grouped by families. In each family are 8 specific instruments.			
PC#	**Family Name**	**PC#**	**Family Name**
1-8	Piano	65-72	Reed
9-16	Chromatic Percussion	73-80	Pipe
17-24	Organ	81-88	Synth Lead
25-32	Guitar	89-96	Synth Pad
33-40	Bass	97-104	Synth Effects
41-48	Strings	105-112	Ethnic
49-56	Ensemble	113-120	Percussive
57-64	Brass	121-128	Sound Effects

รูปที่ 2.3 ภาพตารางแสดง General MIDI patch numbers

General MIDI Level 1 Instrument Patch Map			
มาตรฐาน GM เป็นการตกลงร่วมกันในยุคแรกๆของผู้ผลิตเครื่องดนตรีระบบ MIDI จะมีจำนวนเสียงของเครื่องดนตรีทั้งหมด 128 ชนิด			
PC#	**Instrument Name**	**PC#**	**Instrument Name**
1.	Acoustic Grand Piano	65.	Soprano Sax
2.	Bright Acoustic Piano	66.	Alto Sax
3.	Electric Grand Piano	67.	Tenor Sax
4.	Honky-tonk Piano	68.	Baritone Sax
5.	Electric Piano 1	69.	Oboe
6.	Electric Piano 2	70.	English Horn
7.	Harpsichord	71.	Bassoon
8.	Clavi	72.	Clarinet
9.	Celesta	73.	Piccolo
10.	Glockenspiel	74.	Flute
11.	Music Box	75.	Recorder
12.	Vibraphone	76.	Pan Flute
13.	Marimba	77.	Blown Bottle
14.	Xylophone	78.	Shakuhachi
15.	Tubular Bells	79.	Whistle
16.	Dulcimer	80.	Ocarina
17.	Drawbar Organ	81.	Lead 1 (square)
18.	Percussive Organ	82.	Lead 2 (sawtooth)
19.	Rock Organ	83.	Lead 3 (calliope)
20.	Church Organ	84.	Lead 4 (chiff)
21.	Reed Organ	85.	Lead 5 (charang)
22.	Accordion	86.	Lead 6 (voice)
23.	Harmonica	87.	Lead 7 (fifths)
24.	Tango Accordion	88.	Lead 8 (bass + lead)
25.	Acoustic Guitar (nylon)	89.	Pad 1 (new age)
26.	Acoustic Guitar (steel)	90.	Pad 2 (warm)

รูปที่ 2.4 ภาพตารางแสดง General MIDI Instrument patch numbers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27.	Electric Guitar (jazz)	91.	Pad 3 (polysynth)
28.	Electric Guitar (clean)	92.	Pad 4 (choir)
29.	Electric Guitar (muted)	93.	Pad 5 (bowed)
30.	Overdriven Guitar	94.	Pad 6 (metallic)
31.	Distortion Guitar	95.	Pad 7 (halo)
32.	Guitar harmonics	96.	Pad 8 (sweep)
33.	Acoustic Bass	97.	FX 1 (rain)
34.	Electric Bass (finger)	98.	FX 2 (soundtrack)
35.	Electric Bass (pick)	99.	FX 3 (crystal)
36.	Fretless Bass	100.	FX 4 (atmosphere)
37.	Slap Bass 1	101.	FX 5 (brightness)
38.	Slap Bass 2	102.	FX 6 (goblins)
39.	Synth Bass 1	103.	FX 7 (echoes)
40.	Synth Bass 2	104.	FX 8 (sci-fi)
41.	Violin	105.	Sitar
42.	Viola	106.	Banjo
43.	Cello	107.	Shamisen
44.	Contrabass	108.	Koto
45.	Tremolo Strings	109.	Kalimba
46.	Pizzicato Strings	110.	Bag pipe
47.	Orchestral Harp	111.	Fiddle
48.	Timpani	112.	Shanai
49.	String Ensemble 1	113.	Tinkle Bell
50.	String Ensemble 2	114.	Agogo
51.	SynthStrings 1	115.	Steel Drums
52.	SynthStrings 2	116.	Woodblock
53.	Choir Aahs	117.	Taiko Drum
54.	Voice Oohs	118.	Melodic Tom
55.	Synth Voice	119.	Synth Drum
56.	Orchestra Hit	120.	Reverse Cymbal
57.	Trumpet	121.	Guitar Fret Noise
58.	Trombone	122.	Breath Noise
59.	Tuba	123.	Seashore
60.	Muted Trumpet	124.	Bird Tweet
61.	French Horn	125.	Telephone Ring
62.	Brass Section	126.	Helicopter
63.	SynthBrass 1	127.	Applause
64.	SynthBrass 2	128.	Gunshot

รูปที่ 2.5 ภาพตารางแสดง General MIDI Instrument patch numbers (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRUM General MIDI Level 1 Percussion Key Map			
Key#	**Drum Sound**	**Key#**	**Drum Sound**
35	Acoustic Bass Drum	59	Ride Cymbal 2
36	Bass Drum 1	60	Hi Bongo
37	Side Stick	61	Low Bongo
38	Acoustic Snare	62	Mute Hi Conga
39	Hand Clap	63	Open Hi Conga
40	Electric Snare	64	Low Conga
41	Low Floor Tom	65	High Timbale
42	Closed Hi Hat	66	Low Timbale
43	High Floor Tom	67	High Agogo
44	Pedal Hi-Hat	68	Low Agogo
45	Low Tom	69	Cabasa
46	Open Hi-Hat	70	Maracas
47	Low-Mid Tom	71	Short Whistle
48	Hi-Mid Tom	72	Long Whistle
49	Crash Cymbal 1	73	Short Guiro
50	High Tom	74	Long Guiro
51	Ride Cymbal 1	75	Claves
52	Chinese Cymbal	76	Hi Wood Block
53	Ride Bell	77	Low Wood Block
54	Tambourine	78	Mute Cuica
55	Splash Cymbal	79	Open Cuica
56	Cowbell	80	Mute Triangle
57	Crash Cymbal 2	81	Open Triangle
58	Vibraslap		

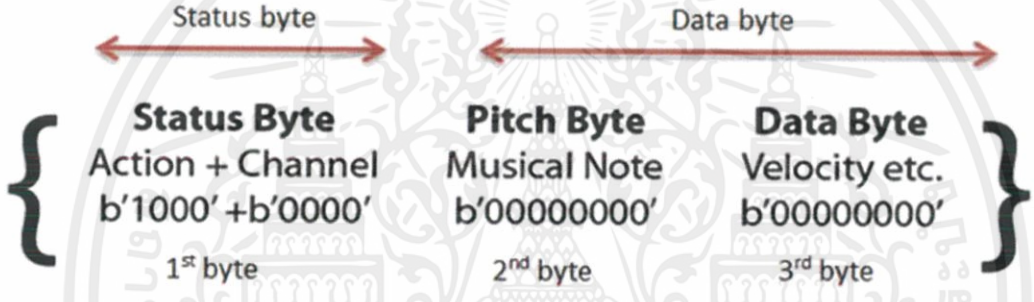
รูปที่ 2.6 ภาพตารางแสดง Drum General MIDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 MIDI Protocol

MIDI หรือชื่อเต็ม Musical Instrument Digital Interface เป็น Protocol สำหรับการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลของเครื่องดนตรีอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะยอมให้เครื่องดนตรีสามารถรับส่งข้อมูลไปยังเครื่องดนตรีอื่นๆ หรือระบบต่างๆที่รองรับ MIDI ได้ เช่นคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยสถานะต่างๆของโน้ตที่กำลังเล่นอยู่ เช่น สถานะของการเล่น (Event) ตำแหน่งของโน้ต (Pitch) ความแรงของการเล่นโน้ต (Velocity) เป็นต้น

MIDI โดยทั่วไปจะใช้การสื่อสารแบบอนุกรมแบบ asynchronous mode (UART 8 bits, no parity bit, 1stop bit) ด้วยความเร็วของ Data stream เป็น 31250 bps โดย 1 คำสั่งของ MIDI ที่ใช้งานทั่วไปจะมีความยาว 3 bytes ประกอบด้วย Status byte (1 byte) และ Data byte (2 bytes)



รูปที่ 2.7 แสดงรูปแบบทั่วไปของ 1 คำสั่ง MIDI

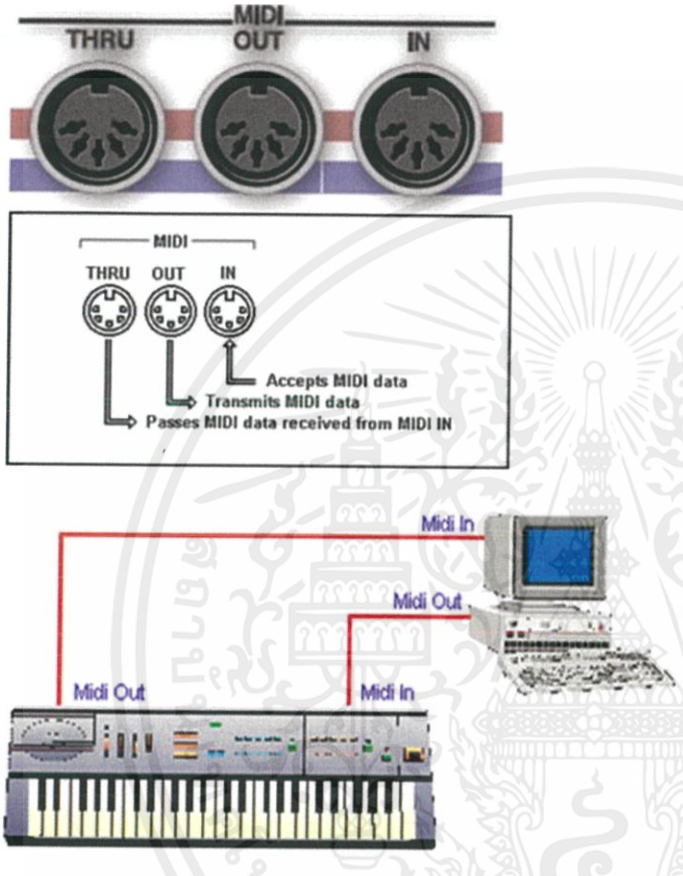
STATUS	2nd Byte	3rd Byte	Description
1000cccc	0nnnnnnn	0vvvvvvv	Note off,'cccc' is channel, 'nnnnnnn' note value''vvvvvvv' is velocity value
1001cccc	0nnnnnnn	0vvvvvvv	Note on, 'cccc' is channel, 'nnnnnnn' note value''vvvvvvv' is velocity value
1011cccc	0nnnnnnn	0vvvvvvv	Control Change, 'cccc' is channel,'nnnnnnn' is Controller Number,'vvvvvvv' is value
1110cccc	0LLLLLLL	0mmmmmmm	Pitch Wheel Change,'cccc' is channel, 'LLLLLLL' is LSB of value 'mmmmmmm' is MSB of valuecenter (no pitch change) is 0x2000
11111000	none	none	MIDI Clock pulse, 24 pulses per quarternote, 96 to the *bar* (assuming 4/4 time)
11111010	none	none	Start,sent at start of sequence, followed by *MIDI clock pulses*
11111011	none	none	Continue,sequence carries on from where it was stopped
11111100	none	none	Stop,sent when sequence is stopped
11111110	none	none	Active sensing

รูปที่ 2.8 ภาพตารางตัวอย่างชุดคำสั่งของ MIDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 Hardware Connection

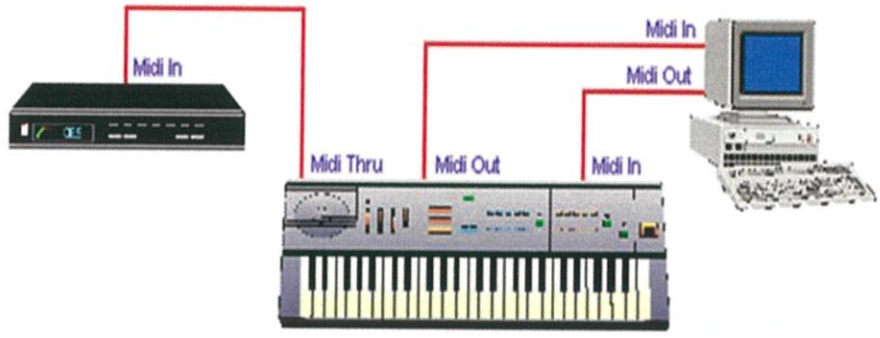
การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ MIDI จะใช้พอร์ตซึ่งจะมีประกอบด้วย 3 พอร์ตคือ MIDI IN ,MIDI OUT ,MIDI Thru ดังรูปที่ 7(A) และตัวอย่างการเชื่อมต่อ MIDI ระหว่างอุปกรณ์ 2 ชิ้น ดังรูปที่ 7(B)



รูปที่ 2.9 (A) พอร์ต MIDI IN ,MIDI OUT ,MIDI Thru ,(B) ตัวอย่างการเชื่อมต่อ MIDI ระหว่างอุปกรณ์ 2 ชิ้น

แต่ละพอร์ตของ MIDI จะสื่อสารข้อมูลได้ทางเดียวเท่านั้น ลักษณะเป็นแบบ Simplex โดย MIDI IN เป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับรับข้อมูลจากอุปกรณ์ MIDI อื่นที่เชื่อมต่อกัน และ MIDI OUT ใช้สำหรับส่งข้อมูลออกไปยังอุปกรณ์ MIDI อื่นที่เชื่อมต่อกัน หากมีแค่อุปกรณ์ MIDI ที่เชื่อมต่อกันเช่นระหว่าง Keyboard และ PC ในรูปที่ 7B สามารถเชื่อมต่อโดยใช้เพียง MIDI IN หรือ MIDI OUT ได้ ส่วน MIDI Thru นั้น จะใช้ในกรณีที่อุปกรณ์ตัวส่งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวรับหลายๆตัว พอร์ต MIDI Thru จะเป็นเพียงทางผ่านของข้อมูลที่ได้รับโดยพอร์ต MIDI IN ของอุปกรณ์ตัวรับเท่านั้น

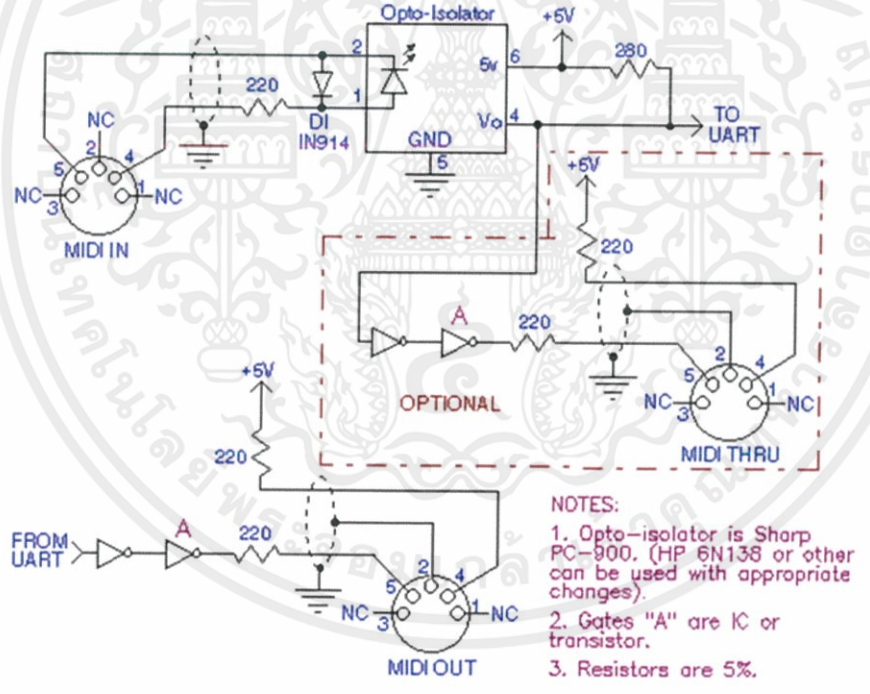
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการใช้งาน MIDI Thru port สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ MIDI ที่มากกว่า 2 ชิ้น

2.1.6 Hardware: Electrical characteristic ของ MIDI Port

การเชื่อมต่อทางไฟฟ้าของสายสัญญาณ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานของ MIDI Port นั้นจะเป็นลักษณะของ “Current loop” ทั้งใน MIDI IN และ MIDI OUT โดยที่ Logic 0 คือมีกระแสไหลใน Current loop ,Logic 1 คือไม่มีกระแสใน Current loop วงจรตัวอย่างการเชื่อมต่อของพอร์ตแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.11 วงจรตัวอย่างการเชื่อมต่อของ MIDI port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 MIDI Synthesizer

