คีย์บอร์ดสอนเล่นเปียโน

Midi Piano Keyboard

ภาณุพงศ์ สุขะประดิษฐ

Panupong Sukpradit

มกรา อุตสาหะ

Makkara Utsaha

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงงาน 2

ภาควิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คีย์บอร์ดสอนเล่นเปียโน

Midi Piano Keyboard

โดย

ภาณุพงศ์ สุขะประดิษฐ

มกรา อุตสาหะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. เติมพงษ์ เพ็ชรกูล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงงาน 2

ภาควิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รายงานวิชา โครงงาน 2

ปีการศึกษา 2563

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง คีย์บอร์ดสอนเล่นเปียโน

Midi Piano Keyboard

ผู้จัดทำ นาย ภาณุพงศ์ สุขะประดิษฐ รหัสประจำตัว 60010778

นายมกรา อุตสาหะ รหัสประจำตัว 60010817

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

.....

รองศาสตราจารย์ ดร.เติมพงษ์ เพ็ชรกูล

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อโครงงาน	คีย์บอร์ดสอนเล่นเปียโน	
นักศึกษา	นาย ภาณุพงศ์ สุขะประดิษฐ	รหัสประจำตัว 60010778
	นายมกรา อุตสาหะ	รหัสประจำตัว 60010817
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	
ภาควิชา	อิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2563	
อาจาร์ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร.เติมพงษ์ เพ็ชรกูล	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอคีย์บอร์ดสอนเล่นเปียโน มีจุดประสงค์เพื่อต้องการที่จะสอนผู้ที่เล่นเปียโนไม่เป็น และต้องการที่จะหัดเล่นเปียโนด้วยตัวคนเดียว และยังเพื่อการศึกษาการเขียนโปรแกรม MIDI Keyboard ด้วยบอร์ดคอนโทรลเลอร์ โดยเราได้แบ่งงานออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. ทำตัวเปียโน 2. ส่วนเสริมในการสอนเล่นเปียโน 3. กล่อง MIDI Keyboard โดยเราได้ทำการเช็คค่าข้อมูลที่เราส่งจากตัว MIDI Keyboard เราได้เช็คข้อมูล 2 ค่า คือ 1. Value, Binary ,Hex ,Dec ข้อมูลที่ส่งมาจากค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ 2. Note Number คือค่าข้อมูลที่ส่งมาจากการกดปุ่ม เมื่อเราทำการเช็คข้อมูลของเรากับตัวตารางการส่งข้อมูลของภาษา MIDI ผลปรากฏว่าตรงกัน มีการส่งข้อมูลได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Project title	MIDI Piano Keyboard	
Students	Mr. Panupong Sukapradit	student ID 60010778
	Mr. Makkara Utsaha	student ID 60010817
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Academic	Year 2020	
Project Advisor	Assistant Professor Dr. Toempong Phetchakul	

