การสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล

MIDI Controller

กษิดิศ วัชระสุขโพธิ์
คมเดช อุดมพุทธชาติ
จักรพงษ์ จันดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

การสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล

MIDI Controller

กษิดิศ วัชระสุขโพธิ์

คมเดช อุดมพุทธชาติ

จักรพงษ์ จันดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

MIDI Controller

Kasidit Vatcharasukpo

Komdech Udomputtachat

Jukkrapong Jundee

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล

MIDI Controller

ผู้จัดทำ	นายกษิดิศ	วัชระสุขโพธิ์	52010037
	นายคมเดช	อุดมพุทธชาติ	52010119
	นายจักรพงษ์	จันดี	52010139

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล

โดย

นายกษิดิศ วัชระสุขโพธิ์ 52010037

นายคมเดช อุดมพุทธชาติ 52010119

นายจักรพงษ์ จันดี 52010139

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์

ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล โดยการสร้างกลองไฟฟ้าจากแผ่นเปียโซอิเล็กทริคเป็นตัวรับแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากการตีบนหนังกลอง แล้วแปลงสัญญาณนั้นเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ได้เป็นสัญญาณข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลซึ่งใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมตัวควบคุมการแปลงสัญญาณ จากการทดลองพบว่าสามารถใช้โปรแกรมทางดนตรีบนคอมพิวเตอร์สร้างเสียงสังเคราะห์จากข้อมูลมิดิที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIDI Controller

By

Mr. Kasidit Vatcharasukpo 52010037

Mr. Komdech Udomputtachat 52010119

Mr. Jukkrapong Jundee 52010139

Advisor

Asst.Prof.Dr.Kongsak Anuntahirunrat

Academic Year 2012

ABSTRACT

This project studied MIDI Controlling Process by making electrical drum using piezoelectric receive force and vibration from drum and convert it to electrical signal. These signals are converted by microcontroller which control input and output signal by using C programming. The output signals from microcontroller are music instrument digital interface or MIDI. The results show that MIDI generated by microcontroller can be used with common music application to create synthesis sound.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับการช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผศ.ดร. คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและได้กรุณาให้คำแนะนำที่ดี รวมทั้งคอยสนับสนุนห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ต่างๆในการทำโครงงานมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น และผศ.สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและแนะนำ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อโครงงานเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ผู้จัดทำ ซึ่งผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจ คอยกระตุ้นการทำงาน ให้คำปรึกษาสำหรับเรื่องเล็กๆน้อยๆ รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ให้การสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่ทำให้โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้

นายกษิดิศ วัชระสุขโพธิ์

นายคมเดช อุดมพุทธชาติ

นายจักรพงษ์ จันดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน	2
1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล หรือ มิดิ	3
2.1.1 ระบบมิดิ มาตรฐาน GM	3
2.1.2 ระบบมิดิ มาตรฐาน GS	4
2.1.3 หลักการทำงานของระบบมิดิ	5
2.1.4 การทำงานของโปรแกรม MIDIYork	5
2.2 เปียโซอิเล็กทริค	6
2.2.1 ประวัติความเป็นมาของเปียโซอิเล็กทริก	6
2.2.2 ปรากฏการณ์ Piezoelectricity	7
2.3 ใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)	9
2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ด	9
2.3.2 โครงสร้างบอร์ด ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)	10
2.3.3 การพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)	11
2.3.4 คำสั่งพื้นฐานภาษา C Arduino	11
2.4 การเชื่อมต่อสัญญาณมิดิกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Serial – MIDI Converter	13
2.4.1 ข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม Serial – MIDI Converter	13
2.4.2 หลักการทำงานของโปรแกรม Serial – MIDI Converter	14
2.4.3 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Serial – MIDI Converter	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 หลักการออกแบบการทำงาน	15
3.1 ภาพรวมของการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล	15
3.2 ส่วนรับสัญญาณ	16
3.3 ส่วนประมวลผล	21
3.3.1 วงจรปรับสัญญาณ	21
3.3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	23
3.3.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์	25
3.4 ส่วนส่งสัญญาณ	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง	27
4.1 ส่วนรับสัญญาณ	27
4.2 ส่วนประมวลผล	28
4.2.1 ผลการทดลองจากวงจรปรับสัญญาณ	28
4.2.2 ผลการทดลองจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	29
4.2.3 ผลการทดลองสร้างโปรแกรมควบคุมด้วยภาษา C Arduino	30
4.2.4 ผลการทดลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์	31
4.3 ส่วนส่งสัญญาณ	31
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	32
5.1 สรุปผลการทดลอง	32
5.1.1 สรุปผลการทดลองส่วนรับสัญญาณ	32
5.1.2 สรุปผลการทดลองส่วนประมวลผล	32
5.1.3 สรุปผลการทดลองส่วนส่งสัญญาณ	32
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข	33
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อ	33
ภาคผนวก ก รูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน	35
ภาคผนวก ข เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	37
ข.1 เอกสารคู่มือการใช้ LM324	38
ข.2 เอกสารคู่มือการใช้ Piezo Element	41
ภาคผนวก ค โปรแกรมแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล	43
เอกสารอ้างอิง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงปรากฏการณ์ Piezoelectricity	7
รูปที่ 2.2 แสดงการ Poling of Piezoelectric Ceramics	7
รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของบอร์ด ET-EASY MEGA 1280 (Duino Mega)	10
รูปที่ 2.4 รูปแสดงโครงสร้างของภาษาซี	11
รูปที่ 2.5 แสดงหลักการทำงานของ โปรแกรม Serial – MIDI Converter	14
รูปที่ 3.1 แสดงผังการทำงานของการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล	15
รูปที่ 3.2 การออกแบบชุดกลองเทียบกับกลองจริง	16
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการออกแบบอุปกรณ์รับแรงจากหน้ากลอง	17
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการออกแบบอุปกรณ์รับแรงบริเวณขอบ	17
รูปที่ 3.5 การออกแบบฉาบเทียบกับฉาบจริง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 33.5 ซม.	17
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการออกแบบชุดทองเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 33.5 ซม.	18
รูปที่ 3.7 การออกแบบฉาบเทียบกับฉาบจริง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม. และ 15 ซม.	18
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการออกแบบชุดทองเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม. และ 15 ซม.	18
รูปที่ 3.9 การออกแบบกลองเทียบกับกลองใหญ่จริง	19
รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการออกแบบอุปกรณ์รับแรงจากหน้ากลอง	19
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการออกแบบขาตั้งกลอง	20
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการออกแบบส่วนรับที่เสร็จสมบูรณ์	20
รูปที่ 3.13 วงจรปรับสัญญาณ	22
รูปที่ 3.14 แผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	23
รูปที่ 3.15 แผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์	25
รูปที่ 3.16 โปรแกรม Cubase พร้อมโปรแกรมเสริม EZDrum	26
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าแรงดันที่ได้จากอุปกรณ์รับแรง	27
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าแรงดันที่ได้จากวงจรปรับสัญญาณ	28
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงสัญญาณดิจิตอลจากขา Rx Tx	29
รูปที่ 4.4 รูปแสดงการประมวลผลของโปรแกรม Arduino 1.0.1	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันเสียงดนตรีกลายมาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของมนุษย์ และมีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองทางด้านอารมณ์และความรู้สึก ซึ่งเกิดจากเครื่องดนตรีหลากหลายประเภท ซึ่งให้เสียงที่มีความแตกต่างกัน ตามหน้าที่การใช้งาน ซึ่งอุปกรณ์ดนตรีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันมีราคาแพงมาก ดังนั้นถ้ามีอุปกรณ์เครื่องดนตรีที่มีราคาถูก สามารถใช้งานได้ง่าย ให้เสียงหลากหลายก็จะสะดวกยิ่งขึ้น โครงงานนี้จึงเกิดขึ้น เพื่อทำการศึกษาและประยุกต์

ใช้ตัวเชื่อมต่อสัญญาณข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลระหว่างเครื่องดนตรีที่เรียกว่า ข้อมูลมิดิ(MIDI) โดยใช้แผ่นเปียโซอิเล็กตริกเป็นตัวรับแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากการตีบนหนังกลองแล้วแปลงสัญญาณนั้นเป็นสัญญาณไฟฟ้า และใช้บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ได้มาโดยใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมควบคุม โดยสัญญาณขาออกเป็นเสียงสัญญาณข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลหรือมิดิจากตารางเสียงมาตรฐาน GM GS XG ที่ถูกเก็บไว้ในอุปกรณ์กำเนิดเสียงชนิดหนึ่งที่สามารถเล่นเสียงได้

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการทำงานและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ดนตรีแบบดิจิตอล
2. เพื่อศึกษาการทำงานของแผ่นเปียโซอิเล็กตริกที่ใช้รับแรงสั่นสะเทือนในด้านสัญญาณขาเข้า และศึกษาการควบคุมเสียงทางด้านสัญญาณขาออก โดยมีบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวประมวลผลในการแปลงสัญญาณ
3. เพื่อลดงบประมาณในการทำกลองอิเล็กทรอนิกส์ให้น้อยลงกว่าปกติ
4. ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางต่อผู้ที่สนใจจะประยุกต์ใช้กับเครื่องดนตรีชนิดอื่น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ออกแบบและสร้างโครงสร้างกลองอิเล็กทรอนิกส์
2. ออกแบบอุปกรณ์รับแรงบนกลองอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้แผ่นเปียโซอิเล็กทริคที่ใช้รับแรงสั่นสะเทือนในด้านสัญญาณขาเข้า
3. ออกแบบการควบคุมเสียงทางด้านสัญญาณขาออก โดยมีบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวประมวลผลในการแปลงสัญญาณศึกษาเพื่อเป็นแนวทางต่อผู้ที่สนใจจะประยุกต์ใช้กับเครื่องดนตรีชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน

ในการทำโครงงานชิ้นนี้ จำเป็นที่จะต้องศึกษาเรียนรู้ถึงหลักการทำงานและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถออกแบบและสร้างกลองไฟฟ้าที่มีต้นทุนที่ต่ำลงแต่ยังมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยใช้อุปกรณ์หลักคือเปียโซอิเล็กทริคเป็นเซ็นเซอร์รับแรงตีบนกลองจากนั้นเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแปลงสัญญาณดังกล่าวให้เป็นข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลหรือข้อมูลมิดิ แล้วส่งต่อข้อมูลมิดิสู่คอมพิวเตอร์เพื่อแปลงเป็นเสียงสังเคราะห์ต่อไป

หลังจากทำการศึกษาในทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องแล้วจึงทำการทดลองสร้างกลองอิเล็กทรอนิกส์ตามหลักการที่ได้ศึกษา ซึ่งรายละเอียดของผลการทดลองจะได้กล่าวในบทต่อไป

1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์ ขอบเขตของการศึกษา ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน รวมไปถึงรายละเอียดปริญญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีของการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลหรือมิดิและแผ่นเปียโซอิเล็กทริค รวมถึงข้อมูลบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และการเชื่อมต่อข้อมูลมิดิกับคอมพิวเตอร์

บทที่ 3 หลักการออกแบบการทำงาน กล่าวถึง โครงสร้างของตัวกลองไฟฟ้า และรายละเอียดในส่วนของวงจรและโปรแกรม เพื่อควบคุมการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล

บทที่ 4 ผลการทดลอง กล่าวถึง การทดลองควบคุมการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลที่ได้จากกลองไฟฟ้า การแปลงสัญญาณเป็นข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลหรือข้อมูลมิดิ

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง กล่าวถึง การสรุปการทำงานของระบบ ปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางแก้ไขและแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงต่อไป

ภาคผนวก ก. รูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน

ภาคผนวก ข. เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง

ภาคผนวก ค. โปรแกรมแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

การทำงานของการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล(Musical Instrument Digital Interface) ในโครงงานนี้จะเชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลระหว่างกลองอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีเซนเซอร์เปียโซสร้างสัญญาณเมื่อกลองถูกตี และส่งสัญญาณนั้นไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลสัญญาณที่รับและส่งสัญญาณที่ประมวลผลแล้วให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อสังเคราะห์เป็นเสียงดนตรี ในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน คือ มิดิหรือการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล แผ่นเปียโซอิเล็ก-ทริค บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega) และการเชื่อมต่อสัญญาณมิดิกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Serial – MIDI Converter

2.1 การสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล หรือ มิดิ

การสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล หรือ มิดิ (Music Instrument Digital Interface: MIDI) เป็นโพรโทคอลมาตรฐานที่คิดค้นขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2525 โดยเป็นระบบการติดต่อสื่อสารทางดนตรี ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางดนตรี เช่น คอมพิวเตอร์ ซินธิไซเซอร์ ซีเควนเซอร์ ซาวด์โมดูล แซมเพลอร์ ซึ่งใช้สัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอล ในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ โดยจะมีความหมายเป็นโน้ตดนตรี และค่าการควบคุมลักษณะเสียงต่างๆ

ไฟล์มิดิ ไม่ได้มีการเก็บเสียงดนตรีใดๆไว้เหมือนอย่างเทปเพลงหรือซีดีเพลง ข้อมูลทั้งหมดจะอยู่ในรูปของคำสั่งที่จะไปสั่งเครื่องดนตรีว่าให้กำเนิดเสียงโน้ตตัวใด (Note ON) ด้วยระดับความดังแค่ไหน (Velocity) และคำสั่งอื่นๆ ตามคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องดนตรีแต่ละชนิด ด้วยเหตุที่เป็นไฟล์คำสั่งนี่เองทำให้มันมีขนาดที่เล็กมากๆ แผ่นดิสก์ 3.5 นิ้วเพียงแผ่นเดียวก็สามารถเก็บไฟล์มิดิได้หลายสิบเพลง และจากความที่มันเป็นไฟล์คำสั่งแบบดิจิตอลนี่เอง นักคอมพิวเตอร์จึงสามารถนำข้อมูลดิจิตอลนี้มาพัฒนาด้วย จนในที่สุดทั้งคอมพิวเตอร์และเครื่องดนตรีก็สื่อสารกันได้อย่างสมบูรณ์โดย ผ่านระบบมิดินี่เอง

2.1.1 ระบบมิดิ มาตรฐาน GM

ประมาณปีพ.ศ. 2526 ระบบมิดิได้ทำให้การสื่อสารระหว่างเครื่องดนตรีต่างๆรวมไปถึงกับคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ง่ายขึ้น แต่เนื่องจากในเวลานั้นบริษัทที่ผลิตเครื่องดนตรีต่างมุ่งหน้าพัฒนาแต่ระบบของตัวเองให้มีความสามารถก้าวล้ำนำหน้าบริษัทคู่แข่งให้มากที่สุดเท่าที่เทคโนโลยีขณะนั้นจะอำนวย ทำให้เกิดผลเสียต่อวงการดนตรีเป็นอย่างมากเพราะถ้าลองได้เลือกใช้เครื่องดนตรีของบริษัทใดบริษัทหนึ่งแล้วก็ไม่สามารถที่จะนำเครื่องดนตรีของบริษัทอื่นมาร่วมใช้งานผ่านระบบเดียวกันได้อีก เพราะต่างคนต่างก็มีรูปแบบในการคิดค้นและใช้งานคำสั่งต่างๆที่ไม่เหมือนกัน กล่าวคือหากใช้งานระบบมิดิก็จะไม่สามารถไปใช้เครื่องดนตรีผสมกันระหว่างหลายๆบริษัทได้เพราะว่ามาตรฐานคำสั่งต่างๆยังไม่มี จนกระทั่งในปีพ.ศ. 2534 ได้มีการประกาศใช้มาตรฐานเกี่ยวกับระบบมิดิ รูปแบบแรกออกมาโดยมีชื่อเรียกว่า The General MIDI System Level 1 หรือเรียกกันทั่วไปว่า GM Format อันเกิดจากความร่วมมือระหว่างกลุ่มทางประเทศญี่ปุ่นที่เรียกตัวเองว่า Japanese MIDI Standards Committee (JMSC) กับกลุ่มทางประเทศอเมริกาที่ชื่อว่า American MIDI Manufacturers Association (MMA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน GM ประกอบด้วยสาระสำคัญคือ มีจำนวนเสียงเครื่องดนตรีที่เก็บเอาไว้ทั้งหมด 128 ชนิด ซึ่งจะรวมทั้งเสียงของเครื่อง ดนตรีจริงๆกับเสียงของเอฟเฟคต์ต่างๆเช่นเสียงปรบมือ เสียงฝนตก ฯลฯเอาไว้ด้วย หมายเลขของเครื่องดนตรีแต่ละชนิดจะ เรียกว่า PATCH โดยจะมีการแบ่ง PATCH ออกเป็นกลุ่มๆ ดังต่อไปนี้

1. PIANO
2. CHROMATIC PERCUSSION
3. ORGAN
4. GUITAR
5. BASS
6. STRINGS
7. ENSEMBLE
8. BRASS
9. REED
10. PIPE
11. SYNTH LEAD
12. SYNTH PAD
13. SYNTH EFFECTS
14. ETHNIC
15. PERCUSSIVE
16. SOUND EFFECTS

โดยในแต่ละกลุ่มยังแบ่งย่อยๆไปอีกกลุ่มละ 8 ชนิด เช่น ในกลุ่มของเปียโน ก็จะมีเสียงของเปียโนชนิดต่างๆอีก 8 ชนิด หรือในกลุ่มของ BRASS ก็ประกอบด้วย ทรัมเป็ต ทรัมโบน และเครื่องเป่าอื่นๆอีกรวม 8 ชนิด เป็นต้น

ในที่สุดเครื่องดนตรีต่างๆทั่วโลกของทุกๆบริษัทผู้ผลิตก็สามารถนำมาผสมผสานกัน เพื่อใช้งานในระบบมิดิโดยใช้มาตรฐาน GM นี้เป็นหลัก นอกจากมาตรฐาน GM นี้จะถูกใช้กับเครื่องดนตรีของบริษัทต่างๆแล้ว ในวงการคอมพิวเตอร์ก็มาร่วมใช้มาตรฐานนี้ด้วยเหมือนกันซึ่งก็คือในส่วนของ ซาวด์การ์ดที่จะต้องระบุมาด้วยว่ารองรับมาตรฐาน GM นี้ด้วย เพราะฉะนั้นไม่ว่าจะสร้างเพลงจาก เครื่องดนตรีแล้วนำมาเล่นในคอมพิวเตอร์ หรือสร้างเพลงจากคอมพิวเตอร์แล้วนำไปเล่นกับเครื่องดนตรี ถ้าอยู่ในมาตรฐาน GM เหมือนกัน เสียงของเครื่องดนตรีแต่ละชนิดก็จะตรงกันอย่างไม่มีปัญหาใดๆ