เครื่องสังเคราะห์เสียง หรือ ซินธิไซเซอร์ (อังกฤษ: synthes1izer) คือ เครื่องดนตรีอิเล็กทรอนิกส์ ออกแบบมาเพื่อสร้างเสียงจำลองโดยใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การเพิ่มเสียง, การ ลดเสียง, การใช้คลื่นเสียงกล้ำคลื่นวิทยุโดยเปลี่ยนความถี่คลื่น (Frequency Modulate; FM), การสังเคราะห์ เสียงกายภาพ, การทำให้คลื่นเสียงผิดเพี้ยนรูปร่างไป ซินธิไซเซอร์สร้างเสียงผ่านการปรับเปลี่ยนโดยตรงของกระแสไฟฟ้าซึ่งถูกใช้ในซินธิไซเซอร์แบบอนาล็อก, การปรับเปลี่ยนทางคณิตศาสตร์ของค่าตัวแปรที่พอใจ โดยใช้คอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ใน ซินธิไซเซอร์แบบที่เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป หรือจากการรวมทั้งสองวิธีเข้าด้วยกัน ในขั้นตอนสุดท้ายของซินธิไซเซอร์กระแสไฟฟ้าจะถูกใช้เพื่อสร้างการสั่นให้กับแผ่นที่ใช้สั่นของ ลำโพง หรือ หูโทรศัพท์ เป็นต้น เสียงซินธิไซเซอร์นี้ถูกจำลองไว้จากการอัดเสียงธรรมชาติ เมื่อพลังงานทางกลของคลื่นเสียงถูกแปลงไปเป็นสัญญาณ และที่สุดจะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นพลังงานทางกลจากการเล่นเทปที่อัดไว้ผ่านการสุ่ม ส่วนสำคัญที่ขาดหายไปของเสียงซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของซินธิไซเซอร์ เสียงประกอบเหล่านี้แสดงการตอบสนองเสียงที่ได้ป้องกันการสะท้อนของส่วนต่างๆ ของเครื่องดนตรี (Acoustic) เสียงถูกสร้างจากเครื่องดนตรีจากส่วนต่างๆ ของคุณลักษณะของแหล่งกำเนิดหรือพฤติกรรมของเครื่องดนตรีภายใต้สภาพการเล่นที่ต่างกัน เช่นเสียงที่มีระดับสูงสุด การเล่นที่แรงขึ้น หรือการใช้นิ้วช่วย เป็นต้น ลักษณะพิเศษของเสียงที่มีคู่แปด เสียงแปล่ง และการบรรเลงร่วมกันของเครื่องดนตรีจริงๆ สามารถสร้างได้จากการผสมส่วนต่างๆ เหล่านี้เข้าด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น เสียงที่คล้ายพฤติกรรมทางธรรมชาติของเครื่องดนตรีจริง การให้เสียงเฉพาะสามารถปรับแต่งได้จากวิธีการต่างๆ กัน และการสร้างจากซินธิไซเซอร์ แต่เสียงต่างๆ เหล่านี้มักจะถูกสร้างจาก เครื่องสร้างสัญญาณ (Oscillator) หรือเป็นแค่ส่วนหนึ่งในการสร้างเสียง การสร้างเสียงที่ชัดเจนยิ่งขึ้นของเครื่องดนตรีตามธรรมชาติ สามารถแบ่งเป็นชนิดย่อยยิ่งขึ้นได้จากการใช้เครื่องสร้างสัญญาณ แต่เพิ่มกำลังจากการคำนวณ แต่การโปรแกรมของมนุษย์ก็ยังขาดเสียไม่ได้ และซินธิไซเซอร์ส่วนใหญ่ก็ถูกใช้ระหว่างเครื่องสร้างสัญญาณหนึ่งและสี่เป็นหลัก รูปร่างที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งของเสียงใดๆ ที่เกิดจากสภาพของความสูงของคลื่น สภาพแวดล้อมนี้เองเกิดจากเสียงที่ได้จากการเคาะ เช่นเสียงกลองเต๊ก หรือการสีของไวโอลิน รูปร่างของเสียงเหล่านี้ถูกสร้างด้วย “ADSR” (Attack Decay Sustain Release) แบบจำลองสภาพที่ใช้ในการควบคุมเสียงที่ได้จากเครื่องสร้างสัญญาณ แต่ละส่วนของเสียงเหล่านี้จะถูกสร้างจากการเปลี่ยนความดังของเสียง การบรรเลงร่วมกันเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มระดับเสียง การลดลงของเสียงจะเกิดขึ้นทันทีที่มีการบรรเลงร่วมกัน เสียงดังต่อเนื่องเป็นเสียงเมื่อโน้ตถูกค้างไว้ การเปลี่ยนรูปร่างเสียงเมื่อโน้ตถูกปล่อยให้ดำเนินต่อไป อัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทันทีทันใดมักจะถูกใช้กับเสียง เพราะมันเป็นรูปแบบการสั่นทางกายภาพที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งมักจะเพิ่มเสียงขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็วในทันทีทันใด แม้ว่าการสร้างสัญญาณในเครื่องดนตรีจริงๆ จะสามารถเปลี่ยนความถี่ได้ก็ตาม เครื่องดนตรีส่วนใหญ่ก็สามารถถูกจำลองขึ้นอย่างดีโดยไม่ต้องการความละเอียดลออของเสียงมากนัก ซึ่งจะจำเป็นก็ต่อเมื่อต้องใช้สร้าง เสียงที่เกิดจากการสั่น (Vibrator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ภาพรวมของวิธีการสังเคราะห์ MIDI Synthesizer

ซินธิไซเซอร์ที่ใช้หักล้างเสียงใช้ทั่วไปกับรูปแบบที่ต้องการตัดเสียงสะท้อนที่เสมือนเครื่องดนตรี โดยจะถูกใช้แทนด้วยการสร้างสัญญาณทั่วไป เช่น การสร้างคลื่นรูปฟันเลื่อย คลื่นสี่เหลี่ยม เป็นต้น จาก ตัวกรอง (Filter) ซึ่งแสดงการสูญเสียที่ขึ้นกับความถี่ และการเรโซแนนซ์ในตัวเครื่องดนตรี ตัวกรองเหล่านี้ถูกแบ่งโดยตัวกรองที่ยอมให้สัญญาณต่ำผ่านเมื่อมีสัญญาณเข้ามาในระดับต่ำเพราะเหตุผลที่ต้องการความเรียบง่ายและประหยัด การรวมการกล้ำเสียงในคลื่นอย่างง่าย เช่น การรวมสัญญาณกับความกว้างคลื่น (Pulse width modulation) และ การส่งสัญญาณไปกับสัญญาณที่สร้างขึ้น (Oscillator sync) รวมไปถึงตัวกรองสัญญาณต่ำที่ไม่เกิดขึ้นจริงในทางกายภาพ เป็นการตอบสนองที่ใช้กับซินธิไซเซอร์แบบคลาสสิก เสียงส่วนใหญ่จะถูกสร้างจากการสังเคราะห์ทางอนาล็อก และมักจะมีข้อผิดพลาดเมื่อนำไปใช้กับซินธิไซเซอร์แบบโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้การสังเคราะห์แบบหักล้างเสียง แม้ว่า การสังเคราะห์รูปแบบทางกายภาพ (Physical modeling synthesis) นั้น การสังเคราะห์เสียงจะถูกสร้างตามลักษณะกายภาพของเครื่องดนตรีโดยถูกแทนที่การสังเคราะห์แบบหักล้างสำหรับการสร้างเสียงคู่แปดของเครื่องดนตรีตามธรรมชาติ ตัวอย่างการสังเคราะห์แบบหักล้างเสียงยังคงแพร่หลายในซินธิไซเซอร์จากการออกแบบที่ทันสมัยที่สุดที่สนับสนุนให้ตัวกรองที่ให้สัญญาณต่ำผ่านเมื่อสัญญาณที่เข้ามาอยู่ในระดับต่ำหรือตัวกรองที่ให้ช่วงความกว้างคลื่นผ่านได้ตามอย่างอุปกรณ์สร้างสัญญาณ ระบบการสังเคราะห์เสียงที่ง่ายที่สุดเป็นการอัดเสียงจากเครื่องดนตรีโดยตรงให้เป็นรูปแบบคลื่นดิจิตอล

2.2.2 พื้นฐานของซินธิไซเซอร์

ซินธิไซเซอร์ แบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่แบบ อนาล็อก และแบบ ดิจิตอล นอกจากนี้ยังมีวิธีการสังเคราะห์ที่แตกต่างกันอีกหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็จัดอยู่ในกลุ่มซินธิไซเซอร์แบบอนาล็อกและแบบดิจิตอลทั้งสิ้น เทคนิคเหล่านี้ล้วนต้องเกี่ยวข้องวิธีทางคณิตศาสตร์ ยกเว้นวิธีการใช้คลื่นเสียงกล้ำคลื่นวิทยุโดยเปลี่ยนความถี่คลื่น (Frequency Modulation; FM) และวิธีการใช้คลื่นเสียงกล้ำคลื่นวิทยุโดยเปลี่ยนคาบของคลื่น (Phase Modulation; PM)

2.2.3 ซินธิไซเซอร์ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์และอนาล็อกหลายเสียง

ซินธิไซเซอร์อนาล็อกในยุคต้นๆ มักจะเป็นแบบเสียงเดียว (monophonic) คือสร้างได้เสียงเดียวใน 1 ช่วงเวลา ต่อมาได้เพิ่มความสามารถการสร้างเสียงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เช่น Moog Sonic Six, ARP Odyssey และ EML 101 ซึ่งสามารถสร้างเสียงที่ต่างกัน 2 ระดับใน 1 ช่วงเวลา เมื่อกดปุ่มพร้อมกัน 2 ปุ่ม ส่วนการสร้างหลายระดับเสียงหรือโพลิโฟนนี (Polyphony) ที่สามารถสร้างได้หลายระดับเสียงผ่านการประสานเสียงถูกนำมาแสดงร่วมกับการออกแบบออแกนอิเล็กทรอนิกส์เป็นครั้งแรก เป็นวงจรออแกนที่รวมเอาคีย์บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์เป็นที่นิยมใช้กับโปรเซสซิ่งซินธิไซเซอร์ซึ่งประกอบด้วย ARP Omni และ Moog's Polymoog และ Opus3 จากปี 1976 ซินธิไซเซอร์เสียงดนตรีจริง ก็เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก เพื่อสนับสนุนการโพลิโฟนนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏให้เห็น ส่วนใหญ่ในรูปแบบของ Moog's Polymoog ยามาฮ่า CS-80 และ Oberheim Four-Voice เครื่องดนตรียุคต้นๆ จะซับซ้อนมาก หนักมาก และมีราคาค่อนข้างแพง อุปกรณ์อื่นที่เริ่มปรากฏให้เห็นเป็นการอัดเสียงในหน่วยความจำดิจิตอล ซึ่งทำให้มีการเปลี่ยนเสียงได้เร็วยิ่งขึ้น เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์กำเนิดขึ้นในต้นยุค1970 พวกมันทำให้กระบวนการต่างๆ ง่ายขึ้น การใช้เสียงหลายระดับร่วมกัน และการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมการทำงานเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อ Sequential Circuit Prophet-5 ถูกเปิดตัวในปี 1977 สำหรับช่วงแรกนักดนตรีคุ้นเคยกับซินธิไซเซอร์ที่มีการตั้งค่าต่างๆเก็บไว้ในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ และเรียกใช้จากการกดปุ่ม Prophet-5 ถูกนำเข้ามาแทนด้วยความกะทัดรัด น้ำหนักเบา พื้นฐานการออกแบบกลายมาเป็นมาตรฐานของเครื่องซินธิไซเซอร์ ถือเป็นการขจัดความยุ่งยากในการออกแบบมอดูล่าร์ที่ซับซ้อนออกไป

2.2.4 การควบคุม MIDI

ในช่วงที่ประดิษฐ์ MIDI, a time-coded serial interface ขึ้นในปี ค.ศ. 1983 ซินธิไซเซอร์กลายมาเป็นสิ่งที่ง่ายในการรวมเสียงและเข้าจังหวะเสียงกับเครื่องดนตรีอิเลคทรอนิกส์และอุปกรณ์ควบคุมชนิดอื่นๆ การต่อ MIDI ในปัจจุบันใช้แพร่หลายเกือบจะในทุกอุปกรณ์ดนตรี และยังใช้เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PCs) ด้วย

มาตรฐาน General MIDI (GM) Software ที่ถูกประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1991 เพื่อรองรับวิธีที่ตรงกันในการอธิบายเสียงสูงต่ำกว่า 200 ชุด รวมไปถึงเสียงเคาะด้วย สามารถที่จะใช้กับ PC สำหรับเสียงโน้ตดนตรี ในครั้งแรกที่ใช้อุปกรณ์ GM ให้ตั้งเสียงให้ตรงกับการสร้างเสียงปี่หรือเสียงกีตาร์ รูปแบบไฟล์ .mid เป็นที่แพร่หลายและกลายเป็นมาตรฐานที่เป็นที่นิยมใช้สำหรับการแปลงโน้ตเสียงของคอมพิวเตอร์

2.2.5 ซินธิไซเซอร์แบบดิจิตอล

ซินธิไซเซอร์สมัยใหม่ส่วนมากเป็น ดิจิตอล เกือบทั้งหมด รวมไปถึงการสังเคราะห์อนาล็อกสมัยใหม่ก็ใช้เทคนิกของดิจิตอล ซินธิไซเซอร์ดิจิตอลใช้เทคนิคระบบสัญญาณดิจิตอล (Digital signal processing; DSP) เพื่อสร้างเสียงดนตรี ซินธิไซเซอร์ดิจิตอลบางชนิดในปัจจุบันออกมาในรูปแบบของโปรแกรม Softsynth ที่เสียงจากซินธิไซเซอร์นำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล นอกเหนือนั้นยังนำไปใช้กับอุปกรณ์ DSP ซินธิไซเซอร์ดิจิตอลสร้างตัวอย่างดิจิตอล โดยการเลือกเสียงที่ให้ความถี่ตัวอย่างออกมา (แบ่งเป็น 44100 ตัวอย่างต่อวินาที) ในกรณีพื้นฐานที่สุด เครื่องสร้างสัญญาณแต่ละตัวจะถูกจัดใหม่เพื่อการนี้ แต่ละตัวอย่างของเครื่องสร้างสัญญาณถูกใช้ให้เกิดความหลากหลายของเสียง ขึ้นอยู่กับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณ สำหรับเครื่องสร้างฮาร์โมนิกส์ รูปแบบคลื่นของเครื่องสร้างสัญญาณจะถูกกำหนดขึ้น ส่วนเครื่องสุ่มสัญญาณรบกวนสัญญาณที่สุ่มส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของตัวเลข ค่าต่างๆ จากการนับของเครื่องกำเนิดสัญญาณจะถูกผสมเข้าด้วยกัน และจากนั้นจะส่งไปยังตัวแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก และเครื่องขยายอนาล็อกเพื่อทำลายกำแพงความยากของขั้นตอนที่มีมากมายในการสร้างสภาพแวดล้อมเสียงและการผสมเสียง และเพื่อเพิ่ม ADSR และระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผสมเพื่อสร้างค่าจำนวนจริงของเครื่องสร้างสัญญาณ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อเพิ่มค่าในขั้นตอนสุดท้ายของการผสมเสียง สัญญาณจะถูกแปลงเป็นค่าคงที่ในเชิงเส้น

2.2.6 MIDI Synthesizer Roland Sound Canvas SC88

สำหรับโปรเจค กลอง MIDI (Musical Instrument Digital Interface Drum) นี้ใช้ MIDI Synthesizer รุ่น Roland Sound Canvas SC-88vl

รูปที่ 2.12 MIDI Synthesizer Roland Sound Canvas SC88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

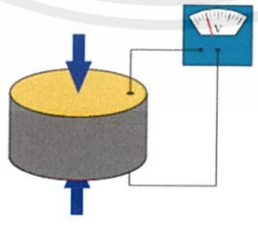
2.3 Piezoelectric Sensor

เพียโซอิเล็กทริก เซนเซอร์ (Piezoelectric Sensor) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดแรงกลต่างๆ เช่น แรงดัน ความเร่ง การสั่น แรงเครียด หรือแรงกระทำอื่นๆ โดยเปลี่ยนพลังงานกลต่างๆเหล่านี้ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในทางกลับกันเมื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นเพียโซอิเล็กทริก วัสดุนั้นก็จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้เช่นกัน

วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric material) เป็นเซรามิค ประเภทหนึ่งที่มีสมบัติพิเศษ กล่าวคือ เมื่อได้รับแรงกล (mechanical force) จะให้แรงดันไฟฟ้า (voltage) ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์ เพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric effect) ในทางกลับกันเมื่อวัสดุได้รับแรงดันไฟฟ้าจะทำให้มีการเปลี่ยนรูปร่าง (deformation) เกิดแรงกลซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์อินเวอร์สเพียโซอิเล็กทริก (inverse piezoelectric effect) การเปลี่ยนไปมา ระหว่างพลังงานกล และพลังงานไฟฟ้า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

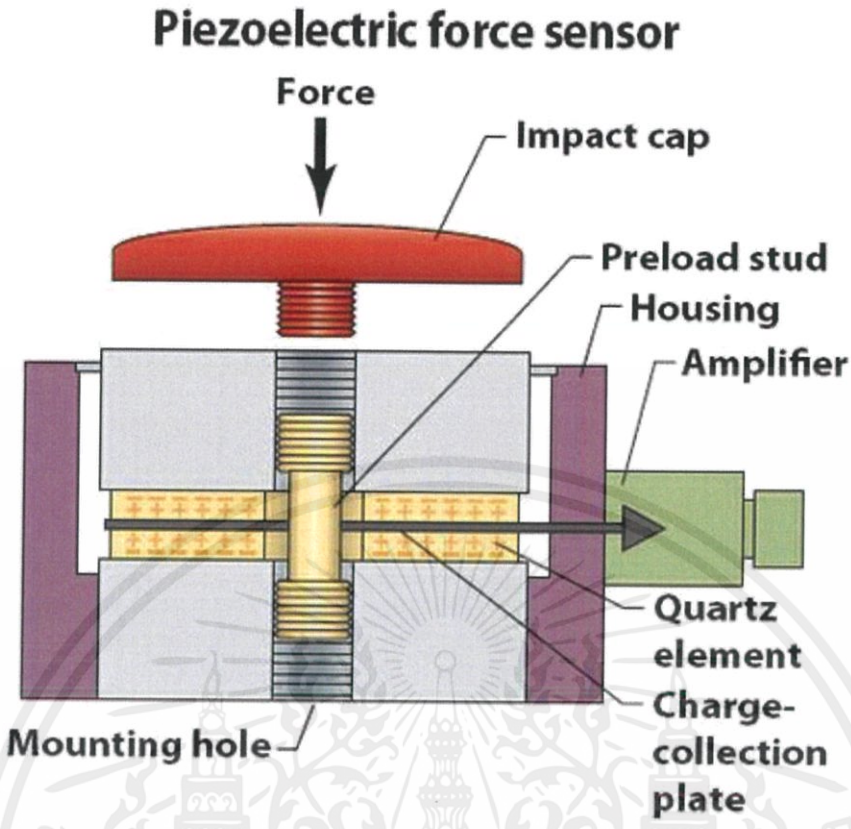
สมบัติเพียโซอิเล็กทริก จะเกิดขึ้นในวัสดุที่มีสภาพเป็นขั้วทางไฟฟ้าเท่านั้น วัสดุเพียโซอิเล็กทริก มีทั้งที่พบในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ โดยวัสดุที่พบในธรรมชาติได้แก่ แร่ควอร์ทซ์ แร่ทัวร์มารีน ส่วนวัสดุสังเคราะห์ได้แก่ เลดเซอร์โคเนียมไททาเนต (Lead zirconia titanate) ซึ่งนิยมเรียกว่า PZT เลดไททาเนต เซอร์โคเนต (Lead titanate zirconate) และแบเรียมไททาเนต (Barium titanate)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ประโยชน์จากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก มีหลายอย่างด้วยกัน ขึ้นกับปรากฏการณ์ การเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่มีการป้อนแรงดันให้วัสดุทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือเกิดแรงกล สามารถนำมาใช้เป็นทรานสดิวเซอร์ในอุปกรณ์อัลตราโซนิค (Ultrasonic) ทางการแพทย์ ลำโพง และนำมาใช้เป็นแอกชูเตอร์ (Actuator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบ ที่สำคัญของเครื่องพิมพ์ ชัตเตอร์ในกล้องถ่ายรูป วาล์วไฮโดรลิก (hydraulic valve) เป็นต้น และในกรณีให้แรงแก่วัสดุทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า สามารถใช้เป็นอุปกรณ์จุดแก๊ส (gas ignitor) ในเตาเครื่องทำความร้อน ใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) ใช้เป็นตัวตรวจจับความดัน (pressure sensor) เป็นต้น



รูปที่ 2.13 ภาพเพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนแรงกดเป็นพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 รูปร่างลักษณะของ Piezoelectric Sensor

ข้อดีของเซนเซอร์เพียโซ

เซนเซอร์เพียโซสามารถนำไปใช้วัดการบิดตัว วัดการสัมผัส วัดแรงสั่นสะเทือน วันแรงดัน และวัดแรงกระแทก เนื่องจาก มีความสามารถพิเศษคือสามารถเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ และในทางกลับกันก็สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลได้ด้วยเช่นกัน

เพราะฉะนั้น เซนเซอร์ตัวนี้เลยถูกนำไปใช้ในวงการต่างๆมากมาย เช่นในด้านวงการแพทย์ได้นำไปใช้ผลิตเป็นเครื่องวัดความดันลูกตา (IOP) ด้วย Sensor Piezoelectric ใช้ในการตรวจวัดความดันลูกตา (IOP) ความดันลูกตาที่เปลี่ยนแปลงตามความดันเลือด (OPA) และอัตราการเต้นของหัวใจ (H) โดยบอกคุณภาพการวัดเป็น Q1-Q5 ทำการวัดแบบไม่ต้องย้อมสี และสามารถวัดความดันลูกตาได้ทุกสภาพดวงตา โดยการสัมผัสในส่วนพื้นผิวของกระจกตาส่วนใดก็ได้ เป็นต้น

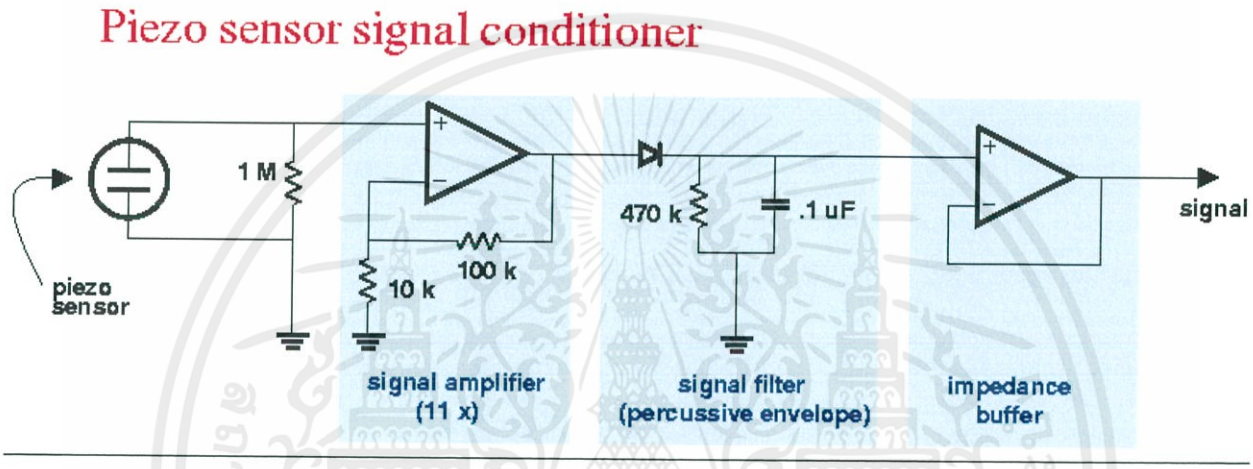
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของเซนเซอร์เพียโซ

เซนเซอร์เพียโซ ที่ผลิตขึ้นมา ใช้ตะกั่วเป็นตัวประกอบ ซึ่งตะกั่วนั้นเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างการนำเซนเซอร์เพียโซมาเชื่อมต่อกับวงจร ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์กำลังศึกษาหาวิธีผลิต เพียโซอิเล็กทริกแบบไร้สารตะกั่วขึ้น แม้จะทำสำเร็จได้บ้างแล้ว แต่คุณภาพยังไม่สามารถเทียบเท่าเพียโซอิเล็กทริกที่ใช้ตะกั่วได้

2.3.1 Conditioning circuit for piezo sensors



รูปที่ 2.15 วงจร lowpass filters เป็นตัวกรองสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์เพียโซ

แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซนเซอร์เพียโซนั้นต่ำมาก จึงต้องขยายสัญญาณก่อน โดยใช้ วงจร lowpass filters เป็นตัวกรองสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์เพียโซ วงจรกรองสัญญาณนี้จะกรองแรงดันไฟฟ้าลบออก โดยใช้ไดโอด วงจรกรองสัญญาณนี้ตอบสนองได้ดีเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

การนำเพียโซอิเล็กทริก ไปใช้ในงานทางด้านวิศวกรรมชีวเวช เช่น ตัววัดคลื่นเสียงของหัวใจ (ไมโครโฟน), ตัวรับสัญญาณของเครื่องอัลตราซาวด์, Quartz crystal microbalance(QCM) ที่มีการประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดสารชีวโมเลกุลจำนวนมาก, ตัวตรวจวัดแรง เป็นต้น

รูปที่ 2.16 ตัวแปลงสัญญาณเพียโซอิเล็กทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

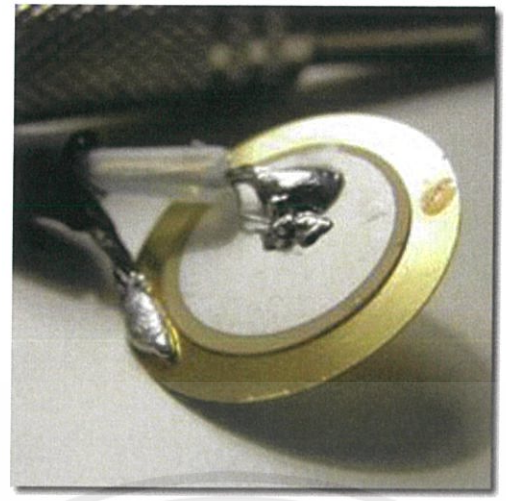
ตัวแปลงสัญญาณเพียโซอิเล็กทริก หรือ ผลึกเพียโซอิเล็กทริกนี้ ที่รู้จักกันโดยทั่วไปก็คือที่ทำประกายไฟในการจุดเตาแก๊สหรือไฟแช็ค การดีดหรือเคาะผลึกเพียโซอิเล็กทริกก็จะทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างด้าน 2 ด้านของก้อนผลึก ถ้าต่อสายไฟออกมาก็สามารถทำให้เกิดประกายไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าได้

รูปที่ 2.17 ตัวแปลงสัญญาณเพียโซอิเล็กทริกระหว่างขั้วไฟฟ้า

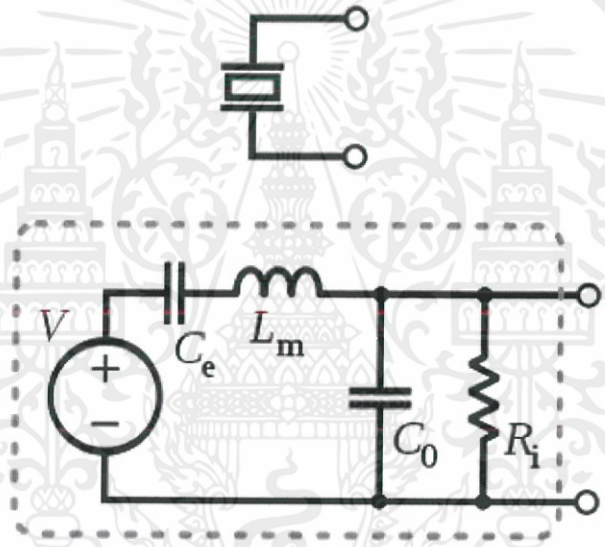
ในทางกลับกันถ้าใส่ไฟฟ้าเข้าไประหว่างผลึก ก็จะทำให้ผลึกมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ถ้าใส่สัญญาณไฟฟ้าเข้าไปจะทำให้ผลึกสั่นตามสัญญาณไฟฟ้านั้นได้ และเกิดการสั่นเป็นเสียงออกมาได้ การประยุกต์ใช้งานที่เห็นได้ทั่วไปคือ ผลึกที่ให้กำเนิดเสียงต่างๆในเครื่องโทรศัพท์มือ ซึ่งเซ็นเซอร์การสั่นสะเทือนยังสามารถใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานที่สูญเสียอย่างอื่นจากการสั่นสะเทือนเชิงกล โดยการใช้วัสดุ piezoelectric การแปลงความเครียดเชิงกลเป็นพลังงานไฟฟ้าให้สามารถใช้งานได้

รูปที่ 2.18 เซ็นเซอร์การสั่นสะเทือนแบบต่างๆ (Vibration Sensor)

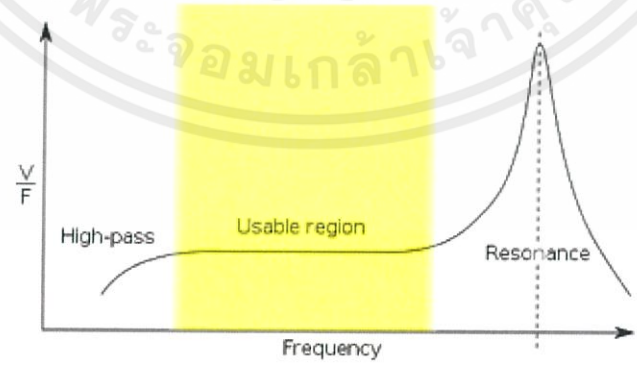
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 เซ็นเซอร์การสั่นสะเทือน (Vibration Sensor)



รูปที่ 2.20 สัญลักษณ์แผนผังและรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ของการเซ็นเซอร์ piezoelectric



รูปที่ 2.21 กราฟแสดงการตอบสนองต่อความถี่ของการเซ็นเซอร์ piezoelectric

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ARDUINO (UNO R3)

ARDUINO คือเครื่องมือหนึ่งที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกแล้วส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องมากกว่าใช้เครื่อง PC ตั้งโต๊ะโดยตัวบอร์ดนั้นออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน

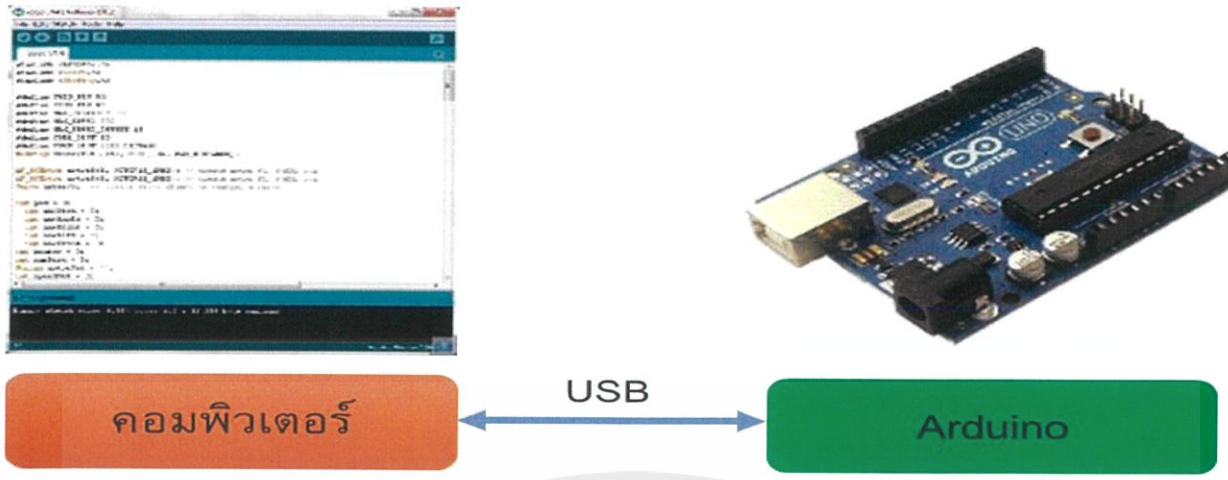
ARDUINO สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะ รับสัญญาณจากสวิทช์ หรือ เซนเซอร์,และควบคุมหลอดไฟ,มอเตอร์, หรืออุปกรณ์อื่นๆ ARDUINO เป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระหรือจะทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่อง PC ตัวบอร์ดสามารถประกอบขึ้นใช้เองหรือจะซื้อสำเร็จที่มีขาย ส่วนโปรแกรมพัฒนา ARDUINO สามารถดาวนโหลดได้ฟรี โดยรูปแบบการเขียนโปรแกรม ARDUINO คือเลือกรุ่นบอร์ดที่จะทำการโอนถ่ายข้อมูลแล้ว upload ภาษาคำสั่ง ที่ใช้คล้ายภาษาซี แต่จะมีคำสั่งที่เฉพาะ (Language Reference) สำหรับ ARDUINO