ABSTRACT

This project presents the MIDI Piano Keyboard. Its purpose is to want to teach people who can't play the piano. And want to learn to play the piano alone And also to study MIDI Keyboard programming with controller board We have divided the work into 3 parts: 1. Make the piano 2. Add a part to teach how to play the piano 3. MIDI Keyboard box by checking the data that we send from the MIDI Keyboard, we can check 2 data values Is 1. Value, Binary, Hex, Dec data sent from variable resistor value 2. Note Number is the value of data sent by pressing the button. When we check our data against the MIDI transmission table, the results appear to match. Has the correct transmission of information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาคอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้มีการจัดตั้งวิชานี้ขึ้นมาเพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาที่เกิดในการทำโครงงานซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญส่วนหนึ่งในการทำงานในวันข้างหน้า ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.เติมพงษ์ เพ็ชรกูล ที่ให้คำแนะนำและชี้แนะรวมถึงบอกกล่าวหลักการสำคัญที่จำเป็นต่อการทำโครงงานและขอขอบคุณ นายธีระภัทร์ อันทะชัย นักศึกษาปริญญาโทที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือรวมถึงเพื่อนๆ ที่ร่วมทำงานด้วยกันมีปัญหาก็ช่วยเหลือได้ตลอด ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคุณพ่อและคุณแม่ ของคณะผู้จัดทำที่ค่อยสนับสนุนเป็นกำลังใจและคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ทุนในการทำโครงงานนี้ให้สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำหวังว่าโครงงานนี้จะเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจในโคงงานนี้ และผู้ที่นำโครงงานชิ้นนี้ไปใช้ในการทำงานจริง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูปภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	1
1.3 สมมติฐานการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 MIDI Languages	3
2.1.1 การส่งข้อมูลของ MIDI	3
2.1.2 การแปลงหมายเลขโน้ต MIDI	4
2.2 MIDI Controller	7
2.3 MIDI Keyboard	8
2.4 Synthesizer	8
2.5 Digital Audio Workstation (DAW)	9
2.6 Loop MIDI	9
2.7 Hairless MIDI	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญต่อ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8 บอร์ด Arduino	10
2.8.1 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3	11
2.8.2 องค์ประกอบของ PIN	12
2.8.3 การเขียนโปรแกรมพื้นฐาน Arduino	12
2.8.4 การเรียกใช้ Library	14
2.9 Vitual Studio Technogy (VST)	15
2.10 Rotary Encoder	16
2.10.1 หลักการทำงานของ Rotary Encoder	17
2.11 ตัวความต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้(Variable Resistors)	17
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	19
3.1 กระบวนการทำงานของระบบ	19
3.1.1 กระบวนการทำงานของระบบการทำ MIDI	19
3.1.2 กระบวนการส่งค่าจากโปรแกรม Synthesizer สู่คีย์บอร์ดเปียโน	20
3.2 การออกแบบโค้ดสำหรับควบคุมการส่งข้อมูลภาบใยระบบ	21
3.2.1 การเรียกใช้ Library	21
3.2.2 การตั้งค่าการส่งข้อมูล MIDI	21
3.2.3 การตั้งค่าการเรียกใช้สำหรับสวิทช์,ปุ่ม, Encoder และตัวต้านทานปรับค่าได้	22
3.2.4 การตั้งค่า Keypad	22
3.2.5 การตั้งค่า Encoder สวิทช์	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญต่อ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.6 การตั้งค่า Rotary สวิตช์	25
3.2.7 การตั้งค่าตัวต้านทานแบบปรับค่าได้	26
3.2.8 การตั้งค่า Joystick	27
3.2.9 การเรียกใช้ Library	29
3.2.10 การตั้งค่าการส่งข้อมูลระหว่าง IC และ Arduino	29
3.2.11 การตั้งค่าการเปิดปิด LED ในแต่ละหลอด	29
3.2.12 การเขียนโค้ดเพื่อตั้งค่าการรับข้อมูล ส่งข้อมูลไปยัง Output (LED)	30
3.3 อุปกรณ์และส่วนประกอบ	31
3.3.1 อุปกรณ์สำหรับ MIDI Controller	31
3.3.2 อุปกรณ์สำหรับการทำ Led สอนเล่นเปียโน	32
3.4 การออกแบบวงจร	32
3.5 ขั้นตอนออกแบบกล่องสำหรับอุปกรณ์	34
บทที่ 4 ผลการทดลอง	35
4.1 ผลการทดลอง	35
4.1.1 การทดลองที่ 1 การทดลองการเก็บค่าปุ่มโน้ต MIDI เทียบกับโน้ต Octave	35
4.1.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบความแม่นยำของการส่งค่า Value เมื่อเชื่อมต่อบน DAW	36
4.1.3 การทดลองที่ 3 การทดลองการแสดงค่าไฟ LED เทียบกับ MIDI	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญต่อ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.4 การทดลองที่ 4 การทดสอบความแม่นยำ ของการส่งค่าโน้ต MIDI บน Synthesizer	38
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	41
5.1 สรุปผลการทดลอง	41
5.2 วิจารณ์การทดลอง	41
บรรณาณุกรม	42
ภาพผนวก	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขอบเขตเวลาในการทำโครงงาน	2
ตารางที่ 2.1 ตารางการเปรียบเทียบโน้ต MIDI แบบ Octave	3
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่า MIDI Note เปรียบเทียบกับความถี่	6
ตารางที่ 2.3 ตารางการแสดงค่าต่างในแต่ละไบต์ของภาษา MIDI	7
ตารางที่ 4.1.1 ตารางผลการทดลองการเก็บค่าปุ่มโน้ต MIDI เทียบกับโน้ต Octave	35
ตารางที่ 4.1.2 ตาราง การทดลองการแสดงค่าไฟ LED เทียบกับ MIDI	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างของ Synthesizer	8
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของโปรแกรม DAW	9
รูปที่ 2.3 โปรแกรม Loop MIDI	9
รูปที่ 2.4 โปรแกรม Hairless MIDI	10
รูปที่ 2.5 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3	11
รูปที่ 2.6 ขา Pin ของ Arduino Mega 2560	13
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการแสดงผลของ LED	15
รูปที่ 2.8 โปรแกรม Ragnarök VST	16
รูปที่ 2.9 อุปกรณ์ Rotary Encoder	16
รูปที่ 2.10 การทำงานของ Rotary Encoder	17
รูปที่ 2.11 ตัวความต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้	18
รูปที่ 3.1 การเรียกใช้ Library	21
รูปที่ 3.2 การตั้งค่าการส่งข้อมูล MIDI	21
รูปที่ 3.3 การตั้งค่าการเรียกใช้สำหรับสวิตช์,ปุ่ม, Encoder และตัวต้านทานปรับค่าได้	22
รูปที่ 3.4 การตั้งค่า Keypad	22
รูปที่ 3.5 การตั้งค่า Encoder	24
รูปที่ 3.6 การตั้งค่า Rotary สวิตช์	25
รูปที่ 3.7 การตั้งค่าตัวต้านทานแบบปรับค่าได้	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพที่	หน้า
รูปที่ 3.8 การตั้งค่า Joystick	27
รูปที่ 3.9 การเรียกใช้ Library	29
รูปที่ 3.10 การตั้งค่าการส่งข้อมูล	29
รูปที่ 3.11 การตั้งค่าการเปิดปิด LED	29
รูปที่ 3.12 การตั้งค่าการรับข้อมูลและการส่งข้อมูล	30
รูปที่ 3.13 การต่ออุปกรณ์ภายในกล่อง	32
รูปที่ 3.14 การต่อวงจรไฟ LED	33
รูปที่ 3.15 การต่อวงจรไฟ LED กับไมโครคอนโทรลเลอร์	33
รูปที่ 3.16 การประกอบอุปกรณ์ภายในกล่อง	34
รูปที่ 3.17 การประกอบอุปกรณ์บนหน้ากล่อง	34
รูปที่ 4.1 รูปแสดงการทดลองการส่งข้อมูล Value ตั้งแต่ 0 จนถึง 127 เมื่อเชื่อมต่อบน DAW	36
รูปที่ 4.2 การแสดงการทดลองส่งค่าจาก synthesia เทียบบน bridge ครั้งที่ 1	38
รูปที่ 4.3 การแสดงการทดลองส่งค่าจาก synthesia เทียบบน bridge ครั้งที่ 2	39
รูปที่ 4.4 การแสดงการทดลองส่งค่าจาก synthesia เทียบบน bridge ครั้งที่ 3	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันนี้ วิศกรรมอิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในด้านดนตรี ทั้งในเรื่องการควบคุมเสียงดนตรี การแต่งเสียงดนตรีให้มีความไพเราะมากขึ้น ทุกอย่างล้วนมีงานอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาเกี่ยวข้องหมด ทำให้พวกผมสนใจที่จะทำ Midi Pino เพื่อทำมาใช้ในการสอนเล่นดนตรี โดยมีการนำเอาอุปกรณ์อีเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ และยังทำให้พวกผมได้ใช้ความรู้จากที่เรียนนำมาใช้ในงานจริง และยังได้ศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ภายนอกที่ไม่มีในห้องเรียน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