2.1.2 ระบบมิดิ มาตรฐาน GS

หลังจากมาตรฐาน GM ถูกใช้งานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง บริษัทผู้ผลิตเครื่องดนตรีชื่อว่า ROLAND CORPERATION คิดว่าเสียงของเครื่องดนตรีชนิดต่างๆที่มีอยู่ในมาตรฐานเดิมนั้นไม่พอใช้ จึงได้ทำการเพิ่มเติมเสียงของเครื่องดนตรีบางชนิดเข้าไปกับมาตรฐาน GM อีก โดยใช้ชื่อมาตรฐานใหม่นี้ว่า มาตรฐาน GS ซึ่งยังคงมีกลุ่มเสียงทั้งหมด 16 กลุ่มเท่าเดิม แต่ในแต่ละกลุ่มจะมีเสียงเพิ่มเข้ามาอีก จากเดิม 128 เสียง เพิ่มมาเป็น 189 เสียง

จากความแตกต่างของ GM และ GS นี่เองทำให้เกิดปัญหาเล็กๆตามมา นั่นก็คือหากใครมีเพลงรุ่นใหม่ๆที่สร้างขึ้นภายใต้มาตรฐาน GS แล้ว เมื่อนำไปเล่นกับเครื่องดนตรีหรือคอมพิวเตอร์ที่ใช้มาตรฐาน GM อยู่อาจจะให้เสียงไม่ครบหรือไม่ถูกต้องตาม ต้นฉบับก็ได้ แต่ถ้าหากเพลงนั้นถูกสร้างขึ้นภายใต้มาตรฐาน GM เมื่อนำไปเล่นบนเครื่องที่เป็นมาตรฐาน GS ก็ยังคงให้เสียงได้ครบถ้วนอยู่เหมือนเดิม เพราะว่าในมาตรฐาน GS ยังคงมีเสียงจากมาตรฐาน GM อยู่ครบนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเนื่องจากบริษัทผลิตซาวการ์ดในคอมพิวเตอร์ส่วนมากยังคงใช้มาตรฐาน GM บริษัทอย่าง ROLAND CORPERATION ซึ่งเป็นผู้พัฒนามาตรฐาน GS มาตั้งแต่ต้นจึงได้เข้ามามีส่วนร่วมกับวงการคอมพิวเตอร์ด้วย โดยการผลิตซาวด์การ์ดคุณภาพสูงภายใต้มาตรฐาน GS เพื่อมาใช้ กับคอมพิวเตอร์ดนตรีโดยตรง มีทั้งแบบที่เป็นเหมือนซาวด์การ์ดทั่วไปที่ต้องเสียบเข้ากับสล๊อตของคอมพิวเตอร์ แบบที่เรียกว่า Daughterboard ที่ต้องเสียบไปบนซาวด์การ์ดตัวเดิม และแบบติดตั้งภายนอกหรือที่เรียกกันว่า"ซาวด์โมดูล"นั่นเอง

2.1.3 หลักการทำงานของระบบมิดิ

การรับส่งข้อมูลของระบบมิดิมีความสัมพันธ์กับ 2 สิ่ง คือ Port และ Channel โดยมีความหมายคือ Portหมายถึงประตูสำหรับผ่านเข้าออกของข้อมูลในระบบมิดิ การเดินทางของข้อมูลต้องผ่านประตูของอุปกรณ์ เช่นทางออกจากอุปกรณ์หลัก ไปสู่ทางออกของอุปกรณ์รอง ในเบื้องต้นมีมาตรฐานว่าอุปกรณ์เครื่องหนึ่งต้องมี 1พอร์ต ตัวอย่างเช่นเครื่องซินธิไซเซอร์มีประตูให้ข้อมูลเข้าเพียงช่องเดียวเป็นต้น

ในความหมายที่กล่าวมาคือ อุปกรณ์หลักสามารถส่งข้อมูลให้อุปกรณ์รองได้เพียงช่องทางเดียวเท่านั้นแต่จากการพัฒนาการทางด้านอุปกรณ์ทำให้มีการผลิตอุปกรณ์ที่มีทางออกได้หลายประตู เช่น วงจรเสียง (Sound Card) หรือวงจรต่อเชื่อมสัญญาณ (Interface Card) ที่มีช่องออกได้หลายช่อง (Port 1, Port 2, Port 3, etc.) กรณีตัวอย่างนี้สามารถส่งข้อมูลไปสู่อุปกรณ์หลายเครื่องให้ทำหน้าที่แตกต่างกันได้

Channel หมายถึงช่องเฉพาะสำหรับใช้ส่งข้อมูลคำสั่งต่างๆในระบบมิดิในวงจรเสียงและวงจรต่อเชื่อมสัญญาณที่เป็นมาตรฐานมีช่องกำหนดไว้16ช่อง มาตรฐานนี้ใช้กับอุปกรณ์ดนตรีทุกชนิดดังนั้นจะพบว่าซินธิไซเซอร์1เครื่องก็จะรับส่งได้16ช่อง วงจรเสียงก็รับส่งได้16ช่อง ด้วยการรับส่งข้อมูลดนตรี16ช่องนี้ ทำให้อนุมานได้ว่าในการรับ-ส่งข้อมูล ณ เวลาหนึ่งสามารถรับ-ส่งเสียงเครื่องดนตรีได้ต่างกัน16ชนิด อุปกรณ์ที่มีมากกว่า1พอร์ตย่อมส่งข้อมูลได้มากกว่า16ช่อง แต่ต้องใช้อุปกรณ์รับข้อมูลมากกว่า1เครื่อง

2.1.4 การทำงานของโปรแกรม MIDIYork

โปรแกรม MIDIYork เป็นโปรแกรมที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถเชื่อมต่อมิดิจากโปรแกรมหนึ่งสู่อีกโปรแกรมหนึ่งซึ่งสามารถตั้งเป็นทั้งสัญญาณขาเข้าและออก โดยโปรแกรม MIDIYork มีความพิเศษคือสามารถปรับตั้งค่าพอร์ตได้หลากหลาย(ตั้งแต่1จนถึง6พอร์ต) นอกจากนี้แต่ละพอร์ตยังสามารถตั้งเป็นพอร์ตสัญญาณขาเข้าหรือออกได้อีก 4 ช่องสัญญาณต่อ 1 พอร์ต ซึ่งการทำเช่นนี้จะช่วยให้สามารถใช้งานโปรแกรมที่ใช้งานมิดิได้หลายโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เปียโซอิเล็กทริค

2.2.1 ประวัติความเป็นมาของเปียโซอิเล็กทริค

ปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กทริค (Piezoeletric Effect) ถูกค้นพบในปี ค.ศ.1880 โดย Pterre Curies ได้ศึกษาผลของความดันต่อการเกิดประจุไฟฟ้าของผลึกควอซ (Quartz) ดีเกลือ (Rochelle Salt) อัญมณี (Tourmaline) ว่าสามารถให้กำเนิดไฟฟ้าได้เมื่อมีแรงกดกระทำต่อผลึก เขาให้ชื่อกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า "เปียโซอิเล็กทริค (Piezoelectric Effect)" ต่อมาในปี ค.ศ.1881 Gabriel Lippmann ได้ศึกษาค้นพบปรากฏการณ์ย้อนกลับได้โดยพิจารณาจากหลักเทอร์โมไดนามิกส์ คือ ถ้าให้ไฟฟ้าเข้าไปในผลึก ผลึกก็จะสั่นได้ วัสดุเปียโซอิเล็กทริคที่ได้รับแรงเค้น (Mechanical Stress) จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดประจุไฟฟ้า (Electric Charge) หรือ การเรียงตัวทางแสงขึ้น (Polarization) เรียก "ผลทางตรง" (Direct Effect) เมื่อนำวงจรต่อเข้ากับวัสดุเปียโซอิเล็กทริคภายใต้แรงอัดจะมีกระแสไหลเข้าวงจรและหากเปลี่ยนเป็นแรงดึงจะเกิดกระแสไหลในทิศทางตรงกันข้าม ประยุกต์จากผลทางตรง เช่น ไมโครโฟน และสัญญาณโซน่า เป็นต้น

วัสดุเปียโซอิเล็กทริคภายใต้สนามไฟฟ้าจะเกิดแรงเครียดอัดภายในผลึก (Compression Strain) ทำให้วัสดุเกิดการบิดรูปไปจากเดิม และหากกลับทิศทางของสนามจะเกิดแรงเครียดดึง (Tensile Strain) ปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า "ผลทางอ้อม" (Indirect Effect) งานประยุกต์ผลทางอ้อมเช่น เตาจุดแก๊ส อัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซฮร์ (Untrasonic Transducers) แอคชูเอเตอร์(Actuators) เป็นต้น

Piezoelectric เป็นคุณสมบัติชนิดของวัสดุที่มาจากคริสตอลรวมไปถึงคริสตอลธรรมชาติทั้งควอซ (Quartz) ดีเกลือ (Rochelle Salt) และอัญมณี (Tourmaline) รวมกับเซรามิก เช่น แบเรียมไททาเนด และ ลีดไซโคเนด เมื่อใช้ความดันทางกลปรับให้เข้ากับวัสดุเหล่านี้โครงสร้างที่เป็นคริสตอลจะสร้างสนามไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมกับความดัน ทำให้โครงสร้างถูกเปลี่ยนรูปร่างจนทำให้เกิดการเปลี่ยนมิติของวัสดุ

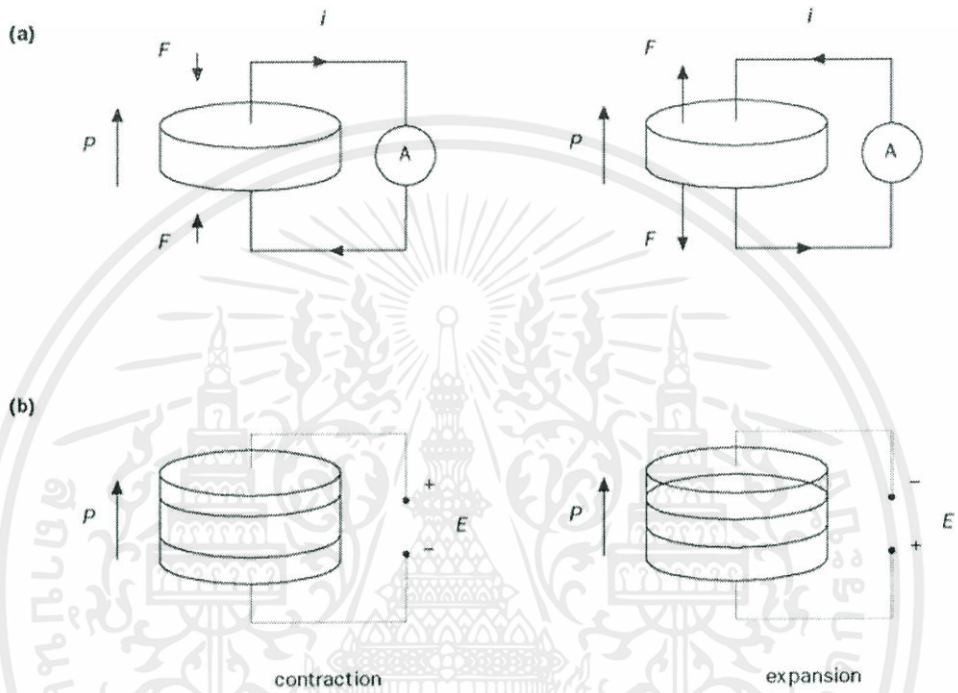
การทดลองที่เกี่ยวข้องระหว่างปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กทริค (Piezoelectric) กับ โครงสร้างของคริสตอลถูกเผยแพร่ในปี ค.ศ.1880 โดย Pierre และ Jacques Curie การทดลองของเขาศึกษาถึงการวัดการเปลี่ยนแปลงของผิวหน้าซึ่งปรากฏอยู่บนคริสตอล ที่ได้รับจากความเครียดทางกล ในวงการวิทยาศาสตร์ผลการทดลองนี้ถือว่าเป็นการค้นพบที่สำคัญ และถูกตั้งชื่อให้อย่างรวดเร็วว่า "Piezoelectricity" และเพื่อทำให้เกิดความแตกต่างกับการทดลองปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น เช่น Contract Electricity หรือ Pyroelectric พี่น้อง Curies ได้พบว่ามีปฏิกิริยา ร่วมกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งระหว่างผลกระทบทางไฟฟ้าจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และความเครียดทางกลในคริสตอล ซึ่งเป็นผลมาจากการทดลองในเรื่องของการเกิด Microscopic-Crystallographic อันเป็นจุดเริ่มต้นของไฟโรอิเล็กทริค (Pyroelectric)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ปรากฏการณ์ Piezoelectricity

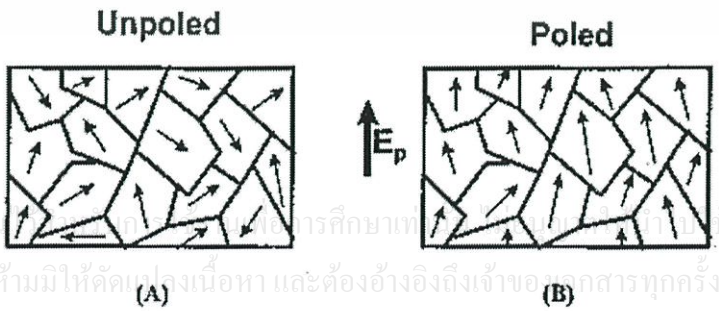
จากเหตุผลข้างต้นที่ผ่านมา เพราะความไม่สมมาตรกับจุดศูนย์กลางของผลึกเซลล์(Non Centrosymmetry) เมื่อมีแรงกดจะทำให้ Dipole เกิดขึ้น และเป็นผลทำให้เกิดกระแสขึ้นในทำนองกลับกันเมื่อมีแรงดึงจะทำให้ Dipole เกิดขึ้น และเป็นผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น

ในทำนองเดียวกันเมื่อเราป้อนแรงดันบนเปียโซอิเล็กทริคเซรามิค ตัวเซรามิคจะขยายและหดตัว ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล



รูปที่ 2.1 แสดงปรากฏการณ์ Piezoelectricity

เปียโซอิเล็กทริคนั้นจะมีการ Polarization ตามธรรมชาติ ซึ่งแตกต่างจาก Ferroelectric สารเปียโซอิเล็กทริคนั้นหลังจากการตัดให้เป็นชิ้นใหม่ๆ Dipoles ที่มีอยู่ในส่วน (Grains) ต่างๆ นั้นไม่ได้เรียงไปในทิศทางเดียวกันดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการ Poling เพื่อให้ Dipoles ต่างๆ เรียงไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งหากปราศจากกระบวนการ Poling แล้ว สารเปียโซจะไม่แสดงสมบัติพิเศษใดๆเลยการ Poling จะกระทำที่อุณหภูมิคูรี (Curie Temperature, TC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แสดงการ Poling of Piezoelectric Ceramics

สมการที่อธิบายเกี่ยวกับผลของปรากฏการณ์ Piezoelectric เขียนได้ดังนี้

$$D = dE + \varepsilon^T E$$
$$S = s^E T + dE$$

เมื่อ D = ระยะประจุเคลื่อนที่ (Electric Displacement)
T = ความเค้น (Stress)
E = สนามไฟฟ้า (Electric Field)
S = ความเครียด (Strain)
d = ค่าคงที่ของเปียโซ (Piezoelectric Coefficient)
ε = ค่าคงที่ไดอิเล็กทริค (Dielectric Constant)
s = ค่าของวัสดุที่ใช้ (Material Compliance)

ค่าของเปียโซอิเล็กทริคจะเกี่ยวพันกับสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงเค้น อาจจะเขียนในรูปของแรงดันค่า g มีหน่วยเป็นโวลต์ต่อนิวตันต่อตารางเมตร ดังสมการ

$$g = \frac{Open\ Circuit\ Electric\ Field}{Applied\ Mechanical\ Stress}$$

ซึ่งค่า g เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับ d ดังนี้

$$g = \frac{d}{\varepsilon} = \frac{d}{\varepsilon_r \varepsilon_0}$$

เมื่อ ε = ค่าความซึมซาบ (Permittivity)
ε_r = ค่าคงที่ของสารไดเล็กทริค (Relative Permittivity)
ε_0 = ค่าความซึมซาบสมบูรณ์ (Permittivity in free space ≈ 8.854×10^{-12} F/m)

ส่วนค่าความสมารถในการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือในทางกลับกันของเปียโซอิเล็กทริค(Piezoelectric Coupling Factor) สามารถหาได้ดังนี้

$$K = \sqrt{\frac{Energy\ Output}{Total\ Mechanical\ Energy\ Input}}$$

ซึ่งค่า K นั้น จะเป็นผลปรากฏการณ์ของเปียโซอิเล็กทริคทั้ง ผลทางตรง (Direct Effect) และผลทางอ้อม (Indirect Effect) ทั้งสองกรณี และค่าของ k นั้นจะต้องมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)

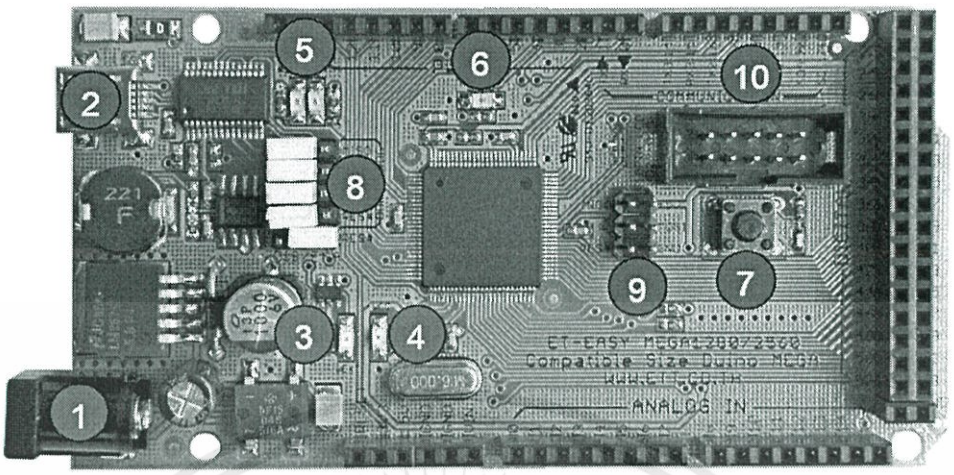
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega) เป็นบอร์ดระบบ MCU ของ AVR ซึ่งมีการพัฒนาให้รองรับอุปกรณ์ต่างๆที่หลากหลายทำให้สามารถนำมาพัฒนาต่อยอดได้