บอร์ด ARDUINO เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูล AVR ที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูงทั่วโลกเพราะเป็น Open Source สามารถดัดแปลง ไปใช้งานได้ทั้ง ฮาร์ดแวร์ และ ซอร์ฟแวร์ ได้ทันที ภาษาที่ใช้กับบอร์ดนี้จะเป็นลักษณะของ C/C+ โดยจัดให้มี Libraries ต่างๆให้สามารถเรียก ใช้งานได้ทันที ครอบคลุมการติดต่อกับ I/O PORT ต่างๆ ได้กว้างมากการใช้งานก็ง่ายเพียงแค่เสียบสาย USB และติดตั้งโปรแกรมก็พร้อมที่จะประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทันที

ในตลาดไมโครคอนโทรลเลอร์มีตัวเลือกมากมาย เช่น Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-2,Pidgets, MIT's Handyborad และอีกหลายเจ้ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน เพื่อที่ให้ใช้งานได้ง่ายและเน้นการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก ARDUINO ก็เช่นเดียวกันแต่มีข้อแตกต่างหรือจุดเด่นที่เห็นได้ชัดกว่าคือ

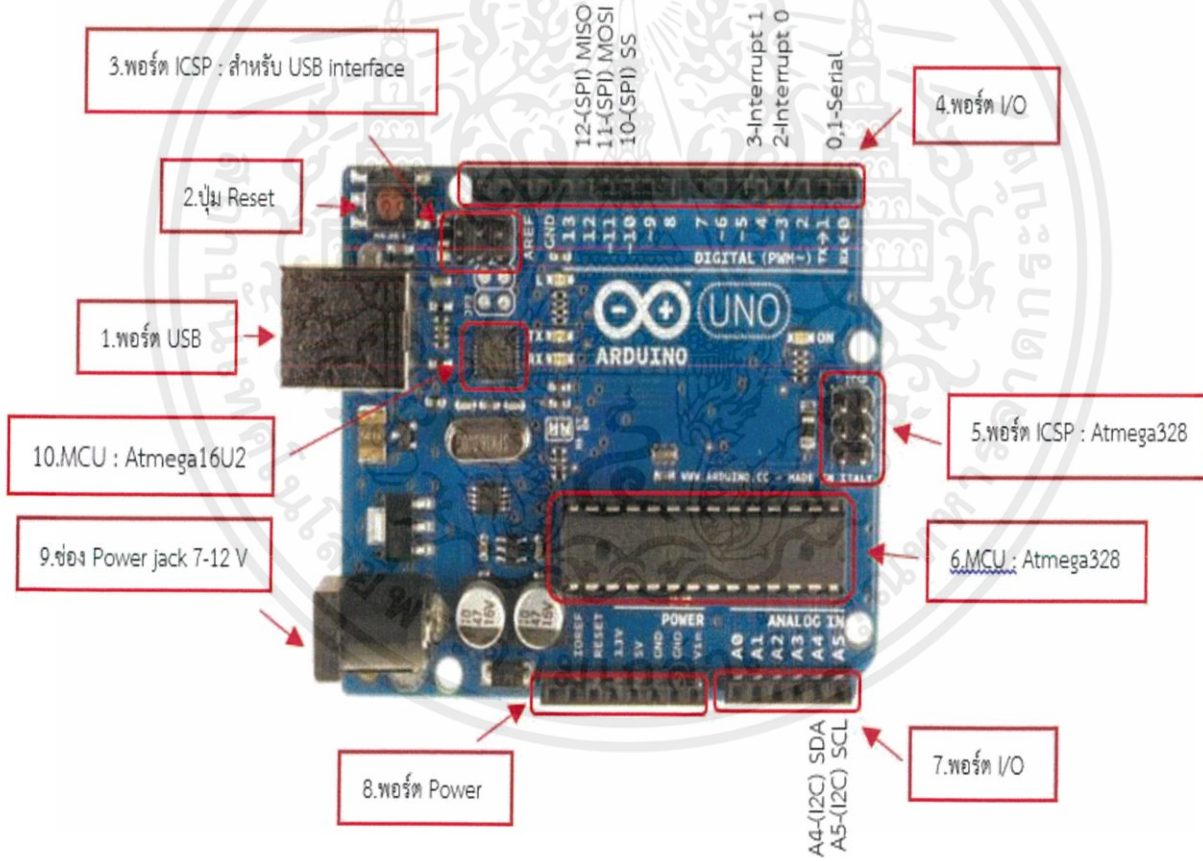
- ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- มี Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
- เปิดเผยโค้ดทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- เปิดเผยวงจร และ นำไปพัฒนาขยาย ฮาร์ดแวร์ ได้
- ราคาไม่แพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 รูปแบบการเชื่อมต่อโปรแกรมบน Arduino

2.4.1 Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)



รูปที่ 2.23 Layout & Pin out Arduino Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับหมายเลขและคำอธิบายเบื้องต้น

1.USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2.Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3.ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/OPort:Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

5.ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7. I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

8.Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

Arduino Uno R3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Open-source บนแพลตฟอร์ม Arduino จากประเทศอิตาลี ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ใช้ชิพ ATmega328 รันที่ความถี่ 16 MHz หน่วยความจำแฟลช 32 KB แรม 2 KB บอร์ดใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V มีระดับแรงดันไฟฟ้าในการทำงานและขาสัญญาณอยู่ที่ 5 V (TTL) มี Digital Input / Output 14 ขา (เป็น PWM ได้ 6 ขา) มี Analog Input 6 ขา Serial UART 1 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด เขียนโปรแกรมบนซอฟท์แวร์ Arduino IDE และโปรแกรมผ่านพอร์ต USB สามารถนำมาสร้างต้นแบบเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ได้ Arduino Uno R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจคและ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือ กรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 คุณสมบัติ ARDUINO UNO R3

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

รูปที่ 2.24 ภาพตารางแสดงคุณสมบัติ ARDUINO (UNO R3)

รูปที่ 2.25 บอร์ด ARDUINO (UNO R3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 กลองชุด

2.5.1 กลอง (Drum)

กลองจัดว่าเป็นเครื่องดนตรีที่เก่าแก่ที่สุดในจำพวกเครื่องดนตรีทั้งหมด ในอดีตมนุษย์ขึงหนังสัตว์บนรูกลวงของท่อนไม้และตีหนังสัตว์ด้วยนิ้วและมือ จากการศึกษาประวัติศาสตร์พบว่า คนตีกลองพื้นเมืองจะตีกลองเป็นจังหวะ สำหรับการเต้นรำระหว่างเผ่า แต่ปัจจุบันพบว่า การบรรเลงกลองชุดจะเด่นที่สุดในส่วนของวงดนตรี สำหรับการเต้นรำ คนตีกลองพยายามปรับปรุงวิธีการบรรเลง โดยบรรเลงตามจังหวะที่ได้ยินแล้วนำมาปรับปรุงโดยการคิดค้นระบบใหม่ขึ้น ซึ่งนับว่าเป็นระบบที่ได้ริเริ่มขึ้นเป็นครั้งแรก โดยการบันทึกอัตราส่วนของจังหวะกลองในบทเพลง การบันทึกบทเพลงนั้นประกอบด้วย ทำนองเพลง การประสานเสียงและจังหวะ ทำให้ดนตรีมีการประสานเสียงกลมกลืน เพิ่มความไพเราะมากยิ่งขึ้น การริเริ่มพัฒนากลองชุดเป็นครั้งแรก โดยเริ่มต้นจากบทเพลงจังหวะวอลซ์ (Waltz)

2.5.2 ส่วนประกอบของกลองชุด

1. กลองใหญ่ (Bass Drum)

กลองใหญ่ มีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงกับกลองใหญ่ที่ใช้บรรเลงในวงดุริยางค์สากลแต่ขนาดแตกต่างกันคือ ขนาดกลองใหญ่ของกลองชุดมีขนาดที่นิยมใช้ทั่วไป คือ ขนาด 14 x 20 นิ้ว หรือ 14 x 22 นิ้ว มีอุปกรณ์เหมือนกันกับกลองใหญ่วงดุริยางค์ทุกประการ เวลาบรรเลงไม่ต้องใช้ขอหยั่งรองรับ เพราะมีขาหยั่งติดมากับตัวกลอง เพียงแต่ดึงขอหยั่งออกทั้งสองข้างจะทำให้กลองไม่เคลื่อนที่ เป็นการยึดตัวกลองใหญ่ให้ติดอยู่กับพื้นกลองใหญ่ไม่ใช้ไม้ถือสำหรับตี ใช้กระเดื่อง (Pedal) ติดแท่งเหล็กกลมๆ ปลายหุ้มด้วยสักหลาดความยาวประมาณ 10 นิ้ว สำหรับเท้าข้างขวาเหยียบลงไปบนกระเดื่อง ปลายกระเดื่องส่วนบนจะทำหน้าที่แทนมือ

2. กลองเล็ก (Snare Drum)

กลองเล็กเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกลองชุดรูปร่างลักษณะกลองเล็กที่ใช้บรรเลงร่วมกับกลองชุดมีลักษณะเหมือนกลองเล็กที่ใช้บรรเลงวงดุริยางค์วงใหญ่ทุกประการ หรือเป็นกลองเล็กอย่างเดียวกันสามารถนำไปใช้บรรเลงร่วมกับวงดนตรีโดยทั่วไปได้ กลองเล็กเป็นเครื่องดนตรีที่สำคัญที่สุดในจำพวกเครื่องเคาะตีทั้งหลายเพราะการบรรเลงตามบทเพลงของกลองเล็กจะทำหน้าที่บรรเลงจังหวะที่ขัดกับกลองใหญ่ โดยกลองใหญ่จะบรรเลงตามจังหวะหนัก และเบา กลองเล็กจะบรรเลงจังหวะขืนหรือจังหวะขัด มีลักษณะเหมือนกับหยอกล้อกัน และเป็นการกระตุ้นให้ผู้ฟังตื่นตัว มีอารมณ์ร่วมกับผู้บรรเลง เกือบจะทุกบทเพลงที่เปิดโอกาสให้กลองเล็กแสดงความสนุก คึกคัก และเป็นการเรียกร้องให้เครื่องดนตรีอื่นๆร่วมสนุกสนานด้วยนั่นคือการบรรเลงกลองเล็กตอนปลายประโยคของบทเพลง ที่ภาษานักตีกลองเรียกว่า “ห้องส่ง” หรือ “บทส่ง” (Fill) ขนาดกลองเล็กที่นิยมใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 x 14 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฉาบ (Cymbals)

ฉาบ เป็นส่วนประกอบอีกชิ้นหนึ่งของกลองชุด รูปร่างลักษณะเหมือนกับฉาบที่ใช้บรรเลงในวงดุริยางค์ โดยทั่วไปนิยมใช้ฉาบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-30 นิ้ว ตั้งไว้ด้านข้างขวามือ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16-18 นิ้ว ตั้งไว้ด้านข้างซ้ายมือ ฉาบทั้งสองใบนี้ไม่มีเชือกหนังสำหรับมือถือ แต่จะมีขาหยั่งรองรับทั้งสองใบ เวลาบรรเลงใช้มือขวาตีฉาบด้านขวามือเป็นหลัก เพราะมีเสียงก้องกังวานกว่า บางครั้งอาจสลับเปลี่ยนมาตีด้านซ้ายมือบ้างเป็นบางครั้ง

4. ไฮแฮท (Hi Hat)

ไฮแฮท คือ ฉาบสองใบเหมือนกับฉาบในวงดุริยางค์ แต่มีขนาดเล็กกว่า โดยทั่วไปนิยมใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14-15 นิ้ว ฉาบทั้งสองใบนี้ไม่ใช้เชือกหนังร้อยสำหรับถือ เพราะมีขาตั้งรองรับ ใบที่หนึ่งใส่ลงบนขาตั้งโดยให้ด้านนูนอยู่ด้านล่าง จะมีแผ่นโลหะและสักหลาดรองรับ อีกใบหนึ่งใส่ลงบนขอตั้งโดยให้ด้านนูนอยู่ด้านบน มีที่ไขติดอยู่กับแกนของขาตั้ง โดยกะระยะให้ห่างกันพอประมาณ เพื่อไม่ให้ฉาบทั้งสองใบชิดติดกัน ช่วงล่างสุดมีกระเดื่องเหมือนกับกลองใหญ่สำหรับเหยียบให้ฉาบทั้งคู่กระทบกัน ไฮแฮทมีหน้าที่คอยขัดจังหวะหรือช่วยหนุนกลองเล็ก เน้นจังหวะขัดให้กระชับยิ่งขึ้น

5. ทอม ทอม (Tom Tom)

ทอม ทอม คือ กลองขนาดเล็กสองใบมีรูปร่างเหมือนกลองเล็ก แต่มีขนาดสูงกว่า ไม่ติดเส้นลวด ทอม ทอม ทั้งสองใบมีขนาดแตกต่างกัน ใบหนึ่งจะติดตั้งทางด้านซ้ายมือ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าอีกใบหนึ่ง ซึ่งติดตั้งด้านขวามือ โดยทั่วไปนิยมใช้ทอม ทอม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 x 13 นิ้วและขนาด 14 x 14 นิ้ว ทั้งสองใบจะมีรูด้านข้างสำหรับใส่แกนโลหะเพื่อติดตั้งบนกลองใหญ่ ระดับเสียงทอม ทอม ด้านซ้ายมือมีระดับเสียงสูงกว่าด้านขวามือ ทอม ทอม มีหน้าที่สร้างความสนุกคึกคัก โดยจะบรรเลงในบทส่ง หรือการเดี่ยวกลอง (Solo) เพื่อสร้างความรู้สึก การกระตุ้นให้เพลิดเพลินกับจังหวะ บทเพลงที่ใช้ ทอม ทอม บรรเลงมากที่สุด คือ เพลงประเภทลาติน

6. ฟลอร์ทอม (Floor Tom)

ฟลอร์ทอม มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่ง ว่า “ทอมใหญ่” (Large Tom) รูปร่างลักษณะเหมือนกับ ทอม ทอม ไม่ติดเส้นลวด ขนาดของฟลอร์ทอม สูงกว่าทอม ทอม มีขาติดตั้งกับตัวฟลอร์ทอม เวลาบรรเลงตั้งอยู่ด้านขวามือชิดกับกลองใหญ่ เสียงฟลอร์ทอมต่ำกว่าเสียงทอม ทอม แต่เสียงสูงกว่าเสียงกลองใหญ่ ฟลอร์ทอมทำหน้าที่อย่างเดียวกับ ทอม ทอม โดยทั่วไปนิยมใช้ ฟลอร์ทอม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 x 16 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เสียงและการได้ยิน

2.6.1 เสียง (Sound)

เสียง เป็นคลื่นกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุเกิดการสั่นสะเทือน จะทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลางที่เป็นสสารอยู่ในสถานะ ก๊าซ ของเหลว ของแข็ง (คลื่นเสียงจะไม่ผ่านสุญญากาศ) ไปยังหู ทำให้ได้ยินเสียงเกิดขึ้นเสียงเกิดขึ้น เมื่อวัตถุหรือแหล่งกำเนิดเสียง มีการสั่นสะเทือน ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอากาศที่อยู่โดยรอบกล่าวคือโมเลกุลของอากาศเหล่านั้นจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งแหล่งกำเนิดเสียงไปชนกับโมเลกุลของอากาศที่อยู่ถัดออกไป จะเกิดการถ่ายโอนโมเมนตัมจากโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ไปให้กับโมเลกุลของอากาศ ที่อยู่ในสภาวะปกติ จากนั้นโมเลกุลที่ชนกันจะแยกออกจากกันโดยโมเลกุลของอากาศที่เคลื่อนที่มาชนจะถูกดึงกลับไปยังตำแหน่งเดิมด้วยแรงปฏิกิริยาและโมเลกุลที่ได้รับการถ่ายโอนพลังงาน ก็จะเคลื่อนที่ต่อไปและไปชนกับโมเลกุลของอากาศที่อยู่ถัดไป เป็นดังนี้ไปเรื่อยๆ จนเคลื่อนที่ไปถึงหู เกิดการได้ยินขึ้นปรากฏการณ์นี้จะเกิดสลับกันไปมาได้เมื่อสื่อกลางหรือตัวกลางคืออากาศซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลอากาศจะเกิดเป็นคลื่นเสียง