- เพื่อเข้าใจหลักการทำงานของ Midi Piano Keyboard
- เพื่อฝึกฝนการเขียนโปรแกรมให้ Arduino ชำนาญมากยิ่งขึ้น
- เพื่อให้สามารถประยุกต์และพัฒนาต่อยอดความสามารถของ Midi Piano ให้กลายเป็นเครื่องดนตรีชนิดอื่นได้
- สามารถสอนผู้ที่เล่นเปียโนไม่เป็นให้สามารถหัดเริ่มเล่นเปียโนได้

1.3 สมมุติฐานการศึกษา

สามารถออกแบบวงจร คอนโทรลเลอร์เสียงได้ และสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างเครื่องดนตรีที่ให้เสียงเปียโนออกมาได้ และยังต้องเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะสอนให้คนที่ไม่เคยเล่นเปียโนให้สามารถหัดเล่นเปียโนได้ด้วยตัวคนเดียว ซึ่งจะทำงานผ่านบอร์ด คอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	สัปดาห์ที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.ทฤษฎี/ซื้ออุปกรณ์	✓	✓	✓	✓											
2.ประกอบชุดทดลอง					✓	✓	✓	สอบ	✓						
3.เก็บผลการทดลอง								กลาง		✓	✓				
4.สรุปผลการทดลอง								ภาค				✓	✓		
5.เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์														✓	✓

ตารางที่ 1.1 ขอบเขตเวลาในการทำโครงงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ

- สามารถสอนผู้ที่ไม่เคยเล่นเปียโน ได้เริ่มหัดเล่นเปียโนได้
- ได้รับความรู้และประสบการ์ในการทำ Midi Piano Keyboard
- ได้รับความรู้และความชำนาญในการบอร์ด คอนโทรลเลอร์ มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 MIDI Languages

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) ถูกพัฒนาขึ้นในช่วงต้นทศวรรษ 1980 โดย Ikutaro Kakehashi ผู้ก่อตั้งบริษัท Roland ก่อนจะกลายเป็นมาตรฐานขึ้นในปี ค.ศ.1982 เป็นภาษาที่ทำให้คอมพิวเตอร์กับเครื่องดนตรีสามารถสื่อสารกันได้ทั้งในรูปแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เช่นการเชื่อมต่อกับ MIDI Controller และ MIDI Keyboard เป็นต้น

2.1.1 การส่งข้อมูลของ MIDI

ข้อความ MIDI จะถูกเป็นข้อมูลทั้งหมด 3 ไบท์ ซึ่งแสดงค่าสถานะ 3 อย่าง อย่างแรกคือสถานะบอก Channel ที่จะเก็บค่าของอุปกรณ์ต่างกันได้สูงสุด 16 ตัว อย่างที่สองคือสถานะโน้ตจะเก็บค่าการกดปุ่มเครื่องดนตรีแบ่งได้สองช่วงคือ Note On และ Note Off ช่วงแรกจะส่งค่าเมื่อกดปุ่ม ช่วงที่สองจะส่งค่าเมื่อปล่อยปุ่มซึ่งทั้งสองแสดงค่าเป็น 127 และ 0 ตามลำดับ และอย่างที่สามคือค่า Value ประกอบด้วยสองส่วนคือ Pitch และ Velocity ในส่วยของ Pitch จะแสดงค่าความถี่ตามโน้ตที่เล่นจาก 0 ถึง 127 โดยมีความถี่กลางอยู่ที่ 60 หรือโน้ต C3 ตามโน้ตของ Octave และในส่วนของ Velocity นั้นเป็นการเป็นค่าแสดงความดังของโน้ตซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 127