2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ด ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)

- ใช้ ATMEGA1280 เป็น MCU ประจำบอร์ด Run ความถี่ 16MHz จาก Crystal Oscillator
- 128Kbyte Flash (สงวนไว้ 4Kbyte สำหรับ Bootloader) / 8Kbyte SRAM / 4Kbyte EEPROM
- รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาC++ของArduinoตามแบบArduino Megaได้ 100%
- ใช้ USB Bridge ของ FTDI เบอร์ FT232RL พร้อม Over Current Protection สำหรับติดต่อสื่อสาร และ Download Code จากคอมพิวเตอร์ให้บอร์ด พร้อม Jumper สำหรับปรับใช้งานบอร์ดเป็นการ Program Bootloader ให้กับ MCU จากพอร์ต USB ในบอร์ดได้เอง โดยไม่ต้องใช้เครื่องโปรแกรม AVRISP จากภายนอก
- 54 Pin Digital I/O โดยมี 14Pin สามารถโปรแกรมหน้าที่ PWM ได้
- 16 Pin Analog Input (ADC ขนาด 10 บิต 16 ช่อง)
- 4 UART(Hardware Serial Port) แบบ TTL Logic
- ขนาดของ PCB บอร์ด และ ตำแหน่ง Pin Connector ต่างๆ ตรงกันกับ Arduino Mega ทั้งหมด ทำให้สามารถนำไปติดตั้งใช้งานร่วมกับบอร์ด Shield แบบต่างๆที่มีการผลิตขึ้นมาใช้งานร่วมกันกับ บอร์ด Arduino Mega ได้ทั้งหมด โดยบอร์ดมีขนาด PCB size 5.3xm x 10.2 cm
- มีขั้ว Header 10Pin IDE ของ 8 บิต Digital I/O(D22...D29) สำหรับเชื่อมต่อกับ LCD หรือ บอร์ด I/O แบบต่างๆ ของ อีทีที เพิ่มความสะดวกในการใช้งาน
- รองรับการใช้งานกับ External Supply ทั้งแบบ AC และ DC ขนาด 7-20V โดยเลือกใช้ Regulate แบบ Switching ขนาด 1A (LM2575-5V) ลดปัญหาเรื่องความร้อนเมื่อมีการใช้กระแสไฟฟ้าสูงๆ สามารถใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB ได้ในกรณีใช้กระแสไฟฟ้าไม่เกิน 500mA โดยมีวงจรเลือกแหล่งจ่ายอัตโนมัติ โดยจะตัดการใช้ไฟเลี้ยงจาก USB โดยอัตโนมัติ เมื่อมีการต่อแหล่งจ่ายจากภายนอกให้บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 โครงสร้างบอร์ด ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของบอร์ด ET-EASY MEGA 1280 (Duino Mega)

- หมายเลข 1 คือ ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงจากภายนอก สามารถใช้ได้ทั้งแบบ AC และ DC Bridge Rectifier และ Regulate แบบ Switching ช่วยลดความร้อนของ IC Regulate เมื่อมีการดึงกระแสไฟฟ้ามากๆได้เป็นอย่างดี สามารถใช้กับแรงดัน input 7-20V
- หมายเลข 2 เป็นขั้วต่อ USB สำหรับติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ PC โดยใช้ FT232RL เป็น USB Bridge ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ PC และ MCU ในบอร์ด และยังสามารถใช้ไฟจากพอร์ต USB เป็นแหล่งจ่ายให้กับบอร์ดได้ด้วย และที่พิเศษคือมีวงจรสำหรับตรวจสอบแหล่งจ่ายเพื่อสลับการใช้งานแหล่งจ่ายจาก USB ไปเป็น External Supply ได้เอง โดยอัตโนมัติ โดยเมื่อไม่ได้ต่อ External Supply บอร์ดจะใช้ไฟจากพอร์ต USB เป็นแหล่งจ่ายไฟในการทำงาน แต่เมื่อมีการต่อ External Supply วงจรจะสลับกลับไปใช้แหล่งจ่ายจาก External Supply เองอัตโนมัติ
- หมายเลข 3 เป็น LED VEXT ใช้แสดงสถานะเมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงจาก External Supply
- หมายเลข 4 เป็น LED +VCC ใช้แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (+VCC) ของบอร์ด โดยเมื่อบอร์ดใช้แหล่งจ่ายจาก External Supply จะแสดงสถานะโดยการให้ LED VEXT และ LED +VCC ติดสว่างพร้อมกันทั้งคู่ แต่ถ้าบอร์ดใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB จะแสดงสถานะโดยการให้ LED +VCC ติดสว่างเพียงดวงเดียว
- หมายเลข 5 เป็น LED แสดงสถานะของ RX และ TX ใช้สำหรับแสดงการการรับส่งข้อมูลระหว่างบอร์ด ET-EASY MEGA 1280 กับคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทางพอร์ต USB
- หมายเลข 6 เป็น LED D13 ใช้สำหรับแสดงการทำงานของ Bootloader และใช้ทดสอบการทำงานของบอร์ดจากการควบคุมของ Pin Digital-13 ทำงานด้วย Logic “1” และหยุดทำงานด้วย Logic “0”
- หมายเลข 7 เป็นสวิตช์ Reset ใช้สำหรับสั่ง Reset การทำงานของบอร์ด
- หมายเลข 8 เป็นชุด Jumper สำหรับเลือกการ Program Bootloader ผ่าน USB Port และ การใช้งานตามปกติ

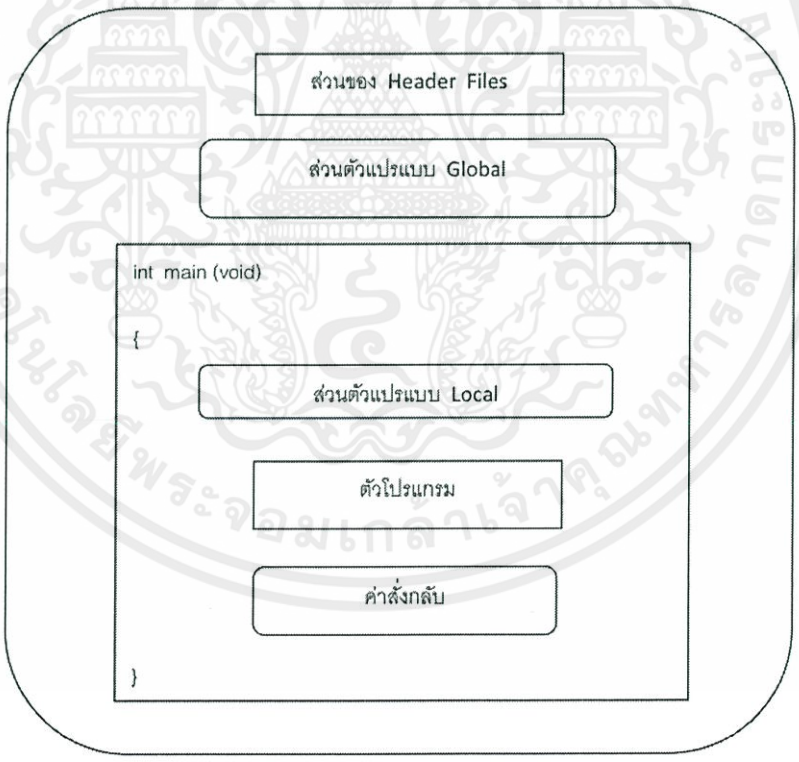
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หมายเลข 9 เป็นขั้วต่อ AVRISP ใช้สำหรับ Download Code ให้กับ MCU โดยขั้วต่อ AVRISP นี้จะสามารถใช้งานได้กับเครื่องโปรแกรมทุกรุ่นที่รองรับการใช้งานกับ ATMEGA 1280 และใช้ขั้วต่อตรงตามมาตรฐาน AVRISP
- หมายเลข 10 เป็นขั้วต่อสัญญาณจาก D[22...29] สำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ด I/O ของ อีทีที รวมทั้งจอแสดงผล LCD โดยใช้ร่วมกับ 10PIN LCD หรือ ET-CONV SPI TO LCD

2.3.3 การพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)

ในการพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega) นั้น ผู้ใช้สามารถเลือกใช้โปรแกรม **Arduino Project** เป็นการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้โปรแกรมและชุดคำสั่งในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี (C++) ของ "Arduino project" ซึ่งเป็นโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR แบบ Open Source ซึ่งกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นโครงการที่เปิดเผยทั้ง Source code ในการพัฒนาให้ทั้งหมดและยังมีตัวอย่างโครงงานพร้อมตัวอย่างโปรแกรมการ ทดลองต่างๆ แจกจ่ายให้ผู้สนใจนำมาใช้ศึกษา เรียนรู้และทดลอง ได้ฟรี โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ผู้สนใจสามารถเข้าไปค้นหารายละเอียดต่างๆของ Arduino project นี้ได้ http://www.arduino.cc

2.3.4 คำสั่งพื้นฐานภาษา C Arduino



รูปที่ 2.4 รูปแสดงโครงสร้างของภาษาซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโปรแกรม Arduino board มีส่วนประกอบอย่างง่ายแบ่งเป็นโปรแกรมย่อยหรือฟังก์ชั่นสองส่วน

```
void                                                    setup()
{
statements;
}
void                                                    loop()
{
statements;
}
```

โปรแกรมย่อยในส่วน setup() คือส่วนการเตรียมการเริ่มต้นใช้งาน ส่วน loop() เป็นส่วนการทำงานหลัก ซึ่งทั้งสองส่วนมีความสำคัญในการทำงานของบอร์ด ฟังก์ชั่นในส่วน setup() ควรจะมีส่วนที่กำหนดค่าตัวแปรที่ส่วนหัวของโปรแกรม ซึ่งมันจะทำงานเพียงครั้งเดียวและทำงานก่อนโปรแกรมอื่นๆ ส่วนมากโปรแกรมในส่วนนี้จะใช้สำหรับการกำหนดหน้าที่ขาของตัว AVR ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือตั้งค่าการติดต่อแบบ serial กับอุปกรณ์อื่น

โปรแกรม loop จะทำงานต่อจากโปรแกรม setup และมันจะทำงานอย่างต่อเนื่องต่อไป เช่นอ่านค่า input ส่งสัญญาณ triggering outputs เป็นต้น โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมทำงานหลักของ Arduino และทำงานส่วนใหญ่ของระบบนี้ได้

SETUP()

ฟังก์ชั่นนี้จะถูกเรียกใช้งานเพียงครั้งเดียวเมื่อโปรแกรมถูกเริ่มใช้งาน ใช้สำหรับการกำหนดค่าของขาของตัว AVR หรือตั้งค่าการติดต่อแบบ serial โปรแกรมนี้เป็นส่วนจำเป็นที่จะต้องมีถึงแม้มันจะไม่มีคำสั่งภายในตัวมันก็ตาม

LOOP()

หลังจากเรียกโปรแกรม setup() แล้ว โปรแกรม loop() จะทำงานต่อและจะทำงานเป็นวนลูปเพื่อให้โปรแกรมทำงานตามสถานะต่างๆ

FUNCTION

type functionName(parameters)

ฟังก์ชั่นเป็นกลุ่มคำสั่งที่มีชื่อเรียกและกลุ่มคำสั่งซึ่งจะทำงานเมื่อฟังก์ชั่นถูกเรียกใช้ นอกจากฟังก์ชั่น void setup() และ void loop() แล้วยังมีฟังก์ชั่นอื่นๆที่พร้อมใช้งาน(build-in) ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป ฟังก์ชั่นที่ทำงานเฉพาะสามารถเขียนขึ้นเพื่อให้ทำงานที่ซ้ำๆกันเพื่อลดความยาวของคำสั่ง ในการสร้างฟังก์ชั่นจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดชนิดค่าที่ฟังก์ชั่นจะคืนกลับให้โปรแกรมที่เรียกใช้ เช่น int สำหรับค่า integer ถ้าฟังก์ชั่นไม่มีการคืนค่า จะใช้คำว่า void ต่อจากชนิดค่าที่ฟังก์ชั่นคืนกลับจะเป็นชื่อฟังก์ชั่นและตามด้วยวงเล็บซึ่งจะเป็นค่าพารามิเตอร์ที่จะส่งค่าให้กับฟังก์ชั่น

วงเล็บปีกกาใช้เป็นเครื่องหมายเพื่อแสดงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกลุ่มคำสั่งของฟังก์ชั่น และกลุ่มคำสั่งเช่น void loop() function และกลุ่มคำสั่ง for และ if statement วงเล็บปีกกาเปิด { จะต้องตามด้วยวงเล็บปีกกาปิด } เสมอ ในโปรแกรมอาจมีวงเล็บเปิดและปิดหลายๆอันแต่จะต้องมีจำนวนเท่ากัน

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่า...

ถ้าวงเล็บเปิดปิดไม่เท่ากันจะทำให้เกิด compiler error และบางครั้งทำให้หาข้อผิดพลาดได้ยากในโปรแกรมที่มีความซับซ้อนสำหรับ โปรแกรม Arduino environment จะมีความสามารถในการตรวจความสมดุลของวงเล็บปีกกา โดย คลิกที่ วงเล็บปีกกา หรือคลิกด้านข้างขวาของวงเล็บปีกกาที่ต้องการตรวจสอบ โปรแกรมจะแสดงวงเล็บปีกกาที่เป็นคู่ของมันทันที

; SEMICOLON

เครื่องหมายเซมิโคลอน ; จะต้องใช้ที่ส่วนท้ายของคำสั่งและใช้แยกส่วนของโปรแกรมออกจากกัน นอกจากนี้เซมิโคลอนยังใช้แยกส่วนของ for loop ออกเป็นส่วนๆด้วย

/*....*/ BLOCK COMMENTS

คำอธิบายโปรแกรม สามารถใส่ไว้ในเครื่องหมาย /*.....คำอธิบาย....*/ คำอธิบายที่อยู่ในเครื่องหมาย/*...*/ นี้ตัว compiler จะไม่นำมาประมวลผล ซึ่งจะมีประโยชน์ในการอธิบายความมุ่งหมายของคำสั่ง เพื่อให้เข้าใจการทำงานแต่ละส่วนของโปรแกรม ซึ่งจะเริ่มด้วยเครื่องหมาย /* และจบด้วยเครื่องหมาย */ และสามารถเขียน comment ได้หลายๆบรรทัดถ้าต้องการ เนื่องจากการเขียนคำอธิบายไม่ได้เอาไปใช้ในโปรแกรมทำให้ไม่สิ้นเปลืองหน่วยความจำโปรแกรม ดังนั้นควรเขียนคำอธิบายให้ชัดเจนและทำให้เป็นนิสัย อีกอย่างที่เครื่องหมาย comment มีประโยชน์คือใช้ตัดส่วนของโปรแกรมที่ไม่ต้องการออกไปสำหรับการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม

byte ตัวแปร เก็บข้อมูลตัวเลขขนาด 8 บิต ไม่มีทศนิยม

Int เป็นตัวแปรพื้นฐานที่เก็บตัวเลขโดยไม่มีจุดทศนิยม และเก็บค่า 16 บิต มีค่าระหว่าง 32,767 ถึง -32,768

char เป็นตัวแปรพื้นฐานที่เก็บค่าตัวอักษร ขนาด 8 บิต มีค่าระหว่าง -128 ถึง + 127

unsigned char เป็นตัวแปรพื้นฐานที่เก็บค่าตัวอักษร ขนาด 8 บิต มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255

2.4 การเชื่อมต่อสัญญาณมิดิกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Serial – MIDI Converter

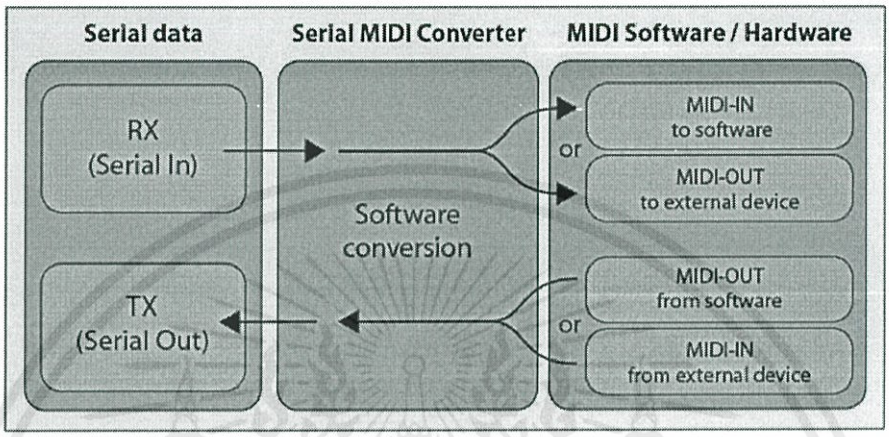
2.4.1 ข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม Serial – MIDI Converter

โปรแกรม Serial – MIDI Converter เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำให้พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์หรือพอร์ตอนุกรมเสมือนที่จำลองผ่านพอร์ต USB สามารถสื่อสารระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมมิดิบนคอมพิวเตอร์ โดยปกติหากใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์จำเป็นที่จะต้องสร้างวงจร MIDI-in และ MIDI-Out หรือ จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์แปลงข้อมูลมิดิสู่พอร์ต USB ซึ่งโปรแกรม Serial – MIDI Converter จึงทำหน้าที่แทนวงจรดังกล่าว ทำให้สามารถเชื่อมต่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 หลักการทำงานของโปรแกรม Serial – MIDI Converter