2.6.1.1 ระดับเสียง

ระดับเสียง หมายถึง เสียงสูงเสียงต่ำ ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงมีความเร็วในการสั่นสะเทือน (มีความถี่สูง) จะทำให้เกิดเสียงสูง และถ้า แหล่งกำเนิดเสียงมีความเร็วในการสั่นสะเทือนน้อย หรือเบา (มีความถี่ต่ำ) จะทำให้เกิดเสียงต่ำ หรือเสียงทุ้ม

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเสียงสูงต่ำ เสียงสูงต่ำขึ้นอยู่กับความถี่ในการสั่นสะเทือนของวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียง แหล่งกำเนิดเสียงสั่นสะเทือนด้วยความถี่ต่ำ จะเกิดเสียงต่ำ แต่ถ้าสั่นสะเทือนด้วยความถี่สูงเสียงก็จะสูง โดยระดับเสียงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วย

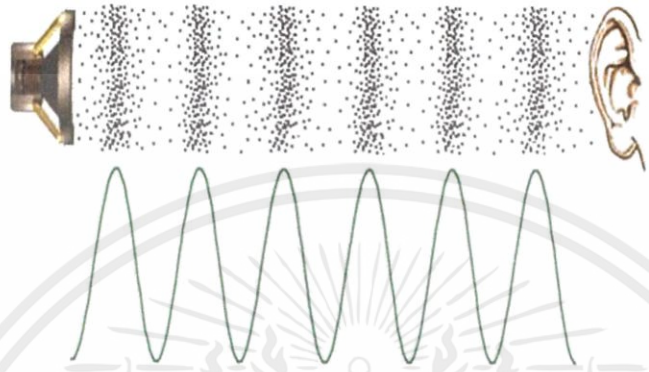
1. ขนาดของวัตถุกำเนิดเสียง

2. ความยาวของวัตถุกำเนิดเสียง

3. ความตึงของวัตถุกำเนิดเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

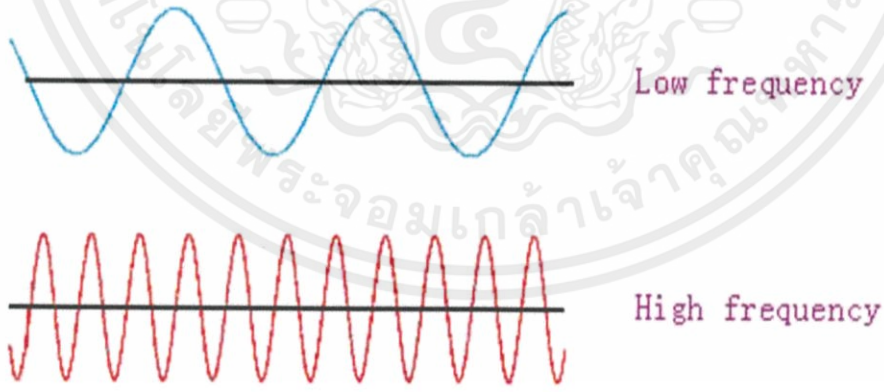
จะเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้ วัตถุที่ต้นกำเนิดเสียงมีขนาดเล็กจะสั่นสะเทือนเร็วทำให้เกิดเสียงสูง แต่ถ้าวัตถุที่ต้นกำเนิดเสียง มีขนาดใหญ่จะสั่นสะเทือนช้าทำให้เกิดเสียงต่ำ ถ้าวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดเสียงมีขนาดยาวน้อยหรือสั้นจะสั่นสะเทือนเร็วทำให้เกิดเสียงสูง แต่ถ้าวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดเสียง มีขนาดความยาวมากจะสั่นสะเทือนช้าทำให้เกิดเสียงต่ำ ถ้าวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดเสียงมีความตึงมากจะสั่นสะเทือนเร็วทำให้เกิดเสียงสูง แต่ ถ้าวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดเสียงมีความตึงน้อยหรือหย่อนจะสั่นสะเทือนช้าทำให้เกิดเสียงต่ำ



รูปที่ 2.26 คลื่นเสียง

2.6.2 ความถี่ (Frequency)

คือปริมาณที่บ่งบอกจำนวนครั้งที่เหตุการณ์เกิดขึ้นในเวลาหนึ่ง การวัดความถี่สามารถทำได้โดยกำหนดช่วงเวลาคงที่ค่าหนึ่ง นับจำนวนครั้งที่เหตุการณ์เกิดขึ้น นำจำนวนครั้งหารด้วยระยะเวลา และ คาบ เป็นส่วนกลับของความถี่ หมายถึงเวลาที่ใช้ไปในการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ ในระบบหน่วย SI หน่วยวัดความถี่คือเฮิรตซ์ (hertz)



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างคลื่นความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 อวัยวะในการได้ยิน (Ear)

หูของคนเราแต่ละข้างแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ หูชั้นนอก หูชั้นกลาง และหูชั้นใน

2.6.3.1.หูชั้นนอก ประกอบไปด้วย

1) ใบหู เป็นกระดูกอ่อนที่หุ้มด้วยผิวหนังบางๆ ทำหน้าที่ดักและรับเสียงเข้าสู่รูหู

2) รูหู เป็นท่อคดเคี้ยวเล็กน้อย ลึกประมาณ 2.5 ซม. ผนังของรูหูบุด้วยเยื่อบาง และใต้เยื่ออ่อนนี้เต็มไปด้วยต่อมน้ำมัน ทำหน้าที่ขับไขมันเหนียวและเหลว มาหล่อเลี้ยงรูหู ไขมันเหล่านี้เมื่อรวมกับสิ่งสกปรกต่างๆก็จะกลายเป็น ขี้หู ซึ่งจะช่วยป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาทางรูหูไม่ให้เข้าถึงเยื่อแก้วหูได้ง่าย

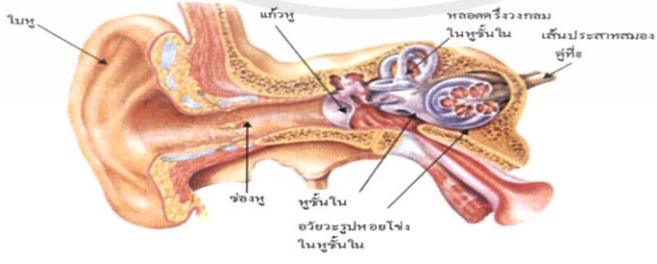
3) เยื่อแก้วหู เป็นเยื่อบางๆ อยู่ลึกเข้าไปในส่วนของรูหู กั้นอยู่ระหว่างหูชั้นนอกและหูชั้นกลาง ทำหน้าที่รับแรงสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงที่เดินทางเข้ามาทางรูหู

2.6.3.2.หูชั้นกลาง อยู่ถัดจากเยื่อแก้วหู มีลักษณะเป็นโพรงอากาศบรรจุกระดูกเล็กๆ 3 ชิ้นติดต่อกัน คือ กระดูกค้อน อยู่ติดกับเยื่อแก้วหู กระดูกทั่ง อยู่ตรงกลาง และกระดูกโกลน อยู่ติดกับหูชั้นใน ส่วนล่างของโพรงอากาศตอนปลายของหูชั้นกลางจะมีท่อยูสเตเชี่ยน (Eustachian tube) ซึ่งมีลักษณะเป็นช่องอากาศแคบๆ และยาวต่อไปถึงคอ ทำหน้าที่ปรับความกดอากาศ ข้างในและข้างนอกหูให้มีความสมดุลกัน

2.6.3.3.หูชั้นใน อยู่ถัดจากกระดูกโกลนเข้ามา หูชั้นนี้ประกอบด้วยอวัยวะที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1) ส่วนที่ทำหน้าที่รับเสียง มีลักษณะเป็นท่อเล็กๆ ที่ขดเป็นวงซ้อนกันอยู่หลายชั้นคล้ายหอยโข่ง ภายในมีท่อของเหลวบรรจุอยู่ ตามผนังด้านในของท่อมีอวัยวะรับเสียงอยู่ทั่วไป

2) ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทรงตัว มีลักษณะเป็นรูปท่อโค้งครึ่งวงกลมเล็กๆ 3 วง วางเรียงติดต่อกันตั้งฉากกับผนังภายใน ปลายของครึ่งวงกลมทั้ง 3 นั้น อยู่ติดกัน ท่อครึ่งวงกลมทั้ง 3 นี้บุด้วยเนื้อเยื่อบางๆ ที่มีประสาทรับความรู้สึกเกี่ยวกับการทรงตัวกระจายอยู่ ส่วนที่เป็น ส่วนที่เป็นช่องว่างภายในท่อครึ่งวงกลมนี้บรรจุด้วยของเหลว



รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบของหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 การได้ยินเสียง (Hearing)

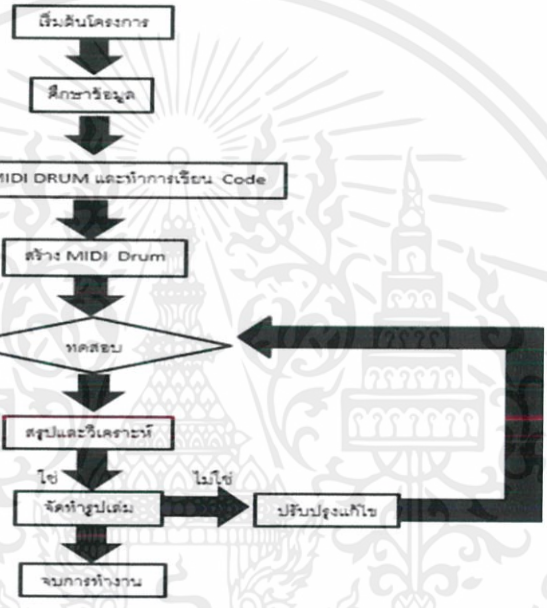
เสียงที่เกิดขึ้นทุกชนิดมีลักษณะเป็นคลื่นเสียง ใบหูรับคลื่นเสียงเข้าสู่รูหูไปกระทบเยื่อแก้วหู เยื่อแก้วหูถ่ายทอดความสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงไปยังกระดูกค้อน กระดูกทั่ง และกระดูกโกลน ซึ่งอยู่ในหูชั้นกลางและเลย ไปยังท่อรูปครึ่งวงกลม แล้วต่อไปยังของเหลวในท่อรูปหอยโข่ง และประสาทรับเสียงในหูชั้นในตามลำดับ ประสาทรับเสียงถูกกระตุ้นแล้วส่งความรู้สึกไปสู่สมองเพื่อแปลความหมายของเสียงที่ได้ยิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

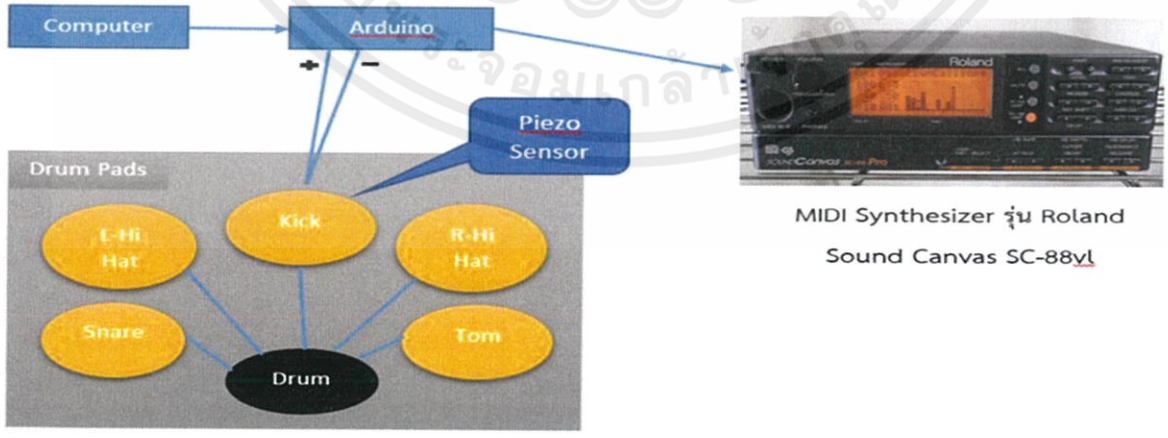
บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ในการปฏิบัติงานให้สำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์ ภายในระยะเวลาที่กำหนดนั้นจำเป็นต้องมีการวางแผนโครงงานเพื่อให้ทราบถึงแนวทางและขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง แผนโครงงานดังกล่าวสามารถเขียนเป็นแผนผังการดำเนินงานแสดงขั้นตอนในการดำเนินงานโดยสรุปเพื่อที่จะให้เห็นภาพโดยรวมในการจัดทำโครงงานและสามารถเขียนการทำงานภาพรวมของกลอง Musical Instrument Digital Interface Drum ได้ดังรูปข้างต้นนี้



รูปที่ 3.1 รูป Block Diagram การดำเนินงานในภาพรวมของกลอง Musical Instrument Digital Interface Drum



รูปที่ 3.2 รูปแสดงการทำงานโดยสรุปของกลอง Musical Instrument Digital Interface Drum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

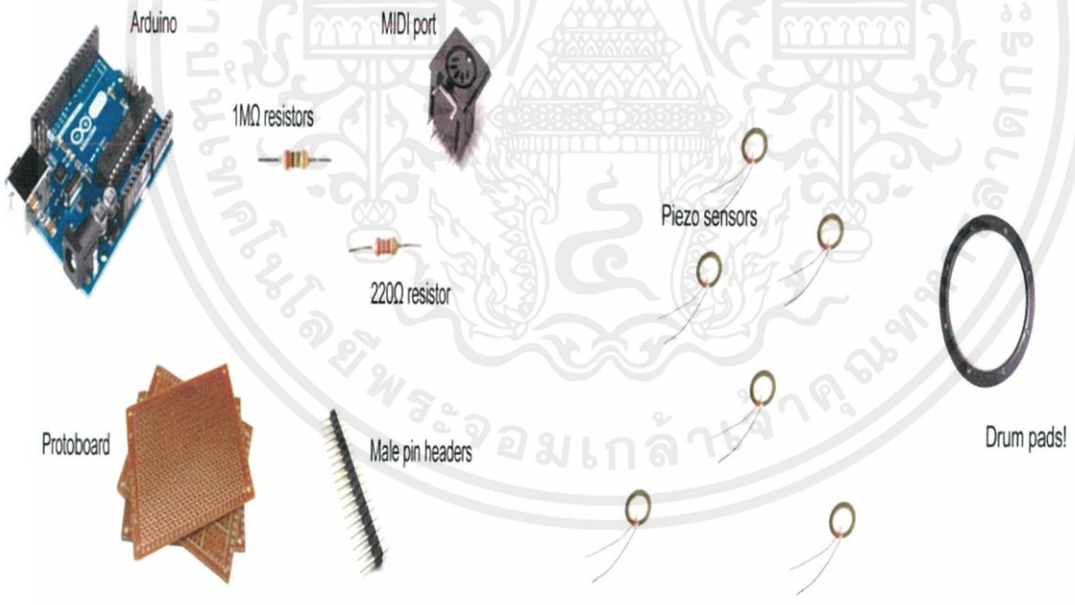
3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการทดลอง

จากผลการศึกษาข้อมูลการทำงานของ กลอง MIDI (Musical Instrument Digital Interface Drum) พบว่าวงจรแบ่งการทำงานเป็น 2 พาร์ท ซึ่งในแต่ละ พาร์ท มีหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกันออกไป ตามหน้าที่และการประยุกต์ใช้ ของวงจร กลอง MIDI (Musical Instrument Digital Interface Drum) นี้แบ่งการทำงานเป็น เป็น 2 พาร์ท หลัก คือ พาร์ท Piazoelectric Sensor และ พาร์ท MIDI ทั้งนี้ยังศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากหนังสือเครื่องเสียงอิเล็กทรอนิกส์ ประเภท ซินธิไซเซอร์ (Synthesizer) หรือ Textbook และดูทฤษฎีบางส่วนจากอินเตอร์เน็ต

3.2 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล และการทดลอง

การเลือกข้อมูลจะเลือกใช้ข้อมูลที่อยู่ในเฉพาะสิ่งที่ผู้ทดลองทำมา ซึ่งจะดูแต่ละ datasheet ของตัวอุปกรณ์หรือดูในคุณสมบัติการใช้งาน ในแต่ละส่วนของการทำงานว่าจะมีกระบวนการทำงาน และการคำนวณเบื้องต้นอย่างไร ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก ทฤษฎีและสูตรต่างๆ เพื่อนนำไปสร้าง กลอง MIDI (Musical Instrument Digital Interface Drum) ที่สามารถใช้งานได้จริง และมีประสิทธิภาพ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