Note	Octave										
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
C	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
C#	1	13	25	37	49	61	73	85	97	109	121
D	2	14	26	38	50	62	74	86	98	110	122
D#	3	15	27	39	51	63	75	87	99	111	123
E	4	16	28	40	52	64	76	88	100	112	124
F	5	17	29	41	53	65	77	89	101	113	125
F#	6	18	30	42	54	66	78	90	102	114	126
G	7	19	31	43	55	67	79	91	103	115	127
G#	8	20	32	44	56	68	80	92	104	116	---
A	9	21	33	45	57	69	81	93	105	117	---
A#	10	22	34	46	58	70	82	94	106	118	---
B	11	23	35	47	59	71	83	95	107	119	---

ตารางที่ 2.1 ตารางการเปรียบเทียบโน้ต MIDI แบบ Octave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.2 การแปลงหมายเลขโน้ต MIDI

ขั้นตอนการได้รับ ข้อมูลของ MIDI มีการแปลงมาจากระดับเสียง (Pitch) ของโน้ตดนตรี ซึ่งสามารถแสดงได้ออกมาทั้งหมด 128 โน้ตโดยมีความสัมพันธ์กับความถี่ตามหลักคำนวณของความห่างของตัวโน้ตหรือ octave ตามสมการ $f = 440 \times 2^{(m-69)/12}$ โดยที่ 440 มีค่ามาจากความถี่ของโน้ต A ซึ่งเป็นโน้ตมาตรฐานของดนตรีซึ่งมีความถี่อยู่ที่ 440 เฮิร์ทและความห่างของโน้ตอยู่ที่ 9 เซมิโทนกับโน้ต C ซึ่งเป็นโน้ตกลางโดยมีการแปลงหมายเลขโน้ต MIDI อยู่ที่ 60 และโน้ต A มีการแปลงเป็นหมายเลขโน้ตของ MIDI อยู่ที่ 69

MIDI note number	Note names	Key number (Piano)	Frequency
127		G9	12543.85
126		F#9/Gb9	11839.82
125		F9	11175.30
124		E9	10548.08
123		D#9/Eb9	9956.06
122		D9	9397.27
121		C#9/Db9	8869.84
120		C9	8372.02
119		B8	7902.13
118		A#8/Bb8	7458.62
117		A8	7040.00
116		G#8/Ab8	6644.88
115		G8	6271.93
114		F#8/Gb8	5919.91
113		F8	5587.65
112		E8	5274.04
111		D#8/Eb8	4978.03
110		D8	4698.64
109		C#8/Db8	4434.92
108	88	C8	4186.01
107	87	B7	3951.07
106	86	A#7/Bb7	3729.31
105	85	A7	3520.00
104	84	G#7/Ab7	3322.44
103	83	G7	3135.96
102	82	F#7/Gb7	2959.96
101	81	F7	2793.83
100	80	E7	2637.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

99	79	D#7/Eb7	2489.02
98	78	D7	2349.32
97	77	C#7/Db7	2217.46
96	76	C7	2093.00
95	75	B6	1975.53
94	74	A#6/Bb6	1864.66
93	73	A6	1760.00
92	72	G#6/Ab6	1661.22
91	71	G6	1567.98
90	70	F#6/Gb6	1479.98
89	69	F6	1396.91
88	68	E6	1318.51
87	67	D#6/Eb6	1244.51
86	66	D6	1174.66
85	65	C#6/Db6	1108.73
84	64	C6	1046.50
83	63	B5	987.77
82	62	A#5/Bb5	932.33
81	61	A5	880.00
80	60	G#5/Ab5	830.61
79	59	G5	783.99
78	58	F#5/Gb5	739.99
77	57	F5	698.46
76	56	E5	659.26
75	55	D#5/Eb5	622.25
74	54	D5	587.33
73	53	C#5/Db5	554.37
72	52	C5	523.25
71	51	B4	493.88
70	50	A#4/Bb4	466.16
69	49	A4	440.00
68	48	G#4/Ab4	415.30
67	47	G4	392.00
66	46	F#4/Gb4	369.99
65	45	F4	349.23
64	44	E4	329.63
63	43	D#4/Eb4	311.13
62	42	D4	293.66
61	41	C#4/Db4	277.18
60	40	C4	261.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