โปรแกรม Serial – MIDI Converter รับสัญญาณมิดิจากพอร์ตอนุกรมหรือพอร์ตอนุกรมเสมือน และส่งผ่านมิดิสู่อีกมิดิพอร์ตทหนึ่ง ซึ่งสามารถเลือกตั้งค่าได้ หรือในทางกลับกันโปรแกรมสามารถรับข้อมูลจากมิดิพอร์ตแล้วส่งผ่านข้อมูลดังกล่าวสู่พอร์ตอนุกรม ซึ่งการใช้งานบนคอมพิวเตอร์นั้นจำเป็นที่จะต้องใช้โปรแกรม MIDIYoke ในการจำลองพอร์ตในการเชื่อมต่อมิดิระหว่างโปรแกรมต่างๆ



รูปที่ 2.5 แสดงหลักการทำงานของ โปรแกรม Serial – MIDI Converter

แต่การทำงานของโปรแกรม Serial – MIDI Converter ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่น จำเป็นต้องอาศัยโปรแกรม MIDIYoke เพื่อจำลองพอร์ตรองรับการรับส่งข้อมูลขนาดความยาวไม่เกิน 3 bytes และสามารถเกิดความล่าช้าของสัญญาณประมาณ 26 มิลลิวินาที ซึ่งอาจจะช้าเกินไปสำหรับงานบางประเภท

2.4.3 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Serial – MIDI Converter

- ขั้นที่ 1 ตั้งค่าโปรแกรม MIDIYoke เพื่อสร้างพอร์ตมิดิจำลองบนคอมพิวเตอร์
- ขั้นที่ 2 เลือกพอร์ตอนุกรมจำลองที่เชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ พอร์ตดังกล่าวจะถูกใช้เป็นทั้ง พอร์ตอนุกรม TX และ RX ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ควรมีความเร็วในการเชื่อมต่ออย่างน้อย 57600 บิตต่อวินาที เพื่อป้องกันการล่าช้าของสัญญาณที่อาจจะเกิดขึ้นได้
- ขั้นที่ 3 เลือกพอร์ตมิดิขาเข้าเพื่อรับข้อมูลขาเข้าที่ได้รับจากพอร์ตอนุกรม หรือพอร์ตมิดิขาออกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- ขั้นที่ 4 เลือกพอร์ตมิดิขาออกเพื่อส่งข้อมูลไปที่พอร์ตดังกล่าวซึ่งสามารถเป็นพอร์ตขาเข้าของโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือพอร์ตอนุกรมเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

ในระหว่างเชื่อมต่อจำเป็นที่จะต้องเปิดโปรแกรม Serial – MIDI Converter ค้างเอาไว้เพื่อเป็นตัวส่งผ่านข้อมูลระหว่างพอร์ตอนุกรมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์

หากใช้งานโปรแกรมนี้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino หากต้องการจะตั้งค่าโปรแกรมตัวบอร์ด จำเป็นที่จะต้องปิดโปรแกรม Serial – MIDI Converter ก่อนเสมอ เนื่องจากโปรแกรมจะใช้งานพอร์ตอนุกรมอยู่ตลอดเวลาทำให้โปรแกรมอื่นไม่สามารถเข้าใช้งานพอร์ตได้

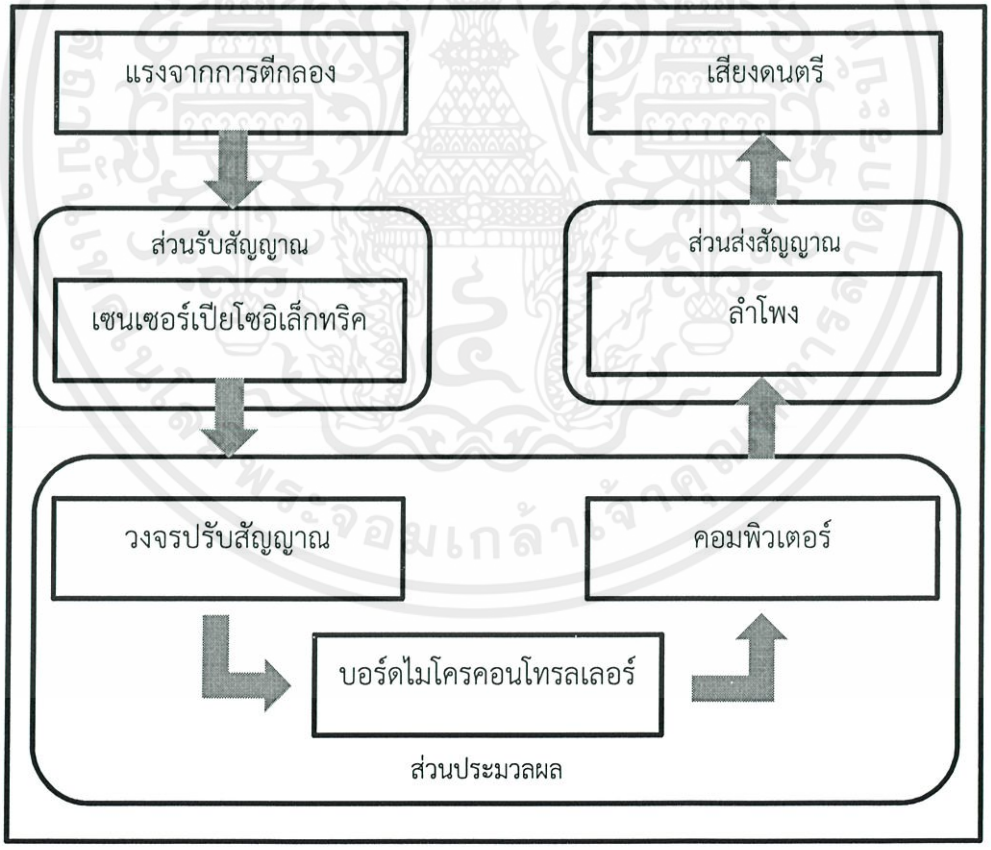
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

บทที่ 3
หลักการออกแบบการทำงาน

การออกแบบกลองอิเล็กทรอนิกส์ในเบื้องต้นนั้นจะต้องเข้าใจในหลักการทำงานในภาพรวมของระบบก่อน ว่ามีหลักการทำงานอย่างไร แล้วจึงพิจารณาส่วนย่อยต่างๆ อันประกอบด้วย ส่วนที่เป็นโครงสร้างของกลองไฟฟ้าทำหน้าที่รับแรงสะเทือนจากการตีของไม้กลอง ส่วนของวงจรปรับสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณที่มีแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับจากหน้ากลองเป็นข้อมูลมิติ และส่วนสัญญาณขาออกทำหน้าที่สังเคราะห์เสียงจากข้อมูลมิติที่ได้รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 ภาพรวมของการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล

สำหรับการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลในโครงงานจะสร้างสัญญาณจากกลองอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายขึ้น โดยในที่นี้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมสัญญาณที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าวเป็นข้อมูลมิติ แล้วจึงส่งข้อมูลมิติให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลผลเป็นเสียงสังเคราะห์ต่อไป โดยสามารถแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆได้ 3 ส่วน คือ ส่วนรับสัญญาณ ส่วนประมวลผล และส่วนส่งสัญญาณ



รูปที่ 3.1 แสดงผังการทำงานของการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนรับสัญญาณ

ในส่วนนี้เราจะใช้กลองอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายในการสร้างสัญญาณจากการตีกลอง โดยอุปกรณ์รับแรงบนกลองอิเล็กทรอนิกส์จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นตัวยึดติดกับแผ่นเปียโซอิเล็กทริค โดยส่วนนี้ต้องเป็นวัสดุที่แข็งพอควร เพื่อให้มีแรงสั่นสะเทือนเกิดขึ้น อนุภาคของวัสดุนี้จะต้องสั่นสะเทือนได้ดี
2. ส่วนที่รองรับจากไม้กลองโดยตรง ที่เรียกว่า " หน้ากลอง " ควรใช้วัสดุที่เก็บเสียงได้ดี
3. ส่วนที่รองรับต่อจากแผ่นเปียโซอิเล็กทริค โดยส่วนนี้จะต้องเจาะรูเพื่อให้สายของแผ่นเปียโซผ่านไปยังส่วนควบคุมได้
4. ส่วนห่อหุ้มแผ่นกลองทั้งหมด

ในโครงงานนี้นอกจากจะเน้นศึกษาเรื่องการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลแล้ว ยังต้องการที่จะสร้างกลองอิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพด้วย การออกแบบในส่วนการรับสัญญาณนี้จึงออกแบบบนพื้นฐานของกลองชุด โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทั้งหมด 9 ชิ้น แบ่งเป็นกลอง 4 ชิ้น เครื่องทองเหลือง 4 ชิ้น และ กลองใหญ่อีก 1 ชิ้น

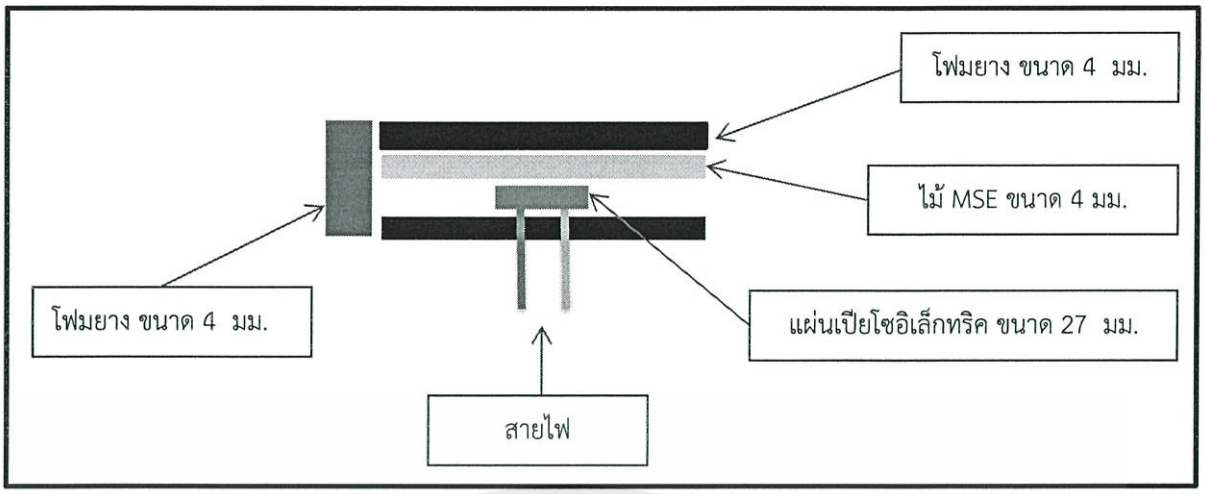
การออกแบบในส่วนนี้ จากกลองจริงมีการรับแรง 2 ส่วนคือที่หนังกลอง และขอบกลอง จึงทำการออกแบบให้มีส่วนรับแรงทั้ง 2 ส่วน โดยมีขนาดพอเหมาะ และออกแบบให้มีขนาดเท่ากันทั้ง 4 ชิ้น

ชุดกลอง 4 ชิ้น ประกอบด้วย กลองเล็ก (Snare Drum) ทอม 1 (Tom 1) ทอม 2 (Tom 2) และฟลอร์ทอม (Floor Tom) ออกแบบโดยมีอุปกรณ์รับแรงขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 24 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร ภายในมีแผ่นเปียโซอิเล็กทริคขนาด 27 มิลลิเมตร และติดตั้งในขอบไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26.5 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ซึ่งบริเวณขอบไม้นี้มีแผ่นเปียโซอิเล็กทริคขนาด 27 มิลลิเมตร ติดตั้งอยู่เพื่อตรวจจับแรงบริเวณกลอง ให้เกิดความสมจริง

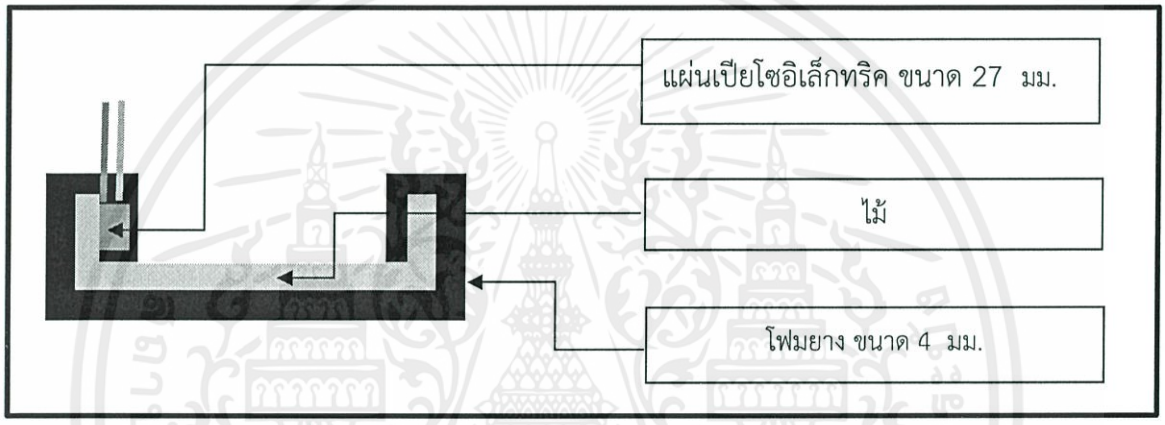
(a) รูปกลองจริง (b) ชุดกลองที่ออกแบบ

รูปที่ 3.2 การออกแบบชุดกลองเทียบกับกลองจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

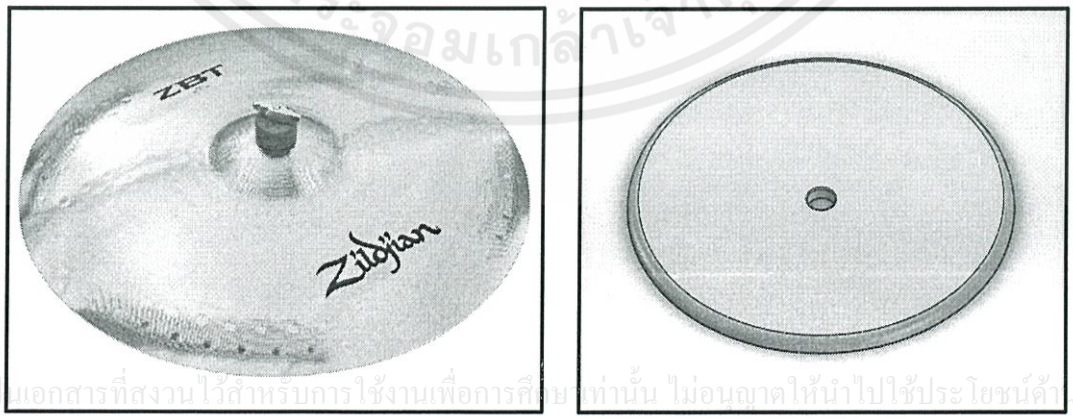


รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการออกแบบอุปกรณ์รับแรงจากหน้ากลอง



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการออกแบบอุปกรณ์รับแรงบริเวณขอบ

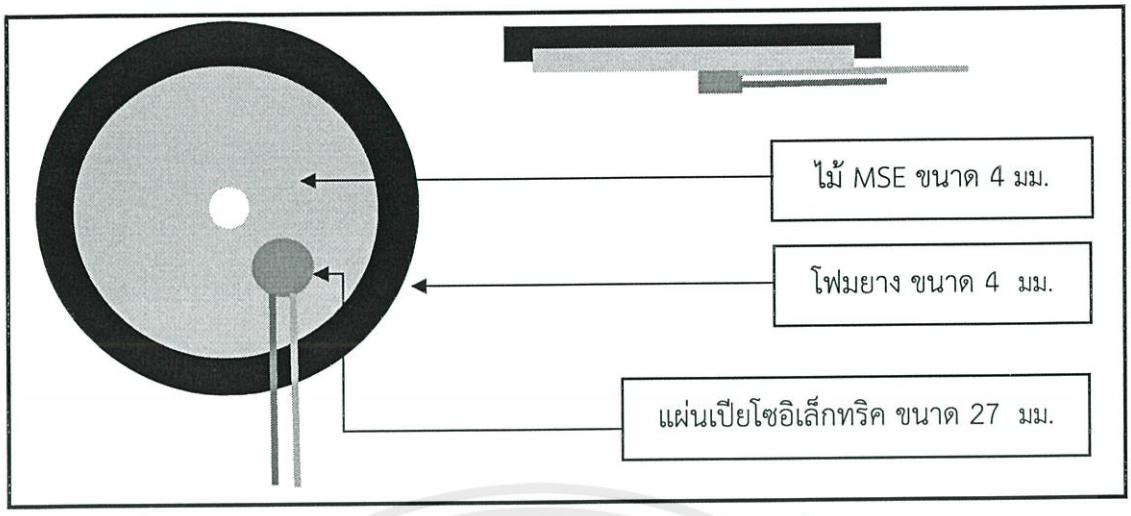
ชุดทองเหลือง 4 ชิ้น ประกอบด้วย ไฮแฮท (Hi-Hat) ฉาบ 1 (Cymbal 1) ฉาบ 2 (Cymbal 2) และฉาบใบใหญ่ (Ride Cymbal) ซึ่งการออกแบบในกลุ่มนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ขนาด คือ อุปกรณ์รับแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 33.5 เซนติเมตร และอุปกรณ์รับแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 40 เซนติเมตร มีอุปกรณ์รับแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตรติดตั้งอยู่ตรงกลางอีกชั้นหนึ่ง ภายในของทุกอุปกรณ์รับแรงมีแผ่นเปียโซอิเล็กทริคขนาด 27 มิลลิเมตร ติดอยู่ที่ขอบ