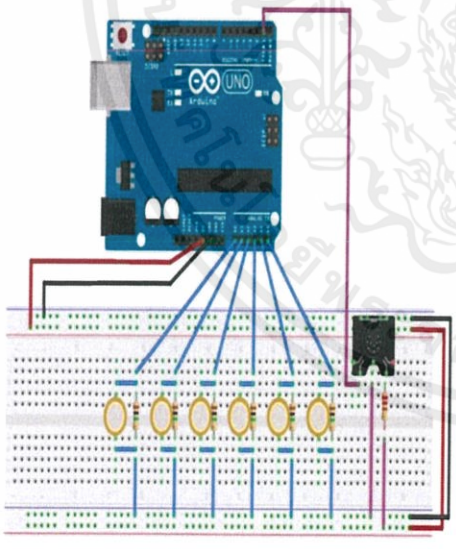
รูปที่ 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

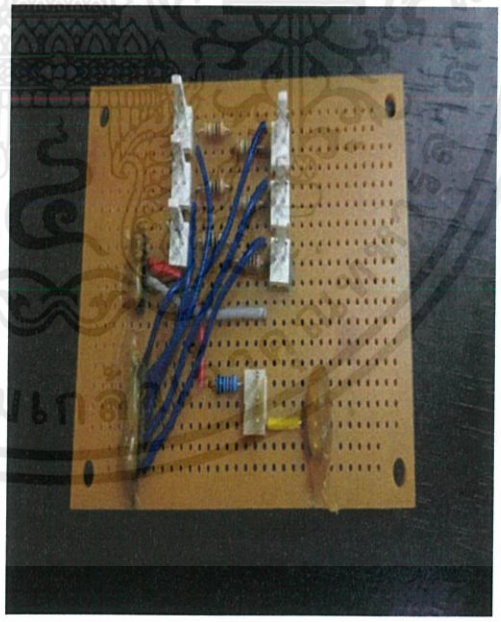
3.4 ขั้นตอนการออกแบบและการ Design วงจร

<u>อธิบายหลักการทำงาน</u>

โปรเจคแบ่งเป็น 2 พาร์ท หลัก คือ พาร์ท Piezoelectric Sensor และ พาร์ท MIDI เอาต์พุต Piezoelectric Sensor เป็นตัววัดความสั่นสะเทือนของคลื่นความถี่ (Frequency) Piezoelectric Sensor วัดความสั่นสะเทือน V+,V- เป็นคลื่น sine มีการตั้งค่า threshold ถ้าเสียงมากกว่าค่า threshold ที่กำหนดไว้ จะไปตัดเสียง Peak (เสียงดังสูงสุด) การตีกลองดัง-เบา (Hard-Soft) จึงมีผลต่อกราฟคลื่นเสียง Part MIDI จะอยู่ในพาร์ทเอาต์พุต โดยจะใช้ตัว Piezoelectric Sensor เป็นตัวรับการสั่นสะเทือนติดแนบไว้กับหน้ากลอง Drum Pads เมื่อออกแรงตีหนักหรือเบาที่หน้ากลอง Drum Pads ตัวอุปกรณ์ Piezoelectric Sensor จะวัดคลื่นความสั่นสะเทือนและส่งมายังตัว Arduino ซึ่งตัว Arduino จะทำหน้าที่บันทึกค่าและแปลงรหัสเป็นสัญญาณดนตรีแบบดิจิตอล หรือเรียกว่า MIDI Code และส่งไปยังเครื่องซินธิไซเซอร์ ทาง MIDI Port เอาต์พุต เพื่อถอดรหัสเป็นเสียงดนตรี MIDI Code เปิดค่าได้จากตารางแสดง Drum General MIDI และในการกำหนดแต่ละ Drum Pads ว่าจะให้แต่ละ Drum Pads มีเสียงออกมาเป็นอะไร ก็ขึ้นกับค่า MIDI Code ของเสียง เช่น Snare 38 , Hi hat 46 เป็นต้น ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่าง ทางด้านซอฟต์แวร์ เข้าตัว Arduino เพื่อสั่งการ และทางด้านฮาร์ดแวร์ คือใช้ ตัวกลอง ขาตั้ง หน้ากลอง (Drum Pads) ทั้งหมดประกอบกันเพื่อให้เป็นกลองอิเล็กทรอนิกส์ที่สมบูรณ์แบบและมีลักษณะเหมือนกลองต้นแบบจริง



(A)

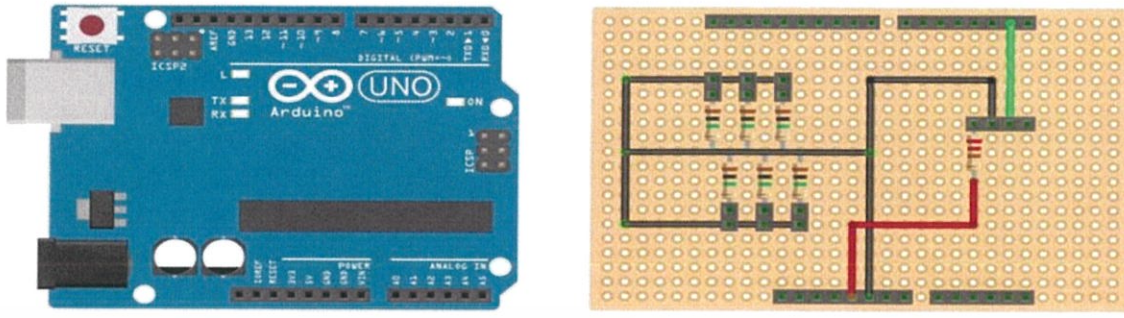


(B)

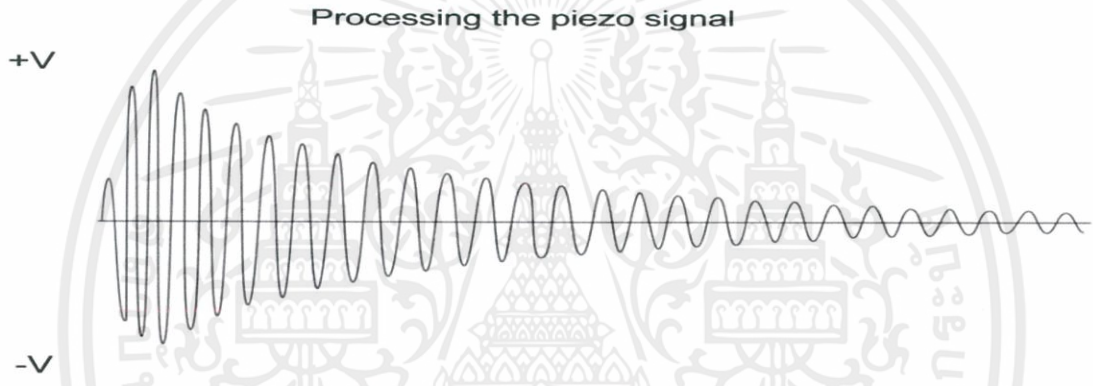
รูปที่ 3.4 (A) รูปจำลองการต่อบนบอร์ดของ พาร์ท Piezoelectric Sensor และ พาร์ท MIDI Output

รูปที่ 3.5 (B) รูปการต่อบนบอร์ดของ พาร์ท Piezoelectric Sensor และ พาร์ท MIDI Output

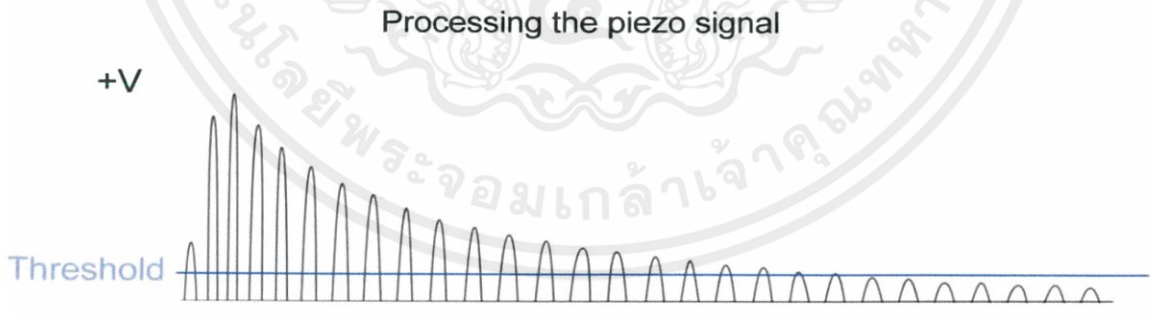
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การต่อของ พาร์ท Piezoelectric Sensor และ พาร์ท MIDI Output เพื่อประกบกับตัว Arduino

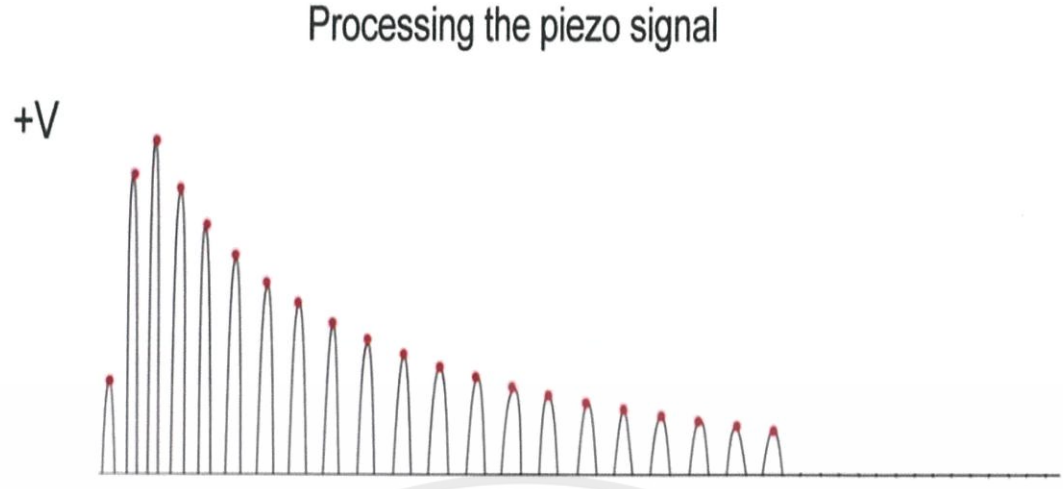


รูปที่ 3.7 รูปกราฟ Sine ของ Processing the piezo signal

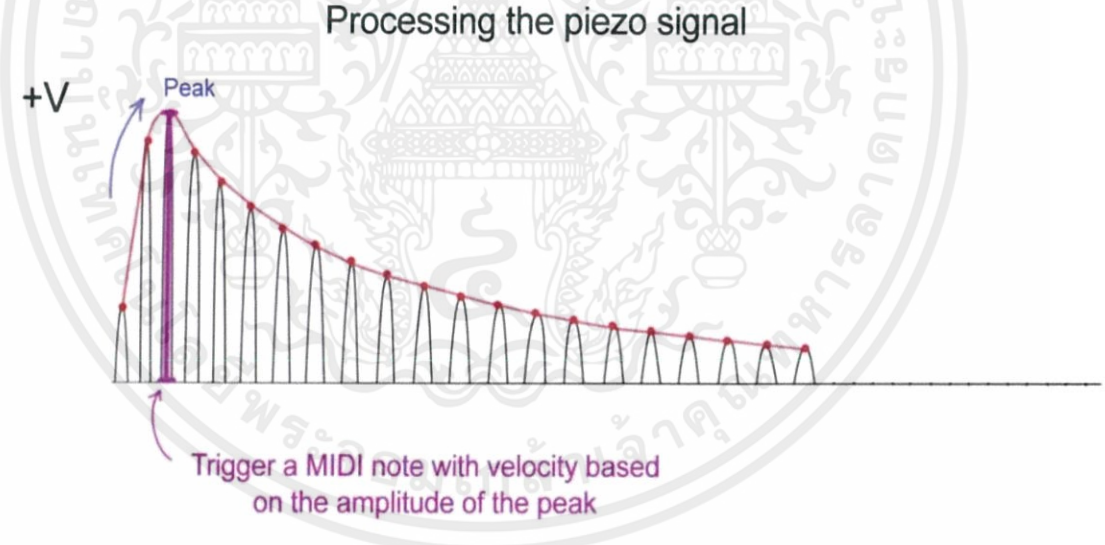


รูปที่ 3.8 รูปกราฟ +V และเส้น Threshold ของ Processing the piezo signal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 รูปกราฟ +V และ Amplitude ความดังแต่ละช่วงเสียง ของ Processing the piezo signal

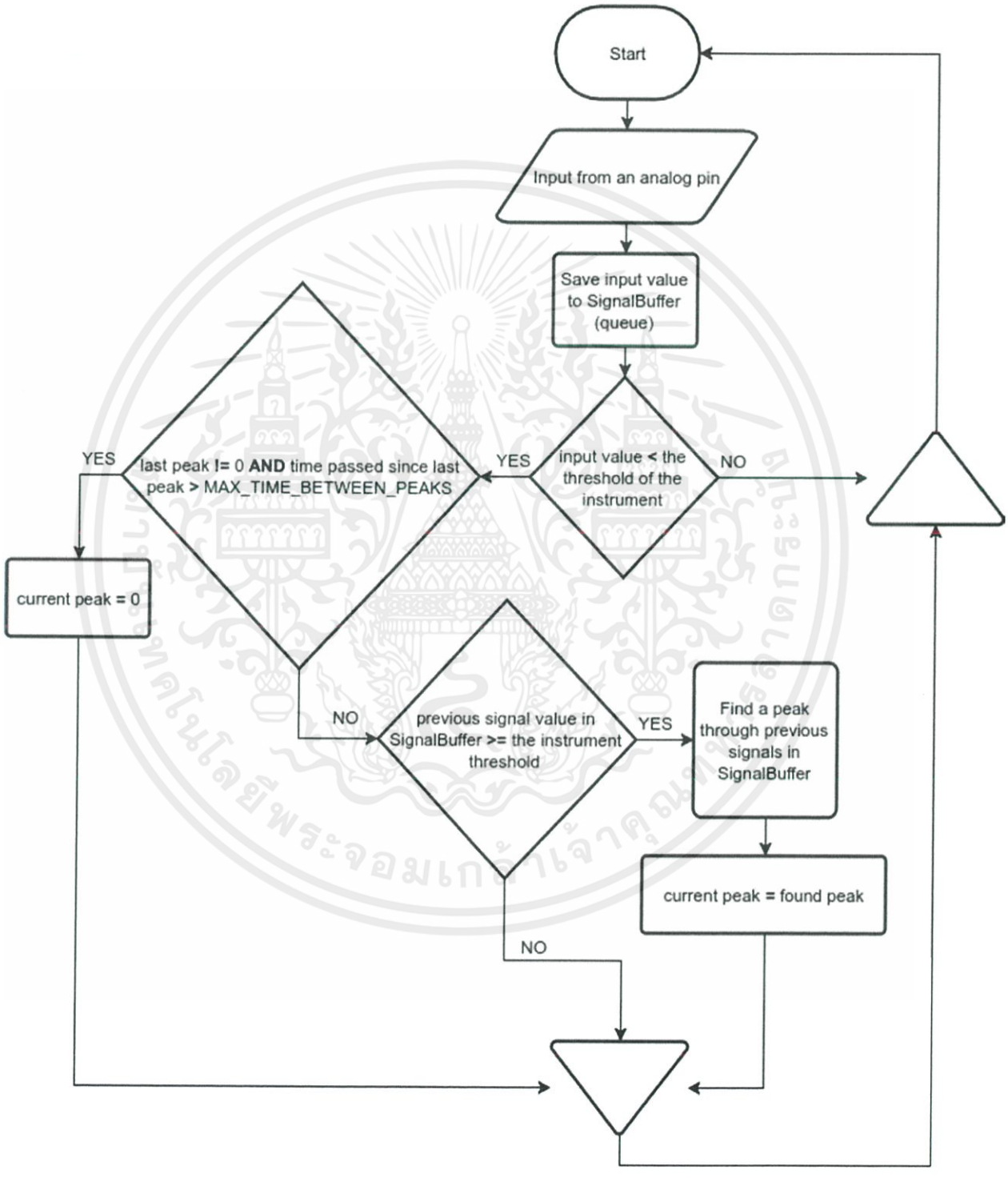


รูปที่ 3.10 รูปกราฟ +V และการแสดงช่วง Peak ของ Amplitude ใน Processing the piezo signal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