59	39	B3	246.94
58	38	A#3/Bb3	233.08
57	37	A3	220.00
56	36	G#3/Ab3	207.65
55	35	G3	196.00
54	34	F#3/Gb3	185.00
53	33	F3	174.61
52	32	E3	164.81
51	31	D#3/Eb3	155.56
50	30	D3	146.83
49	29	C#3/Db3	138.59
48	28	C3	130.81
47	27	B2	123.47
46	26	A#2/Bb2	116.54
45	25	A2	110.00
44	24	G#2/Ab2	103.83
43	23	G2	98.00
42	22	F#2/Gb2	92.50
41	21	F2	87.31
40	20	E2	82.41
39	19	D#2/Eb2	77.78
38	18	D2	73.42
37	17	C#2/Db2	69.30
36	16	C2	65.41
35	15	B1	61.74
34	14	A#1/Bb1	58.27
33	13	A1	55.00
32	12	G#1/Ab1	51.91
31	11	G1	49.00
30	10	F#1/Gb1	46.25
29	9	F1	43.65
28	8	E1	41.20
27	7	D#1/Eb1	38.89
26	6	D1	36.71
25	5	C#1/Db1	34.65
24	4	C1	32.70
23	3	B0	30.87
22	2	A#0/Bb0	29.14
21	1	A0	27.50

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่า MIDI Note เปรียบเทียบกับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Table 2: Expanded Status Bytes List			
STATUS BYTE		DATA BYTES	
1st Byte Value Binary |Hex| Dec	Function	2nd Byte	3rd Byte
10000000= 80= 128	Chan 1 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10000001= 81= 129	Chan 2 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10000010= 82= 130	Chan 3 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10000011= 83= 131	Chan 4 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10000100= 84= 132	Chan 5 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10000101= 85= 133	Chan 6 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10000110= 86= 134	Chan 7 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10000111= 87= 135	Chan 8 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10001000= 88= 136	Chan 9 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10001001= 89= 137	Chan 10 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10001010= 8A= 138	Chan 11 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10001011= 8B= 139	Chan 12 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10001100= 8C= 140	Chan 13 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10001101= 8D= 141	Chan 14 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10001110= 8E= 142	Chan 15 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10001111= 8F= 143	Chan 16 Note off	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10010000= 90= 144	Chan 1 Note on	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10010001= 91= 145	Chan 2 Note on	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10010010= 92= 146	Chan 3 Note on	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10010011= 93= 147	Chan 4 Note on	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10010100= 94= 148	Chan 5 Note on	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10010101= 95= 149	Chan 6 Note on	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)
10010110= 96= 150	Chan 7 Note on	Note Number (0-127)	Note Velocity (0-127)

ตารางที่ 2.3 ตารางการแสดงค่าต่างในแต่ละไบต์ของภาษา MIDI

2.2 MIDI Controller

MIDI Controller เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ส่งข้อมูล MIDI ออกไปที่อุปกรณ์อื่นๆ MIDI Controller มีรูปแบบที่แตกต่างกันหลากหลายร ไม่ว่าจะเป็นแบบปุ่มเช่น Drum-pad หรือ Drum-machine ที่สามารถส่งสัญญาณ MIDI เพื่อส่งไปควบคุมค่าต่างๆ ซึ่งนิยมใช้ควบคุมค่าใน Synthesizer Plugin หรือปรับค่าของ Effect หรือแม่แต่ปรับเพิ่มลดเสียงของ Track ใน DAW (Digital Audio Workstation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 MIDI Keyboard

MIDI Keyboard หรือ “คีย์บอร์ดใบ้” เป็นชื่อที่เรามักจะใช้เรียก Keyboard ที่ไม่ได้มีเสียงอยู่ในตัวเอง โดยที่ Keyboard ประเภทนี้เป็น MIDI Controller ในรูปของ Keyboard ที่ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูล MIDI Note ไปให้อุปกรณ์อื่นๆ

2.4 Synthesizer

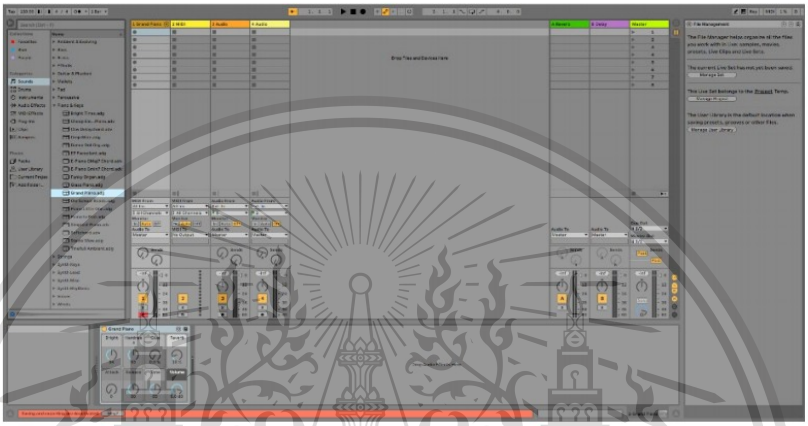
Synthesizer หรือเครื่องสังเคราะห์เสียงคือ เครื่องดนตรีอิเล็กทรอนิกส์ ออกแบบมาเพื่อสร้างเสียงจำลองโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การเพิ่มเสียง, การลดเสียง, การสังเคราะห์ เสียงกายภาพ, การทำให้คลื่นเสียงผิดเพี้ยนรูปร่างไป Synthesizer ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดปัจจุบันนี้ มักจะเป็นการรวมเอา MIDI Keyboard ที่ใช้เป็นส่วนควบคุม Note และใส่ MIDI Sound Module เข้าไปในตัวเครื่องเดียวกัน เลยทำให้มันสามารถที่จะสร้างเสียงได้ด้วยตัวมันเองโดยไม่จำเป็นที่จะต้องต่อกับ Sound Module และยังสามารถที่จะส่งข้อมูล MIDI ออกไปที่อุปกรณ์อื่นๆ เพื่อบันทึกข้อมูล MIDI หรือส่งไปที่ Sound Module อื่นพร้อมกัน