(a) รูปฉาบจริง (b) ฉาบที่ออกแบบ

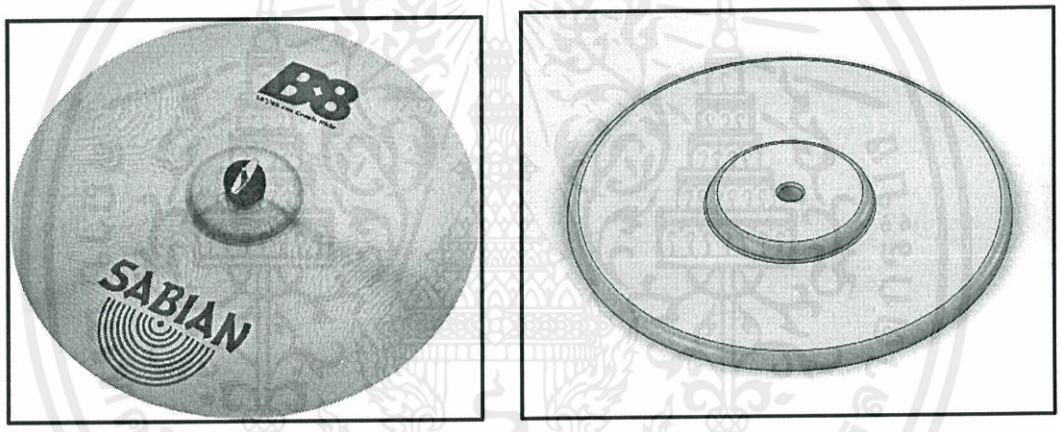
รูปที่ 3.5 การออกแบบฉาบเทียบกับฉาบจริง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 33.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



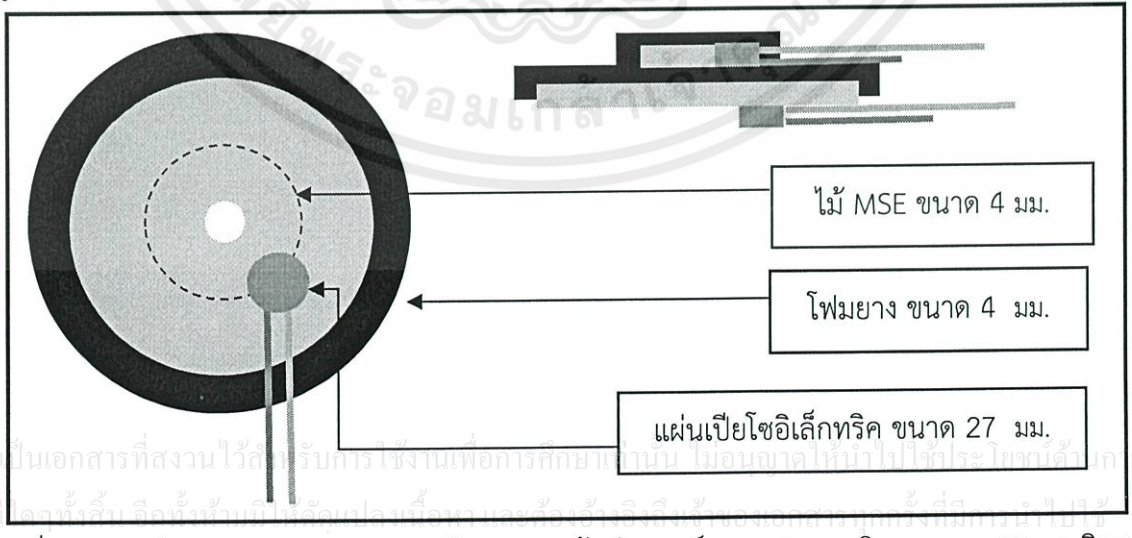
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการออกแบบชุดทองเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 33.5 เซนติเมตร

ในส่วนของเครื่องทองเหลืองใบขวาหรือ Ride Cymbal มีการรับแรงกระทำที่บริเวณพื้น และ ที่หัว จึงทำการออกแบบให้มีการรับแรงได้ 2 ส่วน



(b) รูปฉาบจริง (a) ฉาบที่ออกแบบ

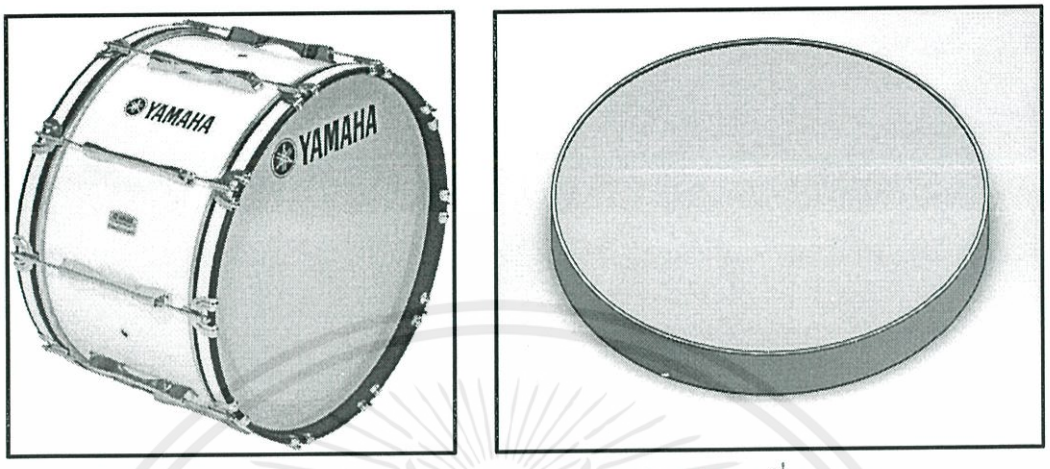
รูปที่ 3.7 การออกแบบฉาบเทียบกับฉาบจริง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

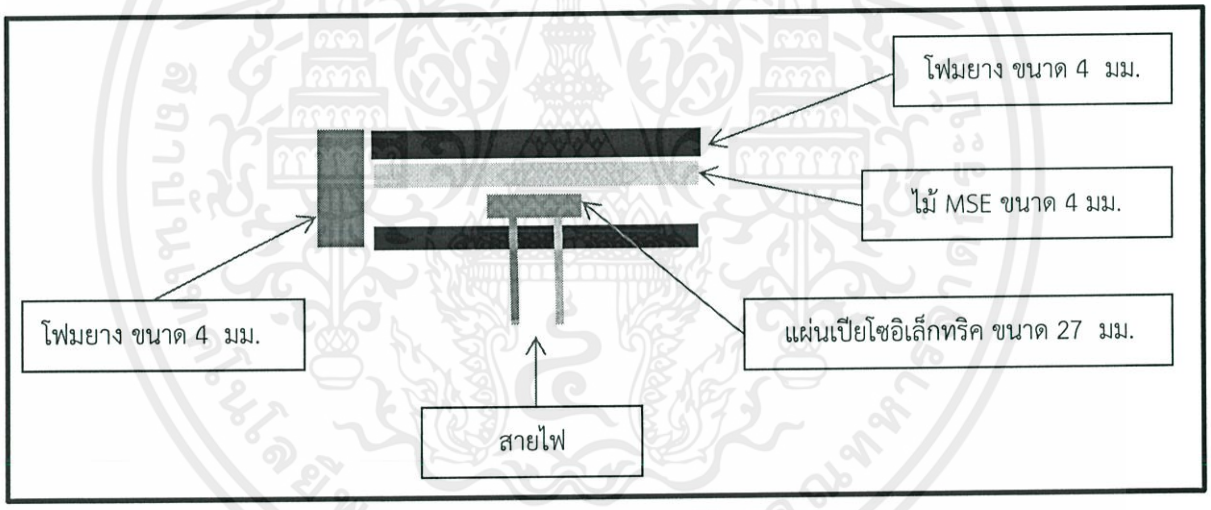
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการออกแบบชุดทองเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร

กลองใหญ่ (Bass Drum) ทำหน้าที่รับแรงเฉพาะตรงกลางของหนังกลอง ออกแบบโดยใช้อุปกรณ์รับแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26.5 เซนติเมตร โดยแตกต่างจากชุดกลอง 4 ชิ้นแรก คือ ไม่ได้ถูกติดตั้งในขอบไม้



(b) รูปกลองจริง (a) รูปกลองที่ออกแบบ

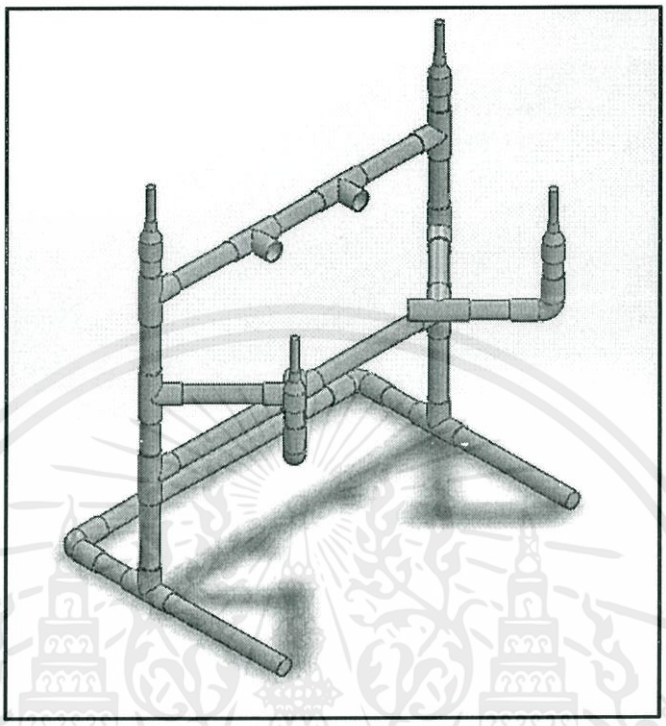
รูปที่ 3.9 การออกแบบกลองเทียบกับกลองใหญ่จริง



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการออกแบบอุปกรณ์รับแรงจากหน้ากลอง

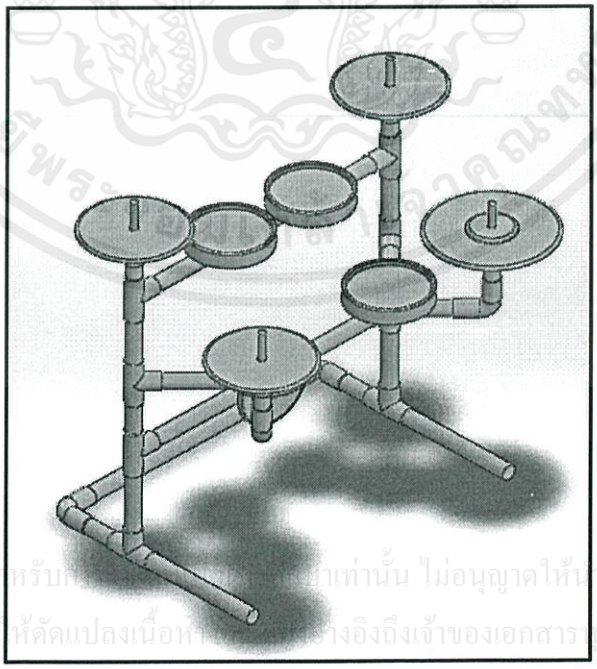
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งชุดกลองทั้งหมดถูกติดตั้งบนขาตั้งที่ทำจากท่อน้ำพลาสติก (PVC) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร (1½ นิ้ว) และ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 เซนติเมตร (½ นิ้ว) มาประกอบกันให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับกลองชุด ขาตั้งมีความสูงสุด 130 เซนติเมตร กว้างสุด 127 เซนติเมตร



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการออกแบบขาตั้งกลอง

เมื่อประกอบชุดกลองทั้งหมดและขาตั้งแล้วจะได้กลองชุดที่มีลักษณะคล้ายกลองอิเล็กทรอนิกส์ที่มีจำหน่ายทั่วไป ซึ่งได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการจะสร้างกลองอิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาประหยัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการออกแบบส่วนรับที่เสร็จสมบูรณ์

3.3 ส่วนประมวลผล

ในส่วนนี้จะรับสัญญาณไฟฟ้าจากส่วนรับสัญญาณ เพื่อเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าดังกล่าวเป็นสัญญาณข้อมูลทางดนตรีดิจิตอลหรือข้อมูลมิดิ ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ วงจรปรับสัญญาณ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3.1 วงจรปรับสัญญาณ

เนื่องจากแผ่นเปียโซอิเล็กทริคที่ใช้เปลี่ยนพลังงานกลเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าสามารถสร้างแรงดันได้สูงกว่าที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะสามารถรับได้ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จากการรับแรงดันไฟฟ้าเกินจึงทำให้ต้องมีการปรับลดแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณก่อนที่จะเข้าสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

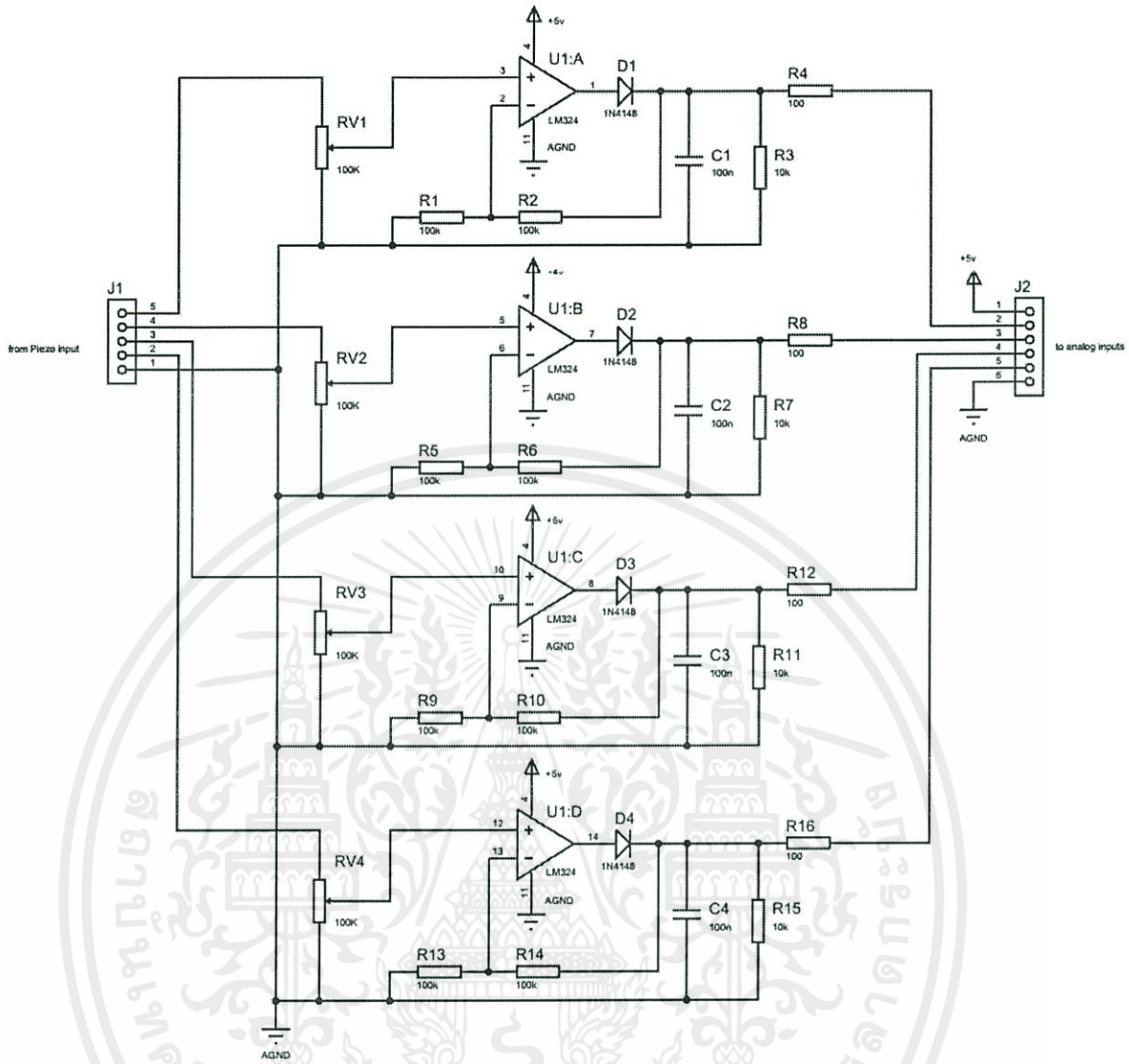
ในการออกแบบวงจรปรับแรงดันนี้ประกอบไปด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อลดแรงดันของสัญญาณไฟฟ้าให้ต่ำกว่า 2.5 โวลต์ หลังจากนั้นจึงทำการขยายสัญญาณดังกล่าวให้มีแรงดันใกล้กับ 5 โวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับได้ ซึ่งการลดแรงดันวิธีนี้จำทำให้ได้รับสัญญาณไฟฟ้าที่มีแรงดันลดลงแต่มีอัตราส่วนของสัญญาณเท่าเดิม

เมื่อสัญญาณไฟฟ้าจากกลองอิเล็คทรอนิกส์เข้าสู่วงจรปรับสัญญาณจะถูกปรับแรงดันด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อปรับขนาดของสัญญาณจากแผ่นเปียโซอิเล็กทริคก่อนที่จะเข้าวงจรขยายที่ขาบวกและที่ขาลบของวงจรขยายจะประกอบด้วยตัวต้านทาน R1 และ R2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอัตราขยายของวงจรขยาย สัญญาณที่ออกจากวงจรขยายจะผ่านไดโอดเพื่อตัดทอนสัญญาณฝั่งลบ และผ่านวงจรกรองความถี่เพื่อลดการกระเพื่อมของสัญญาณซึ่งวงจรดังกล่าวประกอบด้วย R3 และ C1 ทำให้ได้สัญญาณในรูปแบบที่ต้องการ

ในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ใช้โปรแกรม Altium Designer ในการออกแบบ ซึ่งโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาด 32 บิต ใช้งานบนโปรแกรมวินโดว์ NT/XP

โปรแกรม Altium Designer มีชุดเครื่องมือออกแบบที่ทำให้สามารถออกแบบวงจรตั้งแต่ขั้นวางแนวความคิด จนกระทั่งเป็นชิ้นงานแผ่นวงจรได้อย่างง่าย เครื่องมือทั้งหมดของโปรแกรม Altium Designer ใช้งานภายใต้โปรแกรมประยุกต์เดียวคือ Design Explorer ทันทีที่เริ่มใช้งาน หน้าต่าง Design Explorer จะถูกเปิดขึ้น เครื่องมือออกแบบต่างๆจะปรากฏให้เลือกใช้งานได้อย่างง่าย ภายใต้สภาวะการใช้งานที่เป็นไปในแนวเดียวกัน ในโปรแกรม Altium Designer นี้ จะช่วยทำให้มองเห็นภาพรวมถึงการสร้างแบบวงจรหรือ (Schematic) การนำข้อมูลมาปรับปรุงแบบวงจรบนแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) และสร้างไฟล์เอาท์พุตสำหรับการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรปรับสัญญาณ

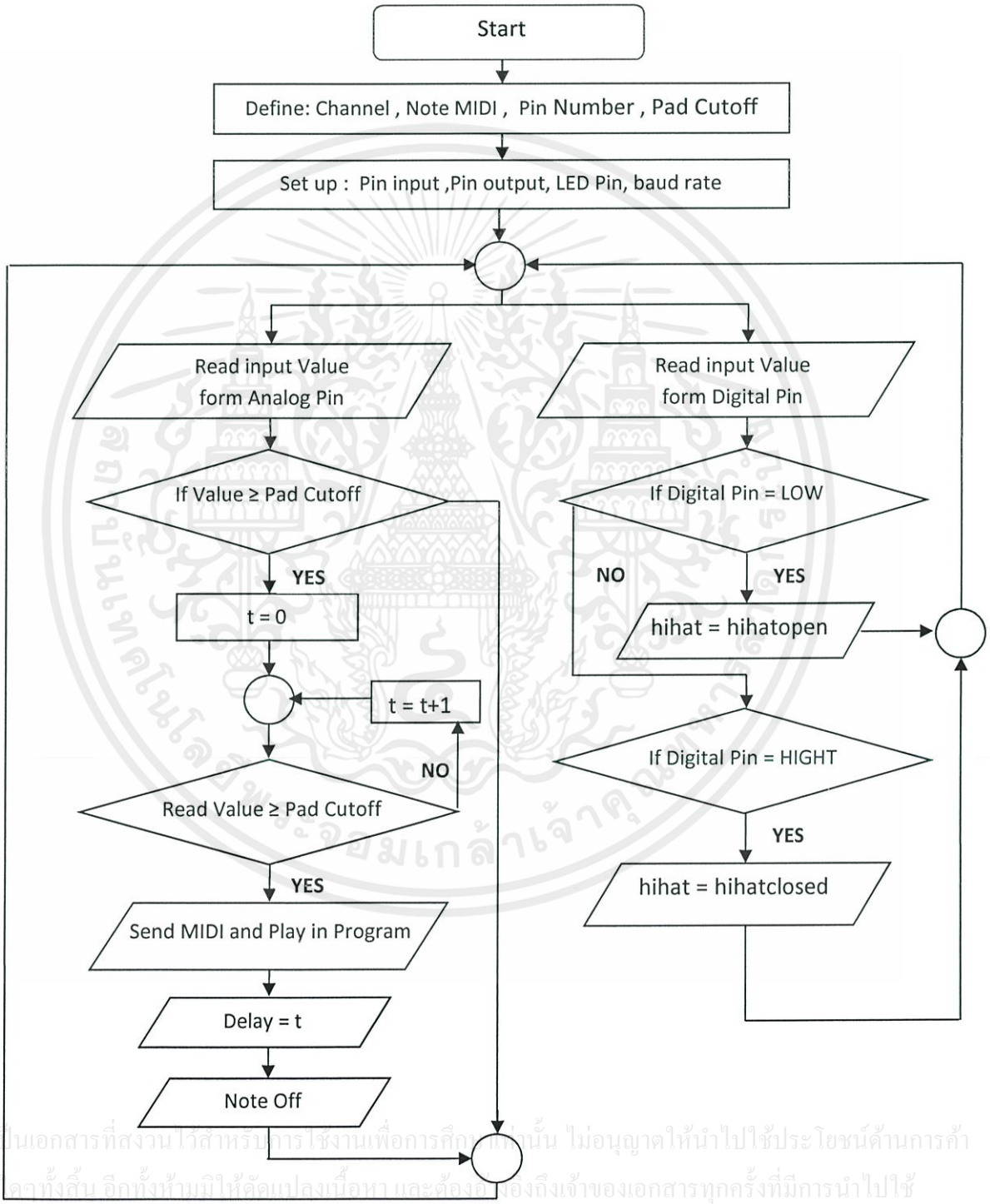
ในการใช้งานจะใช้บอร์ดวงจรปรับสัญญาณจำนวน 3 ชุด เพื่อรับสัญญาณไฟฟ้าได้จากกลองอิเล็คทรอนิกส์ 12 สัญญาณ ซึ่งสัญญาณแต่ละสัญญาณมีแรงดันสูงสุดไม่เท่ากัน เข้าสู่วงจรปรับสัญญาณเพื่อปรับค่าแรงดันสูงสุดไม่ให้โดนตัดยอดของสัญญาณ และส่งสัญญาณที่ได้นั้นเข้าสู่ขา อนาลอก 0 – 11 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

หลังจากที่ได้สัญญาณไฟฟ้าที่ถูกปรับลดแรงดันแล้ว สัญญาณจะถูกป้อนให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถูกโปรแกรมไว้เพื่อแปลงสัญญาณดังกล่าวเป็นข้อมูลทางดนตรีอิเล็กทรอนิกส์หรือข้อมูลมิดิ

โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานในครั้งนี้คือ Arduino 1.0.1 ซึ่งเป็นรุ่นล่าสุด ซึ่งอาศัยความรู้พื้นฐานของภาษาซี และออกแบบ Flow chart เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 3.14 แผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ แปลงให้อยู่ในรูปของ โปรแกรมภาษาซี โดยมีคำสั่งหลักๆที่ใช้ในการแปลงสัญญาณทางไฟฟ้า ให้เป็นสัญญาณข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล หรือมิดิดังนี้

```
int ledPin = 13;
int hihatloop = 2;
int Value, swloop;
int t;
unsigned char hihat;
unsigned char Channel = 1;                Channel  ในการรับส่งข้อมูล
unsigned char snare = 38;                 กำหนดรหัส MIDI
unsigned char hihatclosed = 42;
unsigned char hihatopen = 46;
int PadCutOff = 100;                      ประกาศตัวแปรค่าสมมติเสมือนเป็นจุดตรวจสอบ

void setup()
 {
  pinMode(ledPin,OUTPUT);                 กำหนดให้ขา Digital 13 เป็น OUTPUT
  pinMode(hihatloop,INPUT);               กำหนดให้ขา Digital 2 เป็น INPUT
  Serial.begin(115200);                   กำหนดค่า buadrate  ในการรับส่งข้อมูล
 }

void loop()
 {
    digitalWrite(ledPin,LOW);             กำหนดให้ ขา Digital 13 เป็น logic 0
    digitalWrite(hihatloop,LOW);          กำหนดให้ ขา Digital 2 เป็น logic 0
    swloop =digitalRead(hihatloop);       อ่านค่าจากขา Digital 2 มาเก็บไว้ที่ตัวแปร
     if(swloop == HIGH )                  ตรวจสอบเงื่อนไขจากขา Digital 2
       {
         hihat = hihatclosed;
       }
     if(swloop == LOW )
       {
         hihat = hihatopen;
       }
    Value = analogRead(0);                อ่านค่าจากขา Analog 0
     if((Value >= PadCutOff))             เช็คเงื่อนไขจากขา Analog 0
       {
```