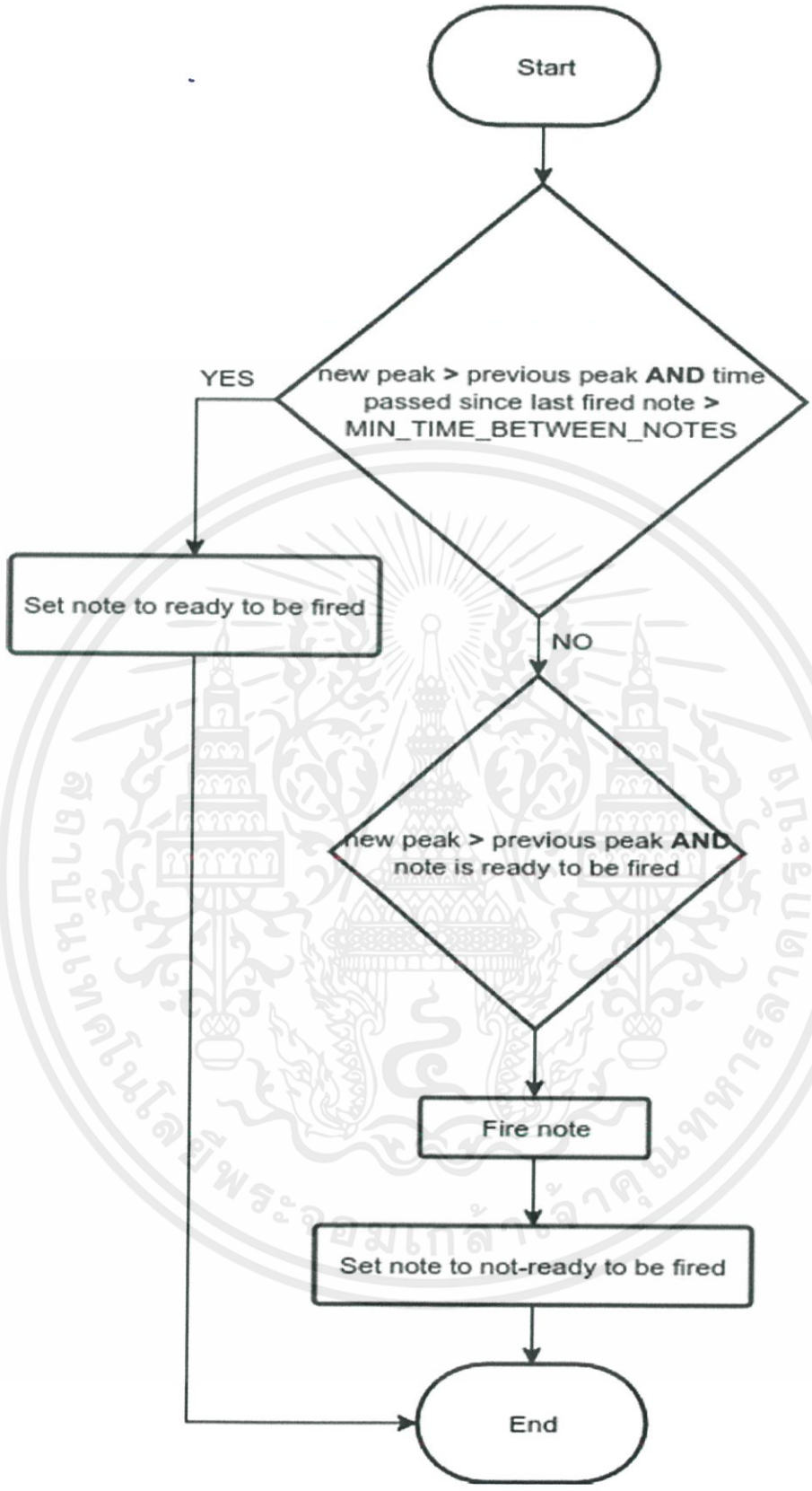
3.5 การเขียนโปรแกรม

ในการเขียนโปรแกรม Arduino จำเป็นต้องทราบ Language Reference ของ Arduino ก่อน ซึ่งจะสามารถอธิบายตามโค้ดของวงจรกลอง Musical Instrument Digital Interface Drum ได้ดัง Flowchart ข้างต้นนี้ และโค้ดทั้งหมดของวงจรจะบรรยายไว้ในภาคผนวก



รูปที่ 3.11 Flowchart แสดงหลักการทำงานรวมของวงจร Musical Instrument Digital Interface Drum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 Flowchart แสดงหลักการทำงานวนลูป ของการยิงโน้ตหรือส่งผลลัพธ์จนจบขั้นตอนของวงจร Musical Instrument Digital Interface Drum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

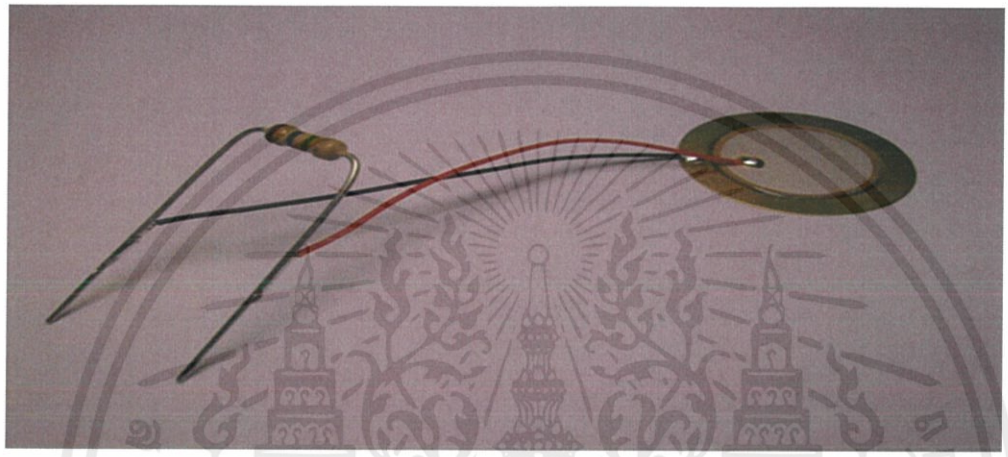
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบการทำงานของพอร์ทเอาต์พุต

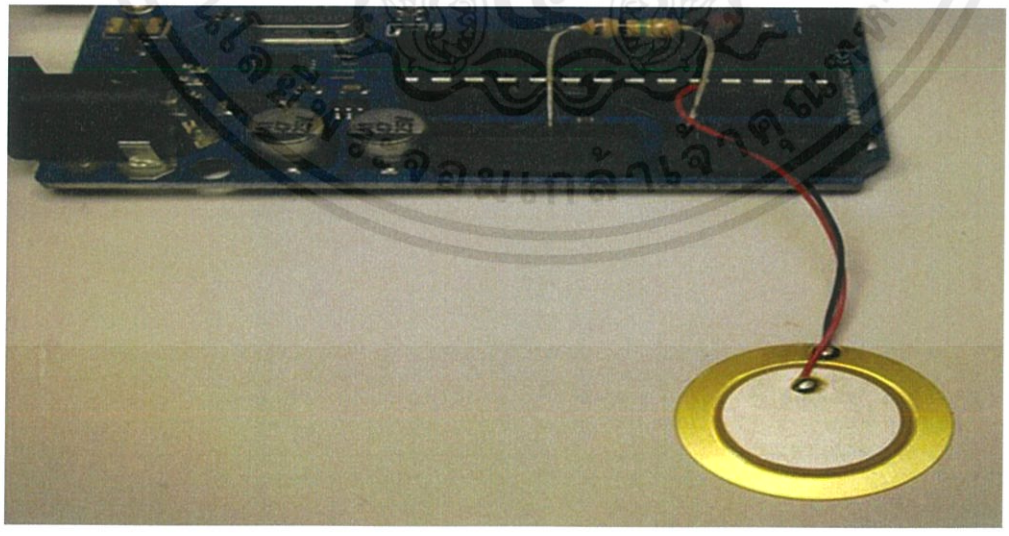
<u>วิธีการทดสอบ</u>

ทำการทดสอบโดยการ นำ Piezoelectric Sensor มาต่อ ขนานกับตัวต้านทาน 1M โอห์ม ดังรูป



รูปที่ 4.1 Piezoelectric Sensor มาต่อขนานกับตัวต้านทาน 1M โอห์ม

จากนั้น เราจะเลือกให้ อนาล็อก A0 ทำงาน โดยการเชื่อมต่อ Arduino ใช้ตัวต้านทาน 1M โอห์ม ต่อคร่อมระหว่าง ช่อง อนาล็อก A0 กับ GND เพื่อให้จอแสดงผลค่าเอาต์พุต เป็น 0 ทั้งหมด และเมื่อต่อเสร็จดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 Piezoelectric Sensor ที่ต่อขนานกับตัวต้านทาน นำมาต่อคร่อมระหว่าง A0 กับ GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมา ทำการเขียนโค้ดเบื้องต้น โดยรายละเอียดการทำงานของโค้ดจะเริ่มต้นจาก วงจรนี้จะเป็นการช่วยรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้สายอนาล็อกจากตอนแรกที่เป็น 0 โวลต์ คงที่ จนกระทั่ง Piezoelectric Sensor เกิดการสั่นสะเทือน เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะสามารถอ่านค่า แรงดันไฟฟ้าในแบบอนาล็อกเส้นศูนย์ได้ โดยเป็นผลมาจาก Piezoelectric Sensor ที่ต่อขนานกับตัวต้านทาน โดย Piezoelectric Sensor จะสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้า ให้มีค่าสูงขึ้นและจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าลดลงเรื่อยๆเนื่องจาก ผลของตัวต้านทานที่ต่อขนาน ซึ่งจะใช้โค้ดดังนี้ เพื่อให้ค่าเอาต์พุต เป็น 0 ทั้งหมด

```
#define DRUM1 0    // Our analog pin

byte val = 0;      // Initializing the variable for the voltage value

void setup()

{

 Serial.begin(9600);  // Initializing the serial port at 9600 baud

}

void loop()

{

val = analogRead(DRUM1);  // Read the voltage

Serial.println(val, DEC); // Print the voltage to the terminal

}
```

เมื่อเขียนโค้ดเสร็จแล้ว นำโค้ดไปโปรแกรมค่าลงตัว Arduino หลังจากนั้นตรวจสอบว่ามีการตั้งค่า Baud rate 9600 เมื่อเสร็จเรียบร้อยจะได้ผลตามรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงผล Voltage ที่ ช่องอนาล็อก A0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบการทำงานของ Piezoelectric Sensor