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างของ Synthesizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 Digital Audio Workstation (DAW)

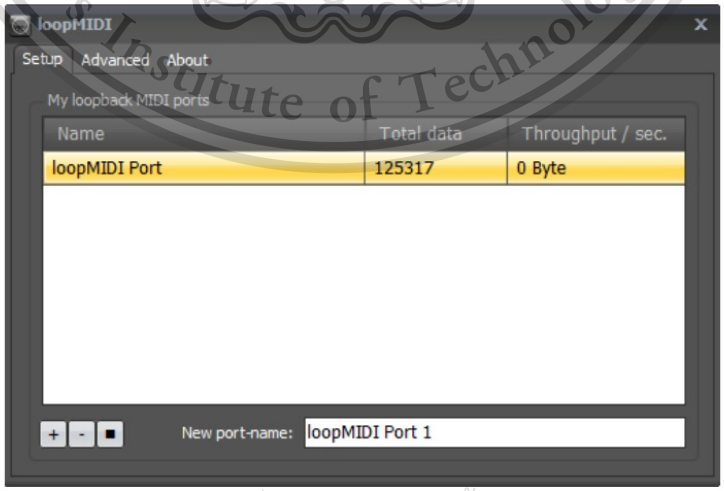
คือซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ทำงาน Recording, Editing, Mixing และ Mastering รวมถึง MIDI Sequencing ใน Program เดียวกันได้ พูดง่ายๆก็คือทำให้การบันทึกเสียง ปรับแต่งเสียงออกมามีคุณภาพและน่าฟังมากขึ้น แต่ใช้บน computer เท่านั้น โดยทั่วไปในการบันทึกเสียงเราจะใช้ฟังก์ชันเพียงบางส่วนจากซอฟต์แวร์ ในการบันทึกและแก้ไขเบื้องต้น



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของโปรแกรม DAW

2.6 Loop MIDI

เป็นซอฟต์แวร์ที่ส่งข้อมูล loop กลับไปยังพอร์ตของ MIDI ระหว่างแอพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการณ์เพื่อสื่อสารกับระหว่าง MIDI และฮาร์ดแวร์

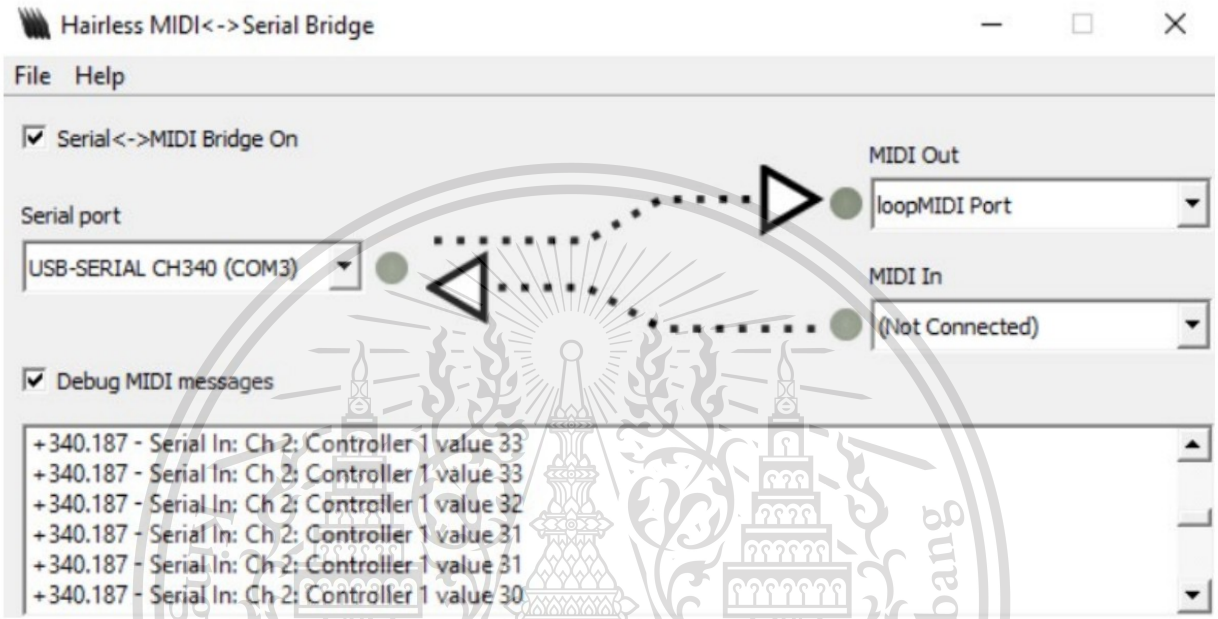


รูปที่ 2.3 โปรแกรม Loop MID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7 Hairless MIDI

เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อ Serial Bridge กับอุปกรณ์เช่นบอร์ด Arduino ในการส่งสัญญาณ MIDI หรือใช้ส่งข้อมูลข้ามแพล็ตฟอร์มของระบบปฏิบัติการณ์ และรองรับไลบรารีของ Arduino



รูปที่ 2.4 โปรแกรม Hairless MIDI

2.8 บอร์ด Arduino

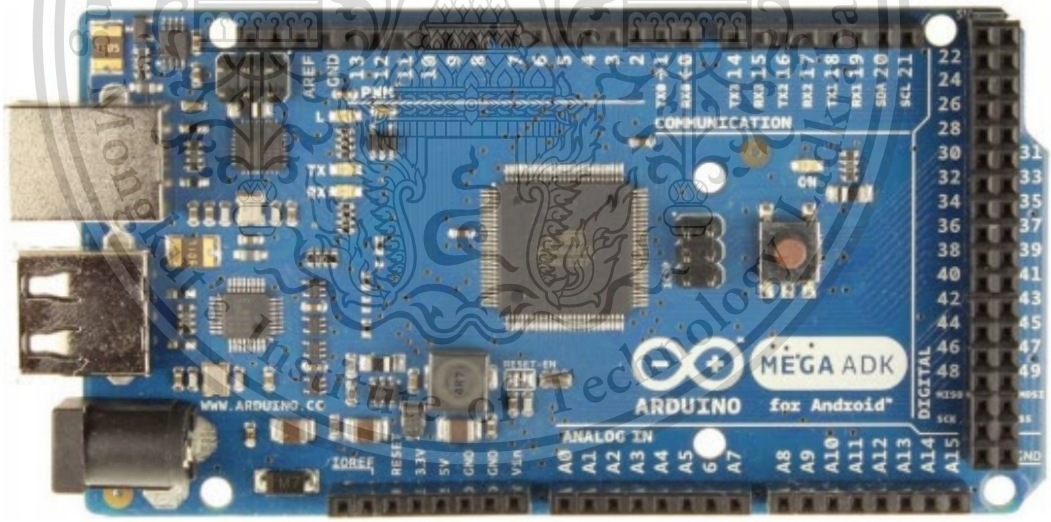
เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วยวามง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 1) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield,Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน ราคาไม่แพง Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

2.8.1 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3

บอร์ด Arduino Mega 2560 R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้I/O มาก งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์ Servo หลายๆตัว ทั้งนี้ บอร์ด Mega 2560 R3 ยัง มีความหน่วยความจำแบบ Flash มาก ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรม เข้าไปได้มากกว่า มีจำนวน Analog Input port 16 ช่อง Digital Input 54 ช่อง PWM 4 ช่อง Flash memory 256 kB ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ ใช้คือ ATmega2560 Clock 16 MHz ระดับแรงดันทำงาน ของ Port 5 V



รูปที่ 2.5 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8.2 องค์ประกอบของ PIN

1. USB Port 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

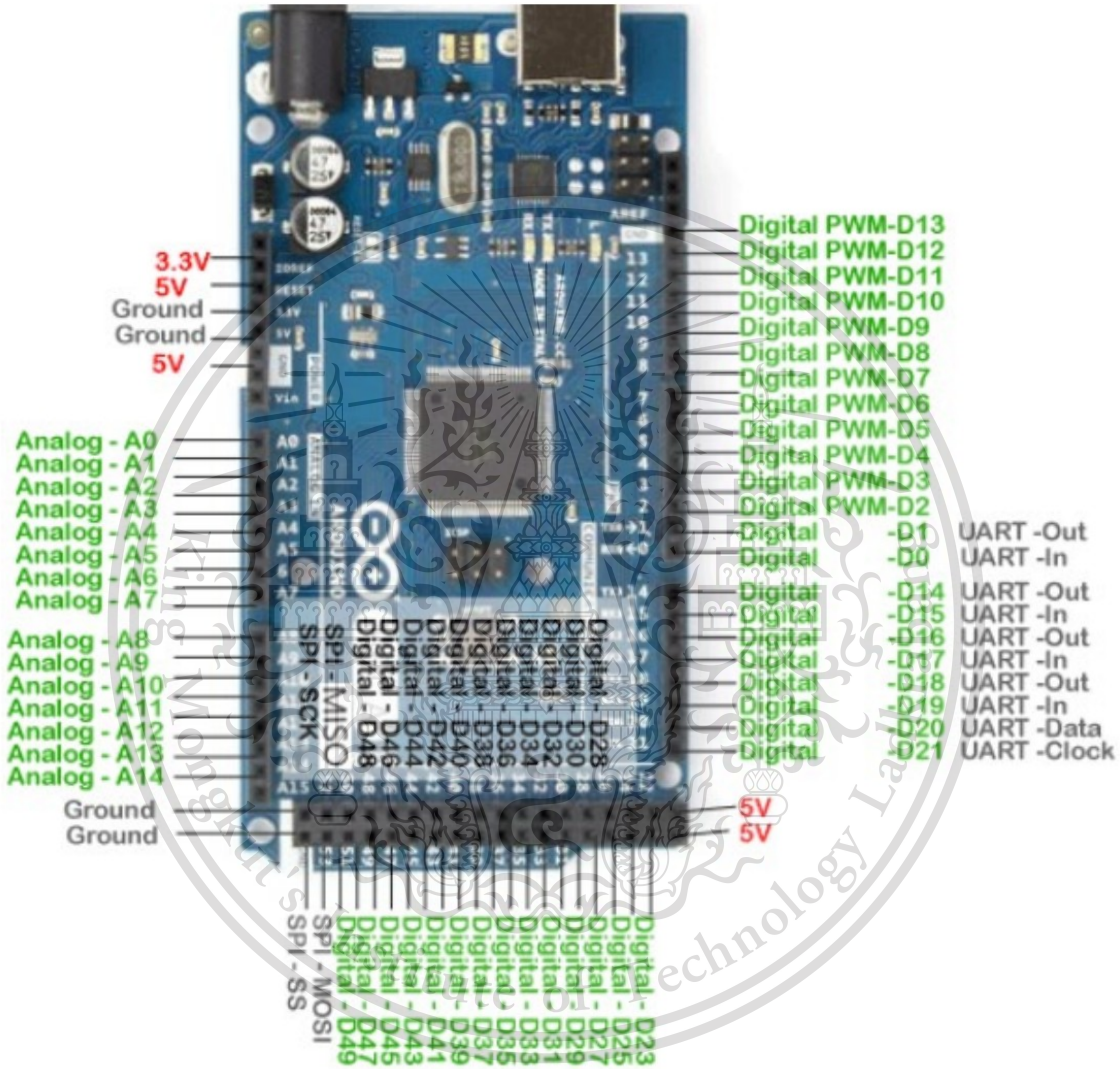
8. Power Port ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