ประกาศตัวแปรและกำหนดค่าคงที่

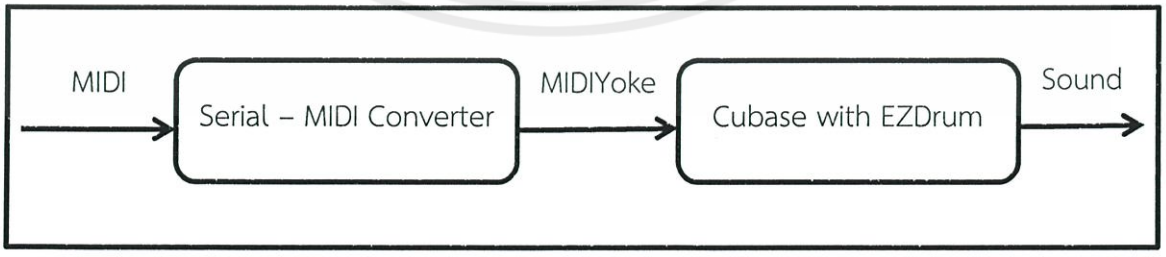
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
t=0;
while(analogRead(0) >= PadCutOff/2)
{
 t++;
}
digitalWrite(ledPin,HIGH);          กำหนดให้ขา Digital 13 เป็น HIGH
MIDI_TX(MASSAGE, PITCH, VELOCITY);  โค้ดให้การส่งข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล
delay(10);                          หน่วงเวลา
}
void MIDI_TX(unsigned char MASSAGE, unsigned char PITCH, unsigned char
VELOCITY)
 {
    Serial.write(MASSAGE);          Channel ในการทำงาน 0 - 15
    Serial.write(PITCH);            รหัสโค้ดข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล 0 -127
    Serial.write(VELOCITY);         ค่าความแรงของสัญญาณ 0 - 127
 }
```

3.3.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลหรือข้อมูลมิดิที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างขึ้น จะถูกส่งผ่านเข้าสู่คอมพิวเตอร์ซึ่งจะเปลี่ยนข้อมูลที่ได้ให้เป็นเสียงสังเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางดนตรีทั่วไป ซึ่งกระบวนการนี้จำเป็นที่ต้องใช้โปรแกรมหลายโปรแกรมร่วมกันทำงานจึงจะสามารถสังเคราะห์เสียงขึ้นได้

เนื่องจากการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์นั้น โดยปกติแล้วไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้ทันทีเนื่องจาก คอมพิวเตอร์จำเป็นที่ต้องรับข้อมูลผ่านพอร์ตข้อมูลมิดิเท่านั้น จึงต้องมีโปรแกรมทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสาร ซึ่งโปรแกรมนั้นคือ Serial – MIDI Converter โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแปลงข้อมูลมิดิที่ได้รับจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม ให้เป็นพอร์ตข้อมูลมิดิ ซึ่งจะพอร์ตข้อมูลมิดินี้จะถูกจำลองด้วยโปรแกรม MIDIYoke หลังจากนั้นโปรแกรม Cubase ซึ่งเป็นโปรแกรมทางดนตรีที่สามารถทำงานร่วมกับข้อมูลมิดิจึงจะสามารถดึงข้อมูลมิดิที่สร้างขึ้นโดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ไปสังเคราะห์เป็นเสียงได้



รูปที่ 3.15 แผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากโปรแกรม Cubase จะเป็นเป็นโปรแกรมทางดนตรีที่สามารถทำงานร่วมกับข้อมูลมิดิได้แล้ว ยังสามารถติดตั้งโปรแกรมเสริมเพื่อช่วยในการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้อีกด้วย ซึ่งในโครงงานนี้ ได้ทำการติดตั้งโปรแกรม EZDrum ซึ่งเป็นโปรแกรมเฉพาะทางด้านเสียงกลองชุด ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการสร้างสัญญาณในโครงงานนี้ โดยโปรแกรม EZDrum มีส่วนผู้ใช้งานซึ่งแสดงภาพของกลองชุด และเมื่อได้รับข้อมูลมิดิของกลองตัวใด ส่วนผู้ใช้งานนี้ก็จะแสดงว่ากลองตัวนั้นถูกตีตามไปด้วย ซึ่งเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน และสามารถบันทึกข้อมูลมิดิที่ได้จากการตีกลองเก็บไว้ได้

รูปที่ 3.16 โปรแกรม Cubase พร้อมโปรแกรมเสริม EZDrum

3.4 ส่วนส่งสัญญาณ

ในส่วนการส่งสัญญาณโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสังเคราะห์เสียงจากข้อมูลมิดิที่ได้รับมา แล้วส่งออกลำโพงซึ่งสามารถใช้ลำโพงที่ติดตั้งกับคอมพิวเตอร์หรือต่ออุปกรณ์ภายนอกได้

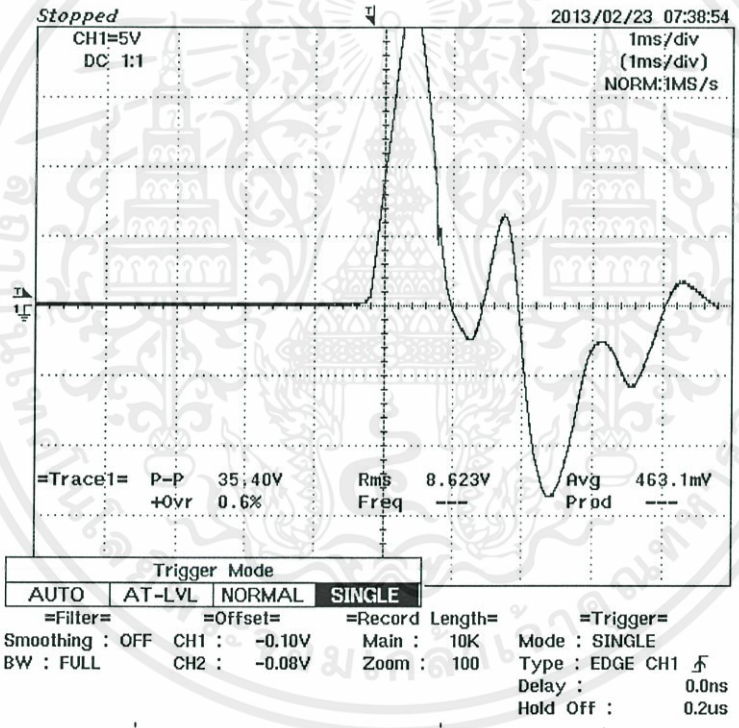
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

การทดสอบการทำงานการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีทั้งหมดนั้น สามารถแยกผลการทดลองออกเป็นส่วนๆได้ดังนี้ ส่วนรับสัญญาณประกอบไปด้วยตัวกลองอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนประมวลประกอบไปด้วยผลการทำงานของวงจรปรับสัญญาณ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และส่วนสุดท้ายคือส่วนส่งสัญญาณ

4.1 ส่วนรับสัญญาณ

การทดสอบในส่วนนี้ จะอาศัยหลักการทำงานของเซนเซอร์เปียโซอิเล็กทริคที่ติดตั้งในแผ่นรับสัญญาณของกลองแต่ละตัว โดยการทดสอบในส่วนนี้จะทำการวัดค่าแรงดันของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการตีกลองโดยการวัดคร่อมตัวต้านทานด้วยออสซิลโลสโคปได้กราฟดังรูป



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าแรงดันที่ได้จากอุปกรณ์รับแรง

จากรูปพบว่าแผ่นเปียโซอิเล็กทริคสามารถเปลี่ยนพลังกลเป็นพลังไฟฟ้า โดยเปลี่ยนแรงในการตีกลองแต่ละครั้งเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าได้ สัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากการตีบนหน้าอุปกรณ์รับแรงจะมีแรงดันสูงมากและมีรูปการสั่นไม่คงที่ ซึ่งมากกว่าค่าที่คาดการณ์ไว้และจากหน้าอุปกรณ์รับแรงแต่ละอันสามารถจ่ายแรงดันได้ไม่เท่ากัน อุปกรณ์รับแรงที่ติดโฟมยางหนามากจะให้แรงดันน้อยกว่าอุปกรณ์รับแรงที่ติดโฟมยางบาง และในกรณีที่ตัวกลองมีแผ่นเปียโซอิเล็กทริคติดอยู่สองตัว พบว่าหากทำการตีที่ตัวใดตัวหนึ่งแล้วจะทำให้อีกตัวสั่นไปด้วย ซึ่งทำให้ค่าที่ได้ผิดเพี้ยนไปจากความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ส่วนประมวลผล

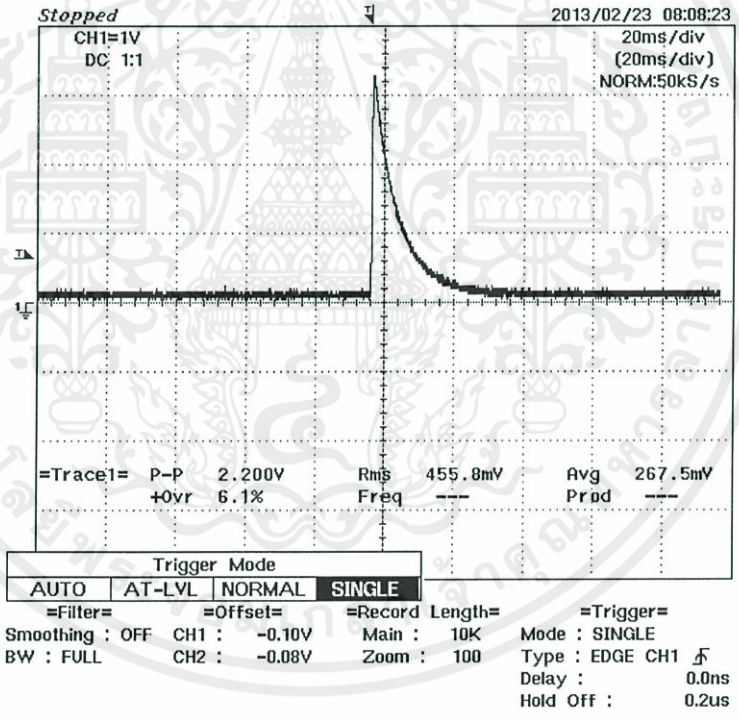
ในส่วนนี้จะแบ่งผลการทดลองออกเป็นอีกสามส่วน คือ ผลการทดลองจากวงจรปรับสัญญาณ ผลการทดลองจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ผลการทดลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.2.1 ผลการทดลองจากวงจรปรับแรงดัน

การทดลองในส่วนนี้จะทำการต่อสัญญาณที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์รับแรงเข้ากับวงจรปรับสัญญาณซึ่งได้จากการสร้างแผ่นพิมพ์วงจร (PCB) ที่ออกแบบและคำนวณด้วยโปแกรม Altium Designer หลังจากนั้นวัดสัญญาณที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านวงจรปรับแรงดันแล้วด้วยออสซิลโลสโคป

จากการทดลองในส่วนรับสัญญาณพบว่าสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์รับแรงมีค่าแรงดันสูงกว่าที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รับได้จริง ทำให้จำเป็นที่จะต้องปรับแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณลง เมื่อนำสัญญาณไฟฟ้าดังกล่าวมาผ่านวงจรปรับสัญญาณที่ออกแบบไว้พบว่า แรงดันไฟฟ้าของสัญญาณมีค่าลดลงเหลือประมาณ 0 – 3.8 โวลต์ ซึ่งเป็นค่าแรงดันที่มีความเหมาะสมมากกว่า และลดความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายต่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

นอกจากนี้สัญญาณที่ผ่านออกมาจากวงจรปรับแรงดันยังมีรูปแบบที่เปลี่ยนไป คือ มีการลู่ลงของสัญญาณและมีสัญญาณเฉพาะทางฝั่งค่าบวก ดังรูป



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าแรงดันที่ได้จากวงจรปรับแรงดัน

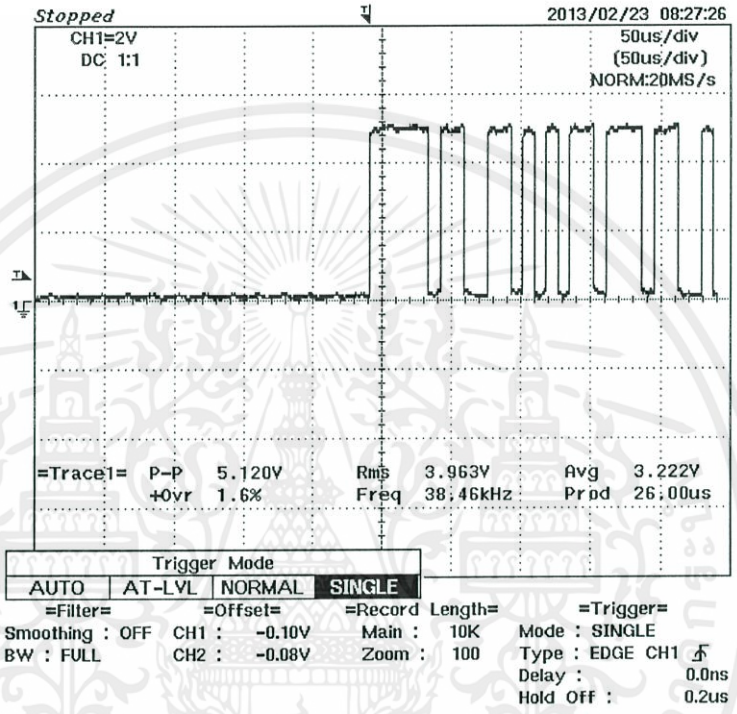
จากรูปพบว่าได้แรงดันประมาณ 3 โวลต์ และมีค่าความล่าช้าประมาณ 20 มิลลิวินาที ซึ่งสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์รับแรงจะมีแรงดันของสัญญาณไฟฟ้าและลู่ลงของสัญญาณไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังเกิดสัญญาณรบกวน จากรูปพบว่ามีค่าประมาณ 0.2 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

การทดลองในส่วนนี้เกี่ยวเนื่องกับการทดลองที่ผ่านมาทั้งหมด คือ จำเป็นที่ต้องต่ออุปกรณ์รับแรงกับวงจรปรับแรงดันก่อนที่จะต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากนั้นวัดค่าสัญญาณที่ได้จากขา TX และ RX ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยออสซิลโลสโคป

ในส่วนของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลงสัญญาณที่ได้รับจากวงจรปรับสัญญาณ แล้วทำการแปลงเป็นข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลหรือข้อมูลมิดิ โดยการวัดที่ขา Rx Tx ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลที่ได้จากการทดลอง คือ ได้สัญญาณในรูปแบบดิจิตอล ดังรูป



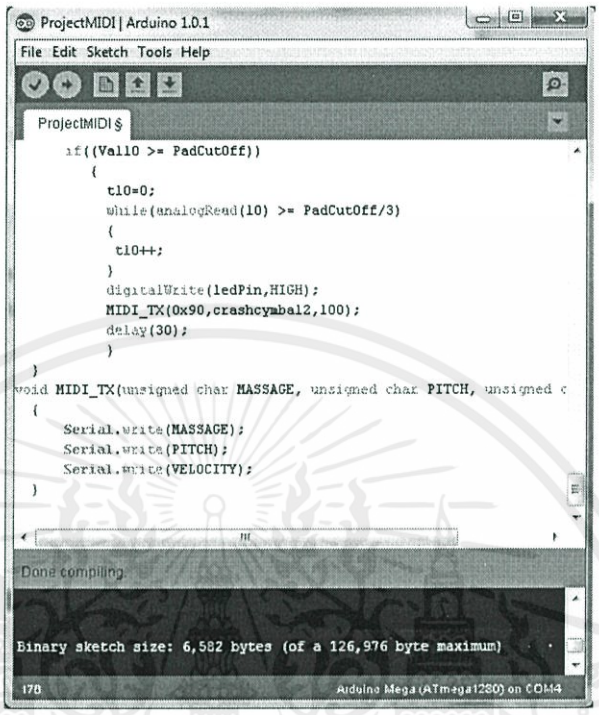
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงสัญญาณดิจิตอลจากขา Rx Tx

จากรูปพบว่า ได้สัญญาณที่มีแรงดันไฟฟ้า 0 – 5 โวลต์ เป็นสัญญาณดิจิตอล ที่จะถูกส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดลองสร้างโปรแกรมควบคุมด้วยภาษา C Arduino

การทดลองในส่วนนี้ทดสอบการประมวลผลโค้ดตามที่วางแผนไว้จากแผนผังขั้นตอนการทำงาน โดยการใช้โปรแกรม Arduino 1.0.1 ในการประมวลผลและอัพโหลดข้อมูลลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.4 รูปแสดงการประมวลผลของโปรแกรม Arduino 1.0.1

จากรูปแสดงการประมวลผลของโปรแกรม พบว่าใช้พื้นที่เก็บข้อมูลไป 6,582 bytes ตัวบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์มีพื้นที่เก็บข้อมูลขนาด 123,976 byte ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการ

หลังจากที่ได้ทำการอัพโหลดข้อมูลและทำการโปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่าผลจากโปรแกรมที่ตั้งค่าไว้เป็นไปตามที่ได้เขียนโค้ดคำสั่ง MIDI_TX(MASSAGE, PITCH, VELOCITY); ผลที่ได้สามารถรับส่งข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลได้ ค่า PITCH ตรงตามที่กำหนด ค่า VELOCITY หากตั้งไว้ที่ 100 ไม่ว่าใช้แรงหนักเบาก็ได้ความดังออกมาเท่ากัน และทดสอบรับค่าหนักเบาตามจริงโดยการตั้งค่า VELOCITY ไว้ที่ Value*127/1024 สามารถรับค่าความหนักเบาได้ตามต้องการ แต่หากใช้แรงกระทำเบาเกินไปไม่ถึงค่า Pad Cutoff จะไม่สามารถส่งสัญญาณข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลออกมาได้ และจากข้อมูลคำสั่ง delay(t); พบว่าหากตั้งค่า ความหน่วงของสัญญาณไว้ t จะทำให้ใช้เวลานานเกินไป และรับสัญญาณขาเข้าแบบต่อเนื่องไม่ได้ เนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามาประมวลผลด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นมีการหน่วงเวลามากเกินไป และจากการทดลองโดยการตั้งค่าหน่วงเวลาให้ใกล้กับกลองของจริง โดยหางเสียงของตัวกลองนั้นมีการหน่วงของเสียงน้อยมากแล้วแต่การตั้งความตึงของหนังกลอง ส่วนเครื่องทองเหลือง มีหางเสียงที่ยาวกว่า จึงเลือกตั้งค่าความหน่วงเสียงของตัวกลองไว้ที่ 10 มิลลิวินาที และอุปกรณ์เครื่องทองเหลืองไว้ที่ 50 มิลลิวินาที ผลการทดลองพบว่า สามารถรับสัญญาณได้ต่อเนื่องมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการตั้งเงื่อนไขที่ขาดิจิตอล โดยการใช้สวิตช์ควบคุมโดยเท้า สามารถทำงานได้ดีมาก ทำให้แผ่นรับสัญญาณสามารถเปลี่ยนเสียงได้ 2 เสียงตามที่ได้ออกแบบ และทำการทดลองใช้อุปกรณ์ทั้งหมดให้สัญญาณพร้อมๆกัน พบว่าเสียงออกมาไม่ต่อเนื่อง และผิดพลาดบ้าง

4.2.4 ผลการทดลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การทดลองในส่วนนี้จะทำโดยการรับข้อมูลมิดิจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งานร่วมกับโปรแกรมทางดนตรี ในที่นี้คือโปรแกรม Cubase ว่าสามารถรับข้อมูลดังกล่าวได้หรือไม่

หลังจากที่ได้รับสัญญาณจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว โปรแกรม Serial – MIDI Converter สามารถรับสัญญาณดังกล่าวแล้วส่งต่อไปยังพอร์ตที่โปรแกรม Cubase ผ่านพอร์ตจำลองที่โปรแกรม MIDIYoke สร้างขึ้นได้

โดยโปรแกรมทั้งหมดสามารถทำงานประสานต่อเนื่องกันได้จนทำให้สัญญาณที่รับมาแสดงผลในโปรแกรม Cubase ได้อย่างถูกต้อง และโปรแกรม EZDrum ก็ยังสามารถแสดงผลในส่วนผู้ใช้งานได้ตามข้อมูลมิดิที่ได้รับมา และยังสามารถบันทึกข้อมูลและแก้ไขได้เองในส่วนของข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลหรือมิดิ ที่ไม่ได้ความหนักเบาตามต้องการหรือผิดเสียงก็สามารถแก้ไขได้

4.3 ส่วนส่งสัญญาณ

หลังจากที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ประมวลผลข้อมูลมิดิแล้วสังเคราะห์ออกมาเป็นเสียงผ่านในส่วนส่งสัญญาณ พบว่าลำโพงสามารถกำเนิดเสียงตามโน้ตที่เล่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าระบบการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลจำเป็นที่จะต้องใช้ส่วนประกอบหลักทั้งหมด 3 ส่วน คือ ส่วนรับสัญญาณ ส่วนประมวลผล และส่วนส่งสัญญาณ

5.1.1 สรุปผลการทดลองส่วนรับสัญญาณ

ในส่วนการรับสัญญาณ พบว่าแผ่นเปียโซอิเล็กทริคสามารถแปลงแรงที่กระทำบนผิวกลองให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ แต่สมรรถภาพของการแปลงสัญญาณนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความหนาของโฟมยางที่รองรับแรงก่อนถึงแผ่นเปียโซอิเล็กทริค รูปแบบการจัดวางแผ่นเปียโซอิเล็กทริค และเนื่องจากกลองทุกใบตั้งอยู่บนโครงสร้างเดียวกัน ทำให้มีผลกระทบต่ออุปกรณ์รับแรงทั้งหมด

5.1.2 สรุปผลการทดลองส่วนประมวลผล

ส่วนการประมวลผลสัญญาณที่ได้รับมา พบว่าก่อนที่สัญญาณที่เข้าสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้นั้น จำเป็นต้องผ่านวงจรปรับแรงดันซึ่งทำหน้าที่ปรับแรงดันของสัญญาณให้เหมาะสมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อน เมื่อสัญญาณผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วสัญญาณจะถูกแปลงเป็นข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลหรือข้อมูลมิดิ เพื่อส่งต่อให้คอมพิวเตอร์ประมวลด้วยโปรแกรมทางดนตรี โดยใช้โปรแกรม Series-MIDI Converter ในการติดต่อสื่อสารระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์ แต่เนื่องจากข้อมูลมิดิต้องส่งผ่านระบบพอร์ต จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมจำลองพอร์ตคือโปรแกรม MIDIYoke จำลองพอร์ต และใช้โปรแกรม Cubase ในการประมวลข้อมูล ซึ่งการทดลองในส่วนนี้ทั้งหมดพบว่า มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการประมวลข้อมูลหลักๆ คือ สัญญาณที่ได้รับจากส่วนรับสัญญาณ คือ หากสัญญาณที่ได้รับมามีความลู่ลงของสัญญาณที่คงที่ จะทำให้สามารถประมวลผลได้ดี แต่หากมีสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณแทรกจากอุปกรณ์อื่น ก็จะทำให้สัญญาณที่ประมวลได้นั้นมีความผิดพลาด

5.1.3 สรุปผลการทดลองส่วนส่งสัญญาณ

ส่วนสุดท้ายคือส่วนการส่งสัญญาณ ส่วนนี้จะได้รับสัญญาณเสียงสังเคราะห์จากส่วนประมวลผลและกำเนิดเสียงออกมา โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อส่วนนี้ส่วนมากจะเกิดขึ้นจากส่วนก่อนหน้า เช่น หากมีการรับสัญญาณที่ผิดพลาดของส่วนประมวลผล ก็จะทำให้สังเคราะห์เสียงผิดพลาด และ ทำให้ส่วนส่งสัญญาณกำเนิดเสียงที่ผิดพลาดตามมาด้วย

ระบบการสื่อสารข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอลทั้งหมดจะทำงานสมบูรณ์ต่อเมื่อทุกๆส่วนทำงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจากการทดลองใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่ายและราคาไม่แพงก็สามารถทำงานได้เช่นเดียวกับกลองไฟฟ้าทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

- การเลือกวัสดุที่ใช้ทำผิวหน้าของอุปกรณ์รับแรงที่ไม่สามารถเก็บเสียงจากการตีได้ดีเท่าที่คาดการณ์ไว้ ถึงแม้จะเพิ่มแผ่นรับแรงหรือโฟมยางแต่ก็ไม่สามารถลดเสียงที่เกิดขึ้นจากการตีได้
- การออกแบบให้อุปกรณ์รับแรงติดตั้งอยู่บนโครงสร้างเดียวกันทำให้เกิดการสั่นพร้อมๆกันข้องอุปกรณ์ทั้งที่ยังไม่ได้รับแรงโดยตรง
- การรับส่งสัญญาณด้วยตัวเชื่อมต่อแบบสเตอริโอราคาถูกทำให้เกิดสัญญาณรบกวน
- วงจรปรับสัญญาณ ไม่สามารถจ่ายแรงดันสูงสุดได้ตามต้องการ เนื่องจากวงจรขยายมีการสูญเสียแรงดันภายในประมาณ 0.5 โวลต์ และจากไดโอด 0.7 โวลต์ ทำให้ไม่ได้สัญญาณที่มีแรงดันสูงสุด 5 โวลต์ตามที่ต้องการ

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อ

- ในการออกแบบอุปกรณ์รับแรงควรจะเลือกใช้วัสดุที่มีความสามารถในการเก็บเสียงที่ดีกว่านี้
- ควรออกแบบโครงสร้างที่ติดตั้งอุปกรณ์รับแรงให้มีผลกระทบต่ออุปกรณ์รับแรงที่อยู่บนโครงสร้างเดียวกันให้น้อยที่สุด
- เลือกใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพจะช่วยเพิ่มสมรรถนะของระบบและลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น
- ควรออกแบบวงจรปรับแรงดันที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อให้ได้สัญญาณที่ดี
- ควรออกแบบเงื่อนไขในการรับสัญญาณของอุปกรณ์รับแรง

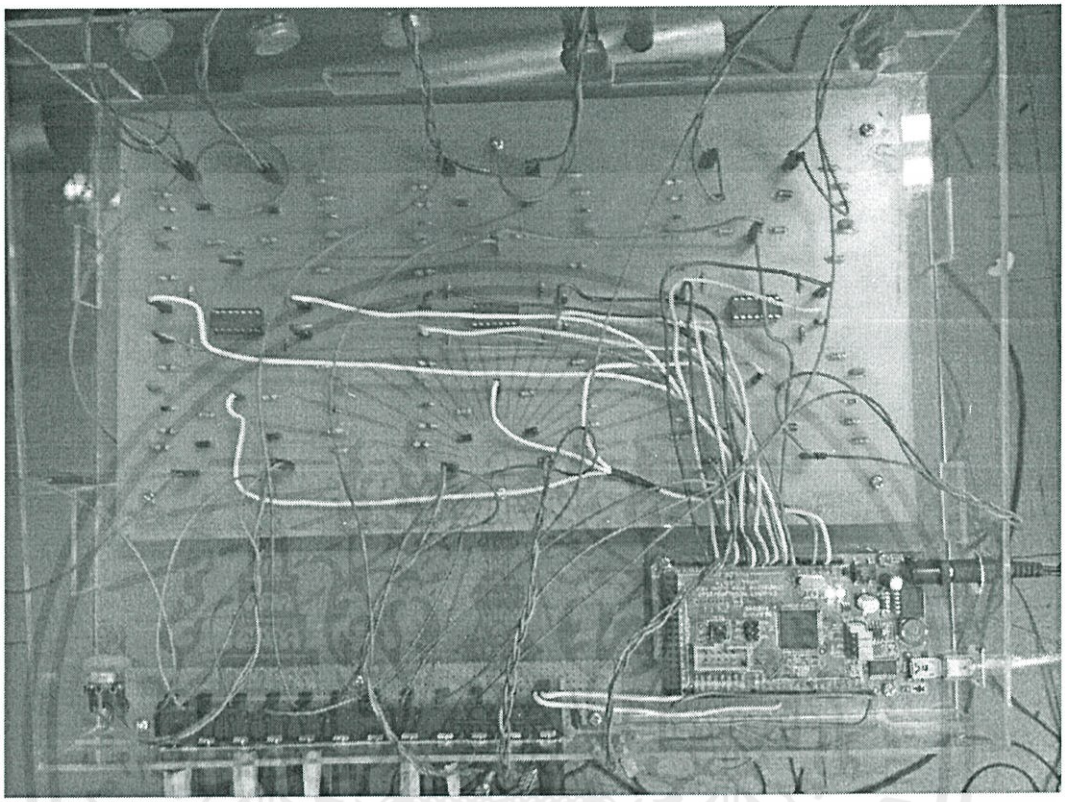
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

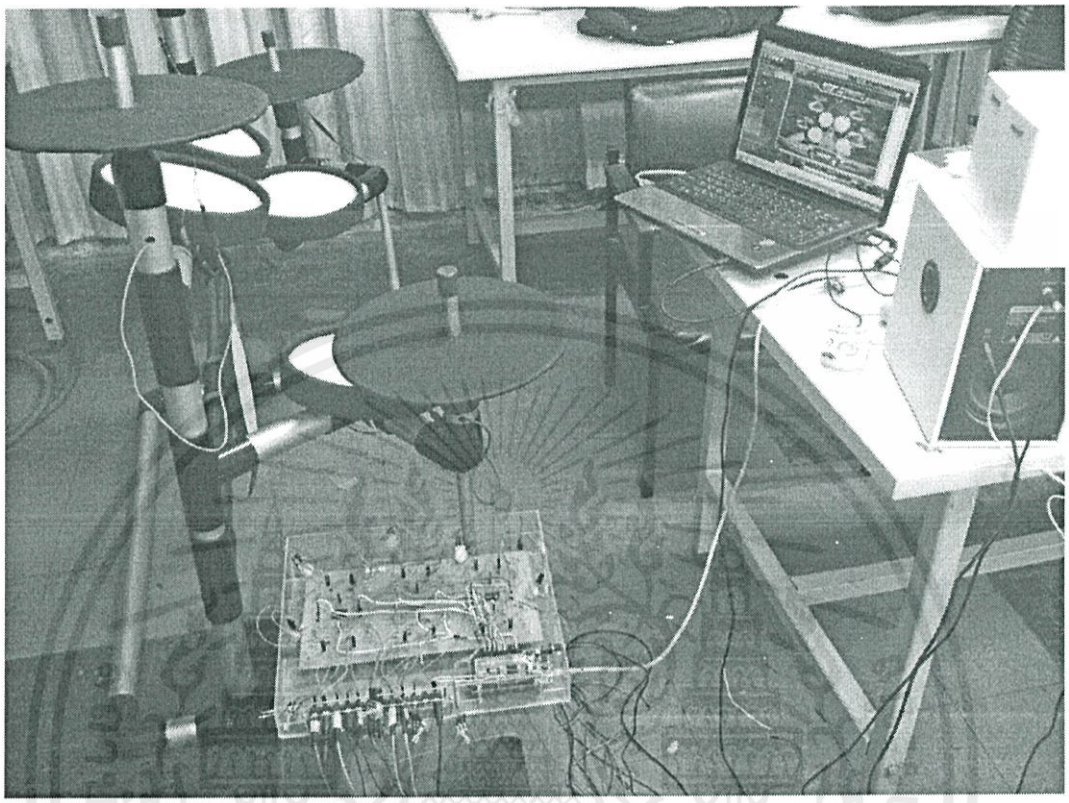
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

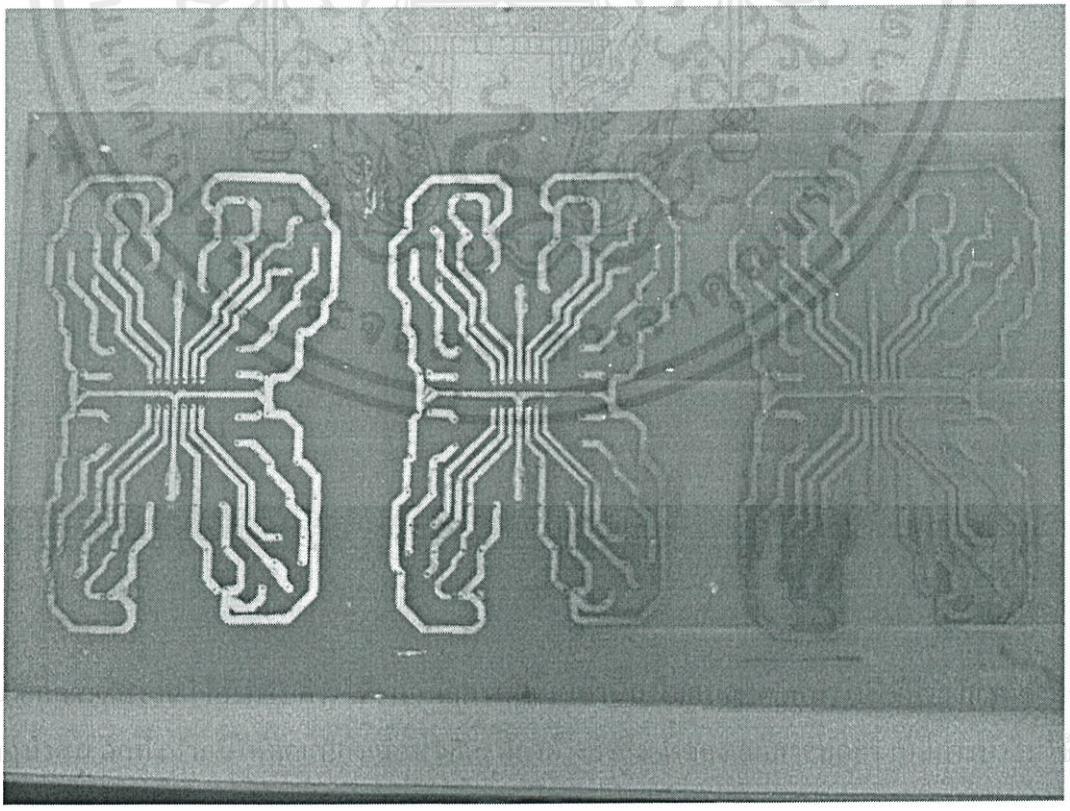
ภาคผนวก ก

รูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน



เอกสารนี้เป็น
ไม่ว่ากรณีใด





เอกสารนี้เป็น
ไม่ว่ากรณีใด
การค้า

ภาคผนวก ข

เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.1

เอกสารคู่มือการใช้ LM324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bay Linear

Inspire the Linear Power

Low Power Quad Operational Amplifiers

LM324/LM2902

Description

The LM324 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

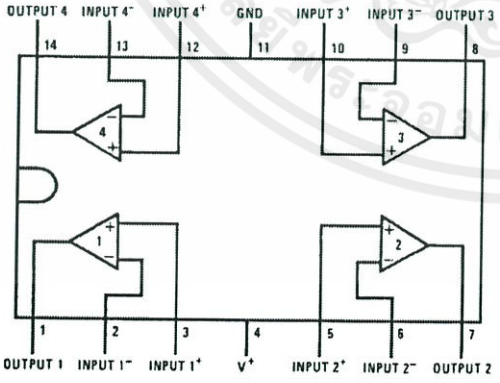
Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM324 series can be directly operated off of the standard + 5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional – 15V power supplies.

Features

- **Internally frequency compensated for unity gain**
- **Large DC voltage gain 100 dB**
- **Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)**
- **Wide power supply range: Single supply 3V to 32V or dual supplies – 1.5V to – 16V**
- **Very low supply current drain (700 á A) — essentially independent of supply voltage**
- **Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)**
- **Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA**
- **Input common- mode voltage range includes ground**
- **Differential input voltage range equal to the power supply voltage**
- **Large output voltage swing 0V to V+ - 1.5V**

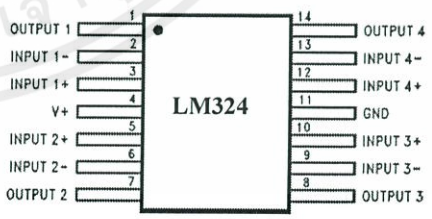
Pin Connection

Dual-In-Line Package



Ordering Information

Devices	Package	Temp.
LM324M	SO-14	0 °C to 70 °C
LM324P	14-DIP	0 °C to 70 °C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Rating

Parameter	LM324	Unit
Supply Voltage	32V	V
Differential Input Voltage	32	V
Input Voltage	-0.3 to 32	V
Input Current	50	mA
Storage Temperature	0 to 70	°C
Lead Temperature (solder 10 Second)	260	°C
ESD	250	V

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 5V; T_J=25°C , unless otherwise specified)

PARAMETER	TEST CONDITIONS*		LM324			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	Vcc =5V to MAX, V_{IC} = V_{ICR} min, V_O=1.4V	25 °C		3	7	mV
		Full range			9	
αVIO Average temperature coefficient of input offset voltage		Full range		7		μV/°C
I_{IO} Input offset current	Vo=1.4V	25 ° C		2	50	nA
		Full range			150	
αIIO Average temperature coefficient of input offset current		Full range		10		pA/°C
I_{IB} Input bias current	Vo=1.4V	25 °C		-20	-250	nA
		Full range			-500	
VICR Common-mode input voltage range	Vcc = 5V to MAX	25 °C	0 to Vcc-1.5			V
		Full range	0 to Vcc - 2			
VOH High-level output voltage	R_L ≥ 2 kΩ	25 °C	Vcc-1.5			V
	Vcc = MAX, R_L =2kΩ	Full range	26			
	Vcc = MAX, R_L ≥ 10 kΩ	Full range	27	28		
V_{OL} Low-level output voltage	R_L ≥ 10 kΩ	Full range		5	20	mV
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	Vcc = 15 V, Vo=1V to 11 V, R_L ≥ 2 kΩ	25 °C	25	100		V/mV
		Full range	15			
CMRR Common-mode rejection ratio	Vcc = 5V to MAX, V_{IC} = V_{ICR} min	25 °C	65	80		dB
k_{SVR} Supply voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$)	Vcc = 5V to MAX	25 °C	65	100		dB
Vo1/Vo2 Crosstalk attenuation	f=1kHz to 20 kHz	25 °C		120		dB
I_O Output current	Vcc = 15 V, V_{ID}=1V,Vo= 0	25 °C	-20	-30		mA
		Full range	-10			
	Vcc = 15 V, V_{ID}= -1V, Vo=15V	25 °C	10	20		
		Full range	5			
	V_{ID}= -1V, Vo = 200 mV	25 °C	12	30		μA
Ios Short-circuit output current	Vcc at 5 V, GND at -5V,Vo=0	25 °C		±40	±60	mA
Icc Supply current (four amplifiers)	Vo = 2.5 V, No load	Full range		0.7	1.2	mA
	Vcc = MAX, Vo = 0.5Vcc, No load	Full range		1.1	3	

* All characteristics are measured under open loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. "MAX" Vcc for testing purposes is 30 V. Full range is 0 °C to 70 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.2

เอกสารคู่มือการใช้ Piezo Element

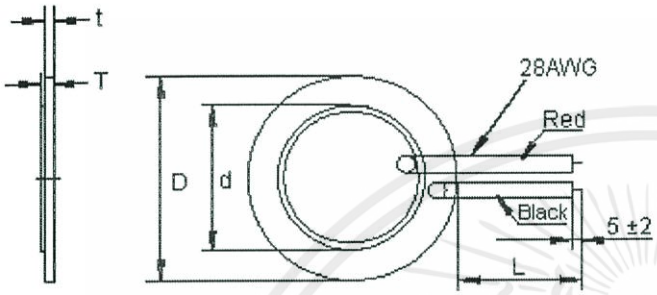
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Piezo Element

Features:

All data at 25°C unless otherwise specified.

- RoHS compliant.
- Low power consumption.
- Reliable and lightweight.



Dimensions : Millimetres

Specifications:

Rated maximum voltage (V_{p-p} square wave)	: 30V_{p-p}.
Capacitance	: 20,000pF ±30%.
Resonant frequency	: 4200 ±500Hz.
Resonant impedance	: ≥300Ω.
Operating temperature	: -20 to +60°C.
Storage temperature	: -20 to +70°C.
Dimensions D ±0.1	: 27mm.
d ±0.3	: 20mm.
t ±0.02	: 0.3mm.
T ±0.1	: 052mm.
Lead wire	: 28AWG.
Lead length (L)	: 200mm.

Part Number Table

Description	Part Number
Piezo Element, 27mm, 4200Hz, Leaded	ABT-441-RC

Disclaimer This data sheet and its contents (the "Information") belong to the Premier Farnell Group (the "Group") or are licensed to it. No licence is granted for the use of it other than for information purposes in connection with the products to which it relates. No licence of any intellectual property rights is granted. The Information is subject to change without notice and replaces all data sheets previously supplied. The Information supplied is believed to be accurate but the Group assumes no responsibility for its accuracy or completeness, any error in or omission from it or for any use made of it. Users of this data sheet should check for themselves the Information and the suitability of the products for their purpose and not make any assumptions based on information included or omitted. Liability for loss or damage resulting from any reliance on the Information or use of it (including liability resulting from negligence or where the Group was aware of the possibility of such loss or damage arising) is excluded. This will not operate to limit or restrict the Group's liability for death or personal injury resulting from its negligence. SPC Multicomp is the registered trademark of the Group. © Premier Farnell plc 2009.

ภาคผนวก ค
โปรแกรมแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นข้อมูลทางดนตรีแบบดิจิตอล