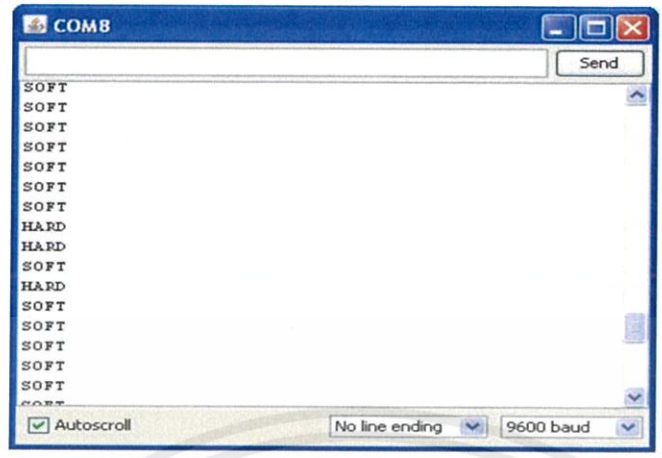
วิธีการทดสอบ

ทำการทดลองโดยการตั้งค่า threshold ค่าหนึ่ง เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของตัว Piezoelectric Sensor เมื่อ Piezoelectric Sensor เกิดการสั่นสะเทือนเกินจากค่า threshold ที่ตั้งไว้ จะให้แสดงผลเอาต์พุต ออกเป็น Hard และเมื่อการสั่นสะเทือนไม่ถึงค่า threshold จะให้ผลเอาต์พุต ออกเป็น Soft โดยใช้โค้ดดังต่อไปนี้

```
#define DRUM1 0
#define THRESHOLD 200
byte val = 0;
void setup()
{
Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
val = analogRead(DRUM1);
if(val > THRESHOLD) { Serial.println("HARD"); }
else if(val > 0) { Serial.println("SOFT"); }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเขียนโค้ดเสร็จแล้ว นำโค้ดไปโปรแกรมค่าลงตัว Arduino สังเกตผลที่เอาต์พุต ดังรูปที่ 4.4

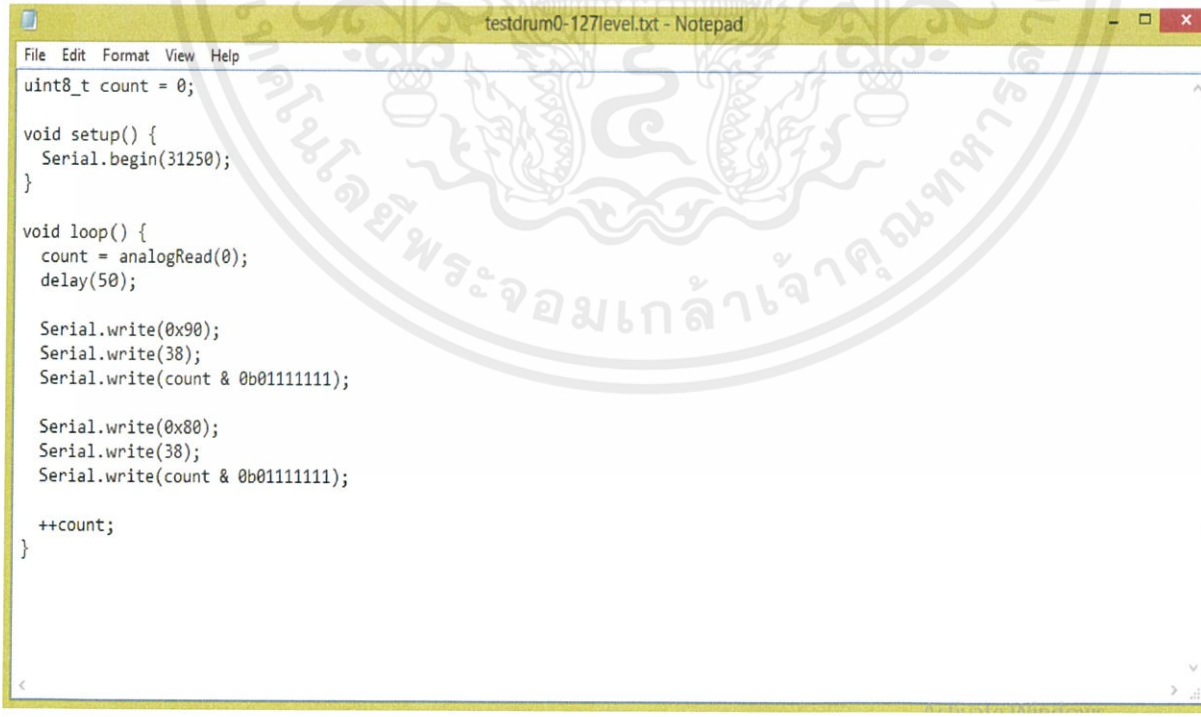


รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลการทำงานเปรียบเทียบค่า Hard – Soft

4.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบระดับความดัง-เบาของกลอง

<u>วิธีการทดสอบ</u>

ทำการวัดระดับความดัง-เบาของกลอง ตั้งแต่เบาสุดที่ 0-127 ระดับที่ดังสูงสุด คือเขียนโค้ดเพื่อทดสอบเสียง ปรากฏว่าเสียงที่ทดสอบได้คือระดับ 0 เบาสุดซึ่งหูเราจะไม่ได้ยินเสียงและค่อยๆเพิ่มความดังดังขึ้นเรื่อยๆจนหูเราสามารถบอกได้ว่า มีเสียงที่ดังเพิ่มขึ้นจริง แต่หูไม่สามารถบอกระดับความดัง-เบาได้ จึงพิสูจน์ด้วยโค้ดข้างต้นนี้



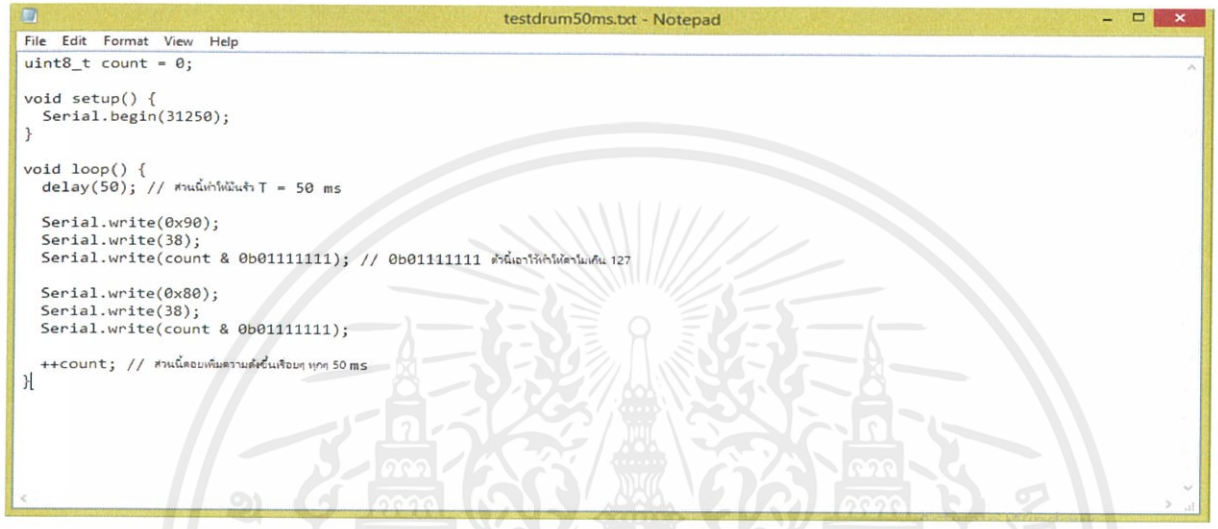
รูปที่ 4.5 โค้ดทดสอบระดับความดัง-เบาของกลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 4 ทดสอบความเร็วในการตอบสนองของกลอง

วิธีการทดสอบ

ทำการทดสอบความเร็วในการตอบสนองของกลอง โดยการเขียนโค้ดทดสอบ พบว่าเสียงที่ได้มีการตอบสนองที่ดี คือสามารถออกด้วยความเร็ว 50 ms ต่อครั้ง ตามโค้ดที่ใส่ เราทดสอบโค้ดนี้เพื่อเป็นการบอกว่า Arduino สามารถประมวลค่าความถี่ได้เร็วแค่ไหน



รูปที่ 4.6 โค้ดทดสอบความเร็วในการตอบสนองของกลอง

4.5 การทดลองที่ 5 ทดสอบระดับเสียงเดซิเบลจากเครื่องวัดเดซิเบลแบบดิจิตอล

วิธีการทดสอบ

ใช้เครื่องวัดเดซิเบลแบบดิจิตอลในการวัดระดับเสียงต่างๆ คือ เบา กลาง หนัก ทดสอบโดยการตีที่หน้ากลองแต่ละเสียงทั้ง 5 เสียง พบว่ามีระดับเสียงที่ต่างกัน ผลที่ได้ดังตาราง

เสียง / ระดับการตี	Snare	Tom	L-Hi Hat	R-Hi Hat	Kick
เบา	62.0	55.5	64.5	84.5	59.0
กลาง	73.0	64.0	74.5	86.0	60.5
หนัก	88.0	76.0	90.0	91.0	78.0

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการทดสอบระดับเสียงเดซิเบลจากเครื่องวัดเดซิเบลแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลของโครงงาน

5.1 บทสรุป

จากการทดลอง เป็นการนำเสนอชิ้นงานการออกแบบการเชื่อมต่อสัญญาณแบบดิจิตอลกับกลอง โดยใช้เซนเซอร์รับการสั่นสะเทือน Piezoelectric Sensor ที่กลองส่งมายังตัว Arduino ซึ่งตัว Arduino จะทำหน้าที่บันทึกค่าและแปลงรหัสเป็นสัญญาณดนตรีแบบดิจิตอล หรือเรียกว่า MIDI Code จากตารางโค้ด Drum General MIDI และส่งไปยังเครื่องซินธิไซเซอร์ ทาง MIDI Port Output เพื่อถอดรหัสเป็นเสียงดนตรีให้ได้ตามเสียงที่ต้องการและการกำหนดโค้ดเสียงที่ใช้งานคือ 38 Snare, 45 Tom-left ,46 Hi-hat1 ,36 Bass ดังนี้ โดยผลที่ได้คือ สามารถแสดงเป็นเสียงกลองได้ 5 แบบ มีการตอบสนองของกลองที่ 50 ms ต่อครั้ง และมีระดับความดังของเสียงได้ 128 ระดับ

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

จากการทดลอง พบปัญหาในด้านเสียงกลองที่ออกมา คือมีเสียงออกที่สั่นรัว หลายเสียงตีกัน ในขณะที่ยังไม่มีการตีลงบนหน้า Drum Pads จึงทำการแก้ไขโค้ดโดย เพิ่มและลด ค่า threshold ในแต่ละ MIDI Code ให้มีค่าที่ต่างกัน และมีค่าที่ให้เสียงที่ไม่สั่นสะเทือนมากจนเกินไปทั้งขณะที่ตีและยังไม่ได้ตี ลงบน Drum Pads มีการทดสอบการแก้ไขหลายครั้ง จนได้ ค่า threshold ที่แน่นอน พร้อมปรับปรุงไม่ให้เสียงที่ออกทาง MIDI Port Output ออกมาตีกันและให้เสียงออกตามที่เราตีบนหน้า Drum Pads ตามจังหวะการสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] David Miles Huber, The MIDI Manual (Third Edition)

A Practical Guide to MIDI in the Project Studio

[2] Joseph Akins, "The MIDI Professor" (Secound Edition)

Fundamentals of Synthesizer Programming

[3] Stewart Sherrit, Binu K. Mukherjee, Characterization of Piezoelectric

Materials for Transducers

[4] Delmars,Standard Textbook of Electricity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

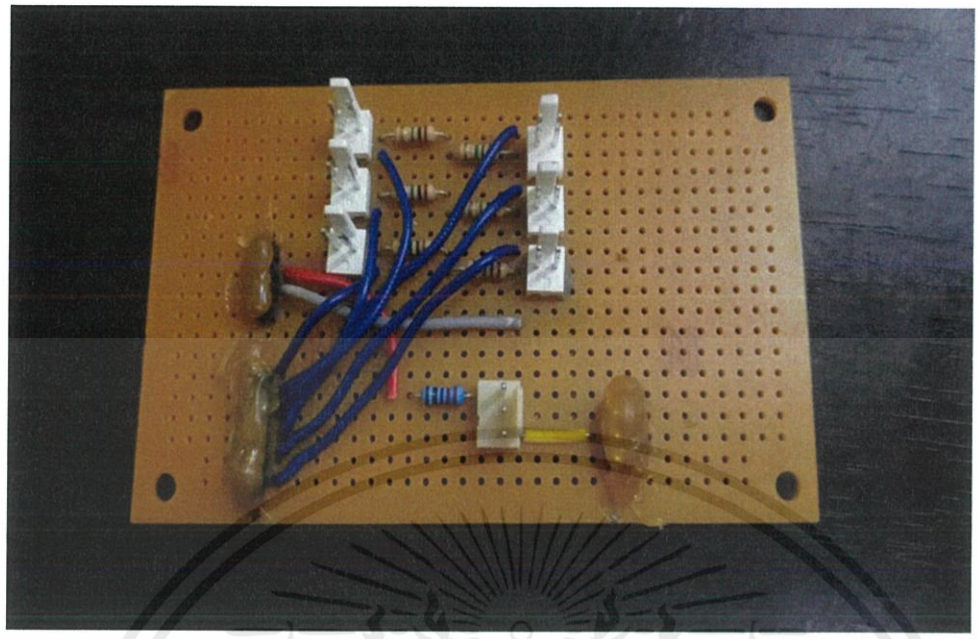
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

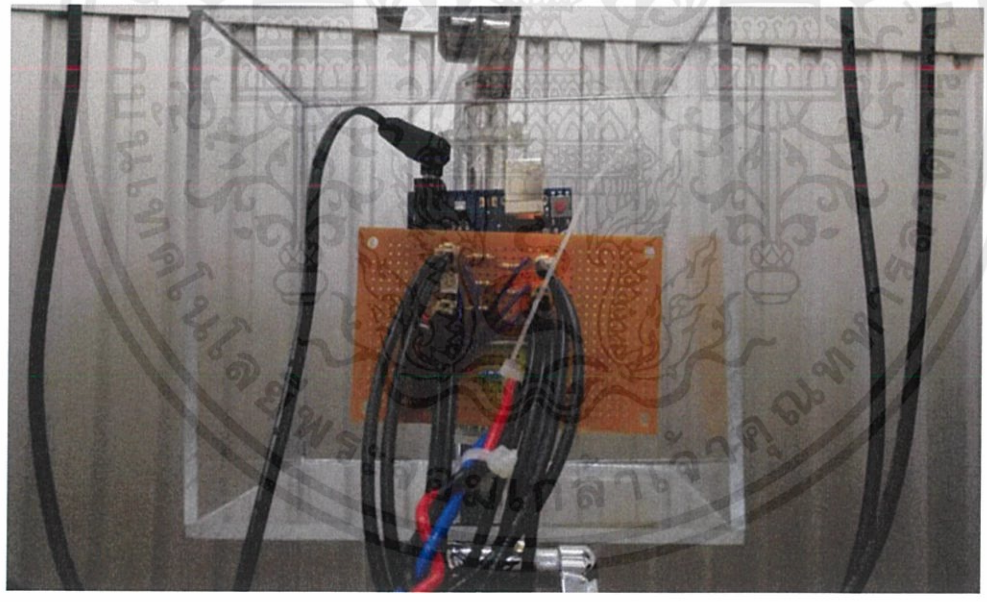
ภาพเครื่อง MIDI Synthesizer หรือ เครื่องสังเคราะห์เสียงที่ใช้ในโปรเจค Musical Instrument Digital Interface Drum รุ่น Roland Sound Canvas SC-88vl

ภาพชิ้นงาน Musical Instrument Digital Interface Drum เมื่อต่อซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ทั้งสองพาร์ท เข้าด้วยกันอย่างเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพวงจรการทำงานของ Musical Instrument Digital Interface Drum หรือ (MIDI Drum) ซึ่งประกอบไปด้วย พาร์ท Piezoelectric Sensor และ พาร์ท MIDI Output



ภาพเมื่อนำวงจรมาประกบกับ Arduino และมาประกอบติดกับกล่องอะคริลิคใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code ที่ใช้ในวงจร Musical Instrument Digital Interface Drum คือดังนี้

```
#define NUM_PIEZOS 6

#define SNARE_THRESHOLD 20
#define LTOM_THRESHOLD 30
#define RTOM_THRESHOLD 30
#define LCYM_THRESHOLD 80
#define RCYM_THRESHOLD 80
#define KICK_THRESHOLD 20
#define START_SLOT 0

#define SNARE_NOTE 38
#define LTOM_NOTE 43
#define RTOM_NOTE 45
#define LCYM_NOTE 46
#define RCYM_NOTE 49
#define KICK_NOTE 36

#define NOTE_ON_CMD 0x90
#define NOTE_OFF_CMD 0x80
#define MAX_MIDI_VELOCITY 127
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define SERIAL_RATE 31250

#define SIGNAL_BUFFER_SIZE 100
#define PEAK_BUFFER_SIZE 30
#define MAX_TIME_BETWEEN_PEAKS 20
#define MIN_TIME_BETWEEN_NOTES 50

unsigned short slotMap[NUM_PIEZOS];

unsigned short noteMap[NUM_PIEZOS];

unsigned short thresholdMap[NUM_PIEZOS];

short currentSignalIndex[NUM_PIEZOS];
short currentPeakIndex[NUM_PIEZOS];
unsigned short signalBuffer[NUM_PIEZOS][SIGNAL_BUFFER_SIZE];
unsigned short peakBuffer[NUM_PIEZOS][PEAK_BUFFER_SIZE];

boolean noteReady[NUM_PIEZOS];
unsigned short noteReadyVelocity[NUM_PIEZOS];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
boolean isLastPeakZeroed[NUM_PIEZOS];


unsigned long lastPeakTime[NUM_PIEZOS];

unsigned long lastNoteTime[NUM_PIEZOS];


void setup()

{

  Serial.begin(SERIAL_RATE);


  for(short i=0; i<NUM_PIEZOS; ++i)

  {

    currentSignalIndex[i] = 0;

    currentPeakIndex[i] = 0;

    memset(signalBuffer[i],0,sizeof(signalBuffer[i]));

    memset(peakBuffer[i],0,sizeof(peakBuffer[i]));

    noteReady[i] = false;

    noteReadyVelocity[i] = 0;

    isLastPeakZeroed[i] = true;

    lastPeakTime[i] = 0;

    lastNoteTime[i] = 0;

    slotMap[i] = START_SLOT + i;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }


    thresholdMap[0] = KICK_THRESHOLD;
    thresholdMap[1] = RTOM_THRESHOLD;
    thresholdMap[2] = RCYM_THRESHOLD;
    thresholdMap[3] = LCYM_THRESHOLD;
    thresholdMap[4] = SNARE_THRESHOLD;
    thresholdMap[5] = LTOM_THRESHOLD;


    noteMap[0] = KICK_NOTE;
    noteMap[1] = RTOM_NOTE;
    noteMap[2] = RCYM_NOTE;
    noteMap[3] = LCYM_NOTE;
    noteMap[4] = SNARE_NOTE;
    noteMap[5] = LTOM_NOTE;
}


void loop()
{
  unsigned long currentTime = millis();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for(short i=0; i<NUM_PIEZOS; ++i)
{
  unsigned short newSignal = analogRead(slotMap[i]);
  signalBuffer[i][currentSignalIndex[i]] = newSignal;

  if(newSignal < thresholdMap[i])
  {
    if(!isLastPeakZeroed[i] && (currentTime - lastPeakTime[i]) > MAX_TIME_BETWEEN_PEAKS)
    {
      recordNewPeak(i,0);
    }
    else
    {
      short prevSignalIndex = currentSignalIndex[i]-1;
      if(prevSignalIndex < 0) prevSignalIndex = SIGNAL_BUFFER_SIZE-1;
      unsigned short prevSignal = signalBuffer[i][prevSignalIndex];

      unsigned short newPeak = 0;

      while(prevSignal >= thresholdMap[i])
      {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if(signalBuffer[i][prevSignalIndex] > newPeak)
        {
          newPeak = signalBuffer[i][prevSignalIndex];
        }

        prevSignalIndex--;
        if(prevSignalIndex < 0) prevSignalIndex = SIGNAL_BUFFER_SIZE-1;
        prevSignal = signalBuffer[i][prevSignalIndex];
      }

      if(newPeak > 0)
      {
        recordNewPeak(i, newPeak);
      }
    }

  }

  currentSignalIndex[i]++;
  if(currentSignalIndex[i] == SIGNAL_BUFFER_SIZE) currentSignalIndex[i] = 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

void recordNewPeak(short slot, short newPeak)
{
  isLastPeakZeroed[slot] = (newPeak == 0);

  unsigned long currentTime = millis();
  lastPeakTime[slot] = currentTime;

  peakBuffer[slot][currentPeakIndex[slot]] = newPeak;

  short prevPeakIndex = currentPeakIndex[slot]-1;
  if(prevPeakIndex < 0) prevPeakIndex = PEAK_BUFFER_SIZE-1;
  unsigned short prevPeak = peakBuffer[slot][prevPeakIndex];

  if(newPeak > prevPeak && (currentTime - lastNoteTime[slot])>MIN_TIME_BETWEEN_NOTES)
  {
    noteReady[slot] = true;
    if(newPeak > noteReadyVelocity[slot])
      noteReadyVelocity[slot] = newPeak;
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    else if(newPeak < prevPeak && noteReady[slot])
    {
      noteFire(noteMap[slot], noteReadyVelocity[slot]);
      noteReady[slot] = false;
      noteReadyVelocity[slot] = 0;
      lastNoteTime[slot] = currentTime;
    }

    currentPeakIndex[slot]++;
    if(currentPeakIndex[slot] == PEAK_BUFFER_SIZE) currentPeakIndex[slot] = 0;
}

void noteFire(unsigned short note, unsigned short velocity)
{
  if(velocity > MAX_MIDI_VELOCITY)
     velocity = MAX_MIDI_VELOCITY;

  midiNoteOn(note, velocity);
  midiNoteOff(note, velocity);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void midiNoteOn(byte note, byte midiVelocity)
{
  Serial.write(NOTE_ON_CMD);
  Serial.write(note);
  Serial.write(midiVelocity);
}

void midiNoteOff(byte note, byte midiVelocity)
{
  Serial.write(NOTE_OFF_CMD);
  Serial.write(note);
  Serial.write(midiVelocity);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้