```
int ledPin = 13;

int pin = 0;

unsigned char hihat;

unsigned char bassdrum = 36;

unsigned char snare = 38;

unsigned char rimshot = 37;

unsigned char lowtom1 = 43;

unsigned char lowtom2 = 41;

unsigned char midtom1 = 47;

unsigned char midtom2 = 45;

unsigned char hightom1 = 50;

unsigned char hightom2 = 48;

unsigned char hihatclosed = 42;

unsigned char hihatopen = 46;

unsigned char ridebell = 53;

unsigned char ridecymbal1 = 51;

unsigned char crashcymbal1 = 49;

unsigned char crashcymbal2 = 57;

unsigned char chinesecymbal = 52;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unsigned char Channel = 1;

int Val,Val1,Val2,Val3,Val4,Val5,Val6,Val7,Val8,Val9,Val10,swloop;

int hihatloop = 2;

int t,t1,t2,t3,t4,t5,t6,t7,t8,t9,t10;

int PadCutOff = 100;

void setup()

 {

  pinMode(ledPin,OUTPUT);

  pinMode(hihatloop,INPUT);

  Serial.begin(115200);

 }

void loop()

 {

   digitalWrite(ledPin,LOW);

   digitalWrite(hihatloop,LOW);

   swloop = digitalRead(hihatloop);

    if(swloop == HIGH )

      {

       hihat = hihatclosed;

      }

    if(swloop == LOW )
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
     hihat = hihatopen;
    }
  Val = analogRead(0);
  if((Val >= PadCutOff))
    {
     t=0;
     while(analogRead(0) >= PadCutOff/2)
     {
     t++;
     }
     digitalWrite(ledPin,HIGH);
     MIDI_TX(0x90,bassdrum,100);
     delay(10);
     }
  Val1 = analogRead(1);
  if((Val1 >= PadCutOff))
    {
     t=0;
     while(analogRead(1) >= PadCutOff/3)
     {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      t++;
      }
      digitalWrite(ledPin,HIGH);
      MIDI_TX(0x90,snare,Val1*0.124);
      delay(10);
      }
      Val2 = analogRead(2);
if((Val2 >= PadCutOff))
  {
      t2=0;
      while(analogRead(2) >= PadCutOff/2)
      {
      t2++;
      }
      digitalWrite(ledPin,HIGH);
      MIDI_TX(0x90,rimshot,Val2*0.124);
      delay(10);
      }
Val3 = analogRead(3);
if((Val3 >= PadCutOff))
  {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
t3=0;
while(analogRead(3) >= PadCutOff/10)
{
 t3++;
}
digitalWrite(ledPin,HIGH);
MIDI_TX(0x90,lowtom1,Val3*0.124);
      delay(20);
}
 Val4 = analogRead(4);
if((Val4 >= PadCutOff))
{
t4=0;
while(analogRead(4) >= PadCutOff/10)
{
t4++;
}
digitalWrite(ledPin,HIGH);
MIDI_TX(0x90,midtom1,Val4*0.124);
      delay(20);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Val5 = analogRead(5);
if((Val5 >= PadCutOff))
  {
    t5=0;
    while(analogRead(5) >= PadCutOff/10)
    {
     t5++;
    }
    digitalWrite(ledPin,HIGH);
    MIDI_TX(0x90,hightom1,Val5*0.5);
        delay(20);
    }
 Val6 = analogRead(6);
if((Val6 >= PadCutOff))
  {
    t6=0;
    while(analogRead(6) >= PadCutOff/2)
    {
     t6++;
    }
    digitalWrite(ledPin,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    MIDI_TX(0x90,hihat,Val6*0.124);
    delay(20);
    }
Val7 = analogRead(7);
if((Val7 >= PadCutOff))
  {
    t7=0;
    while(analogRead(7) >= PadCutOff/2)
    {
     t7++;
    }
    digitalWrite(ledPin,HIGH);
    MIDI_TX(0x90,ridebell,126);
        delay(10);
    }
Val8 = analogRead(8);
if((Val8 >= PadCutOff))
  {
    t8=0;
    while(analogRead(8) >= PadCutOff/3)
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    t8++;
    }
    digitalWrite(ledPin,HIGH);
    MIDI_TX(0x90,ridecymbal1,Val8*0.124);
    MIDI_TX(0x80,ridebell,0);
        delay(20);
    }
Val9 = analogRead(9);
if((Val9 >= PadCutOff))
  {
   t9=0;
   while(analogRead(9) >= PadCutOff/3)
   {
    t9++;
   }
   digitalWrite(ledPin,HIGH);
   MIDI_TX(0x90,crashcymbal1,Val9*0.124);
        delay(30);
   }
Val10 = analogRead(10);
if((Val10 >= PadCutOff))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
     t10=0;
     while(analogRead(10) >= PadCutOff/3)
     {
     t10++;
     }
     digitalWrite(ledPin,HIGH);
     MIDI_TX(0x90,crashcymbal2,Val10*0.124);
          delay(30);
     }
}
void MIDI_TX(unsigned char MASSAGE, unsigned char PITCH, unsigned char VELOCITY)
{
   Serial.write(MASSAGE);
   Serial.write(PITCH);
   Serial.write(VELOCITY);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] เอกชัย มะการ. **เรียนรู้เข้าใจใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino.** เขตคลองเต ย กรุงเทพมหานคร: บริษัท อีทีที จำกัด 2552.

[2] **"ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกและการประยุกต์ใช้งาน."** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.sci.kmutnb.ac.th/sci/images/stories/papers_research/9___.PIEZO_ELECTRIC3.pdf_ok.pdf. 2552.

[3] **"Electronic Drum Tutorials."** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.edrums.info/. 2555

[4] **"Divided Feedback."** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.allaboutcircuits.com/vol_3/chpt_8/5.html. 2555

[5] **"Serial-MIDI Converter."** [Online]. เข้าถึงได้จาก http://spikenzielabs.com/SpikenzieLabs/Serial_MIDI.html. 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้