9. Power Jack รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V 10. MCU Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

2.8.3 การเขียนโปรแกรมพื้นฐาน Arduino

Arduino ใช้พื้นฐานลักษณะภาษาแบบเดียวกับภาษา C/C++ ดังนั้นจึงมีโครงสร้างเหมือนกับภาษา C/C++ ทั่วไป นั่นเองทำให้ง่ายต่อการศึกษาใช้งานสำหรับผู้ที่มีความรู้ภาษา C/C++ สำหรับผู้เริ่มใช้ Arduino มีหลักสำคัญที่ต้องรู้เกี่ยวกับคำสั่งพื้นฐาน Arduino ดังนี้พรีโปรเซสเซอร์ไดเร็กทีฟ (Preprocessor directives) คือส่วนที่คอมไพล เลอร์จะทำการประมวลผลและทำตามคำสั่งก่อนที่จะมีการคอมไพล์โปรแกรมส่วนนี้จะเริ่มด้วยเครื่องหมายไดเร็ก ทีฟ (directive) หรือสัญลักษณ์เครื่องหมายสี่เหลี่ยม # แล้วตามด้วยชื่อคำสั่งที่ต้องการใช้งาน หรือกำหนด ซึ่งใน ส่วนนี้จะอยู่ใน ส่วนบนสุด หรือส่วนหัวของโปรแกรมและต้องอยู่นอกฟังก์ชั่นหลักใดๆก็ตามถ้าให้เข้าใจง่ายๆนั่นคือ #include เป็นคำสั่งที่ใช้อ้างอิงไฟล์ภายนอกเพื่อเรียกใช้ฟังก์ชั่นหรือตัวแปรที่มีการสร้างหรือกำหนดไว้ในไฟล์นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.6 ขา Pin ของ Arduino Mega 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8.4 การเรียกใช้ Library

ในการเขียนโปรแกรมให้ Arduino เรามีการเรียกใช้ library 3 ตัว คือ

1. #include <Keypad.h>

Library นี้เราได้ทำการเรียกใช้เพื่อทำการควบคุม Keypad เพื่อง่ายต่อการควบคุมผ่าน Arduino โดยจะมีหลักการทำงาน ดังนี้

- const byte rows เป็นการกำหนดแถวทั้งหมดที่เราต้องการ

- const byte cols เป็นการกำหนดคอลัมน์ทั้งหมดที่เราต้องการ

- byte rowPins[rows] เป็นการกำหนดว่าแต่ละแถวเชื่อมกับ Pin ไหนของ Arduino

- byte colPins[cols] เป็นการกำหนดว่าแต่ละคอลัมน์เชื่อมกับ Pin ไหนของ Arduino

- Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, rows, cols); เป็นการกำหนด การสร้าง map สำหรับ Keypad

2. #include <Encoder.h>

Library ตัวนี้เราจะเรียกใช้เพื่อการที่เราจะสามารถควบคุมตัวอุปกรณ์ Encoder เพื่อให้สามารถใช้ให้กับ Arduino ได้ โดยหลักการทำงานของมันก็คือ เราจะมีการตั้งขา Encoder กับให้เข้ากับ Pin ของ Arduino มีการกำหนดปริมาณการหมุนของตัว Encoder โดยทั่วไปจะตั้งค่าไว้ที่ -999 มีการกำหนดตัวแปรให้ขา Encoder และต้องมีการตั้งค่า Serial.begin ให้เข้ากับตัว Arduino โดยทั่วไปจะใช้ค่า 9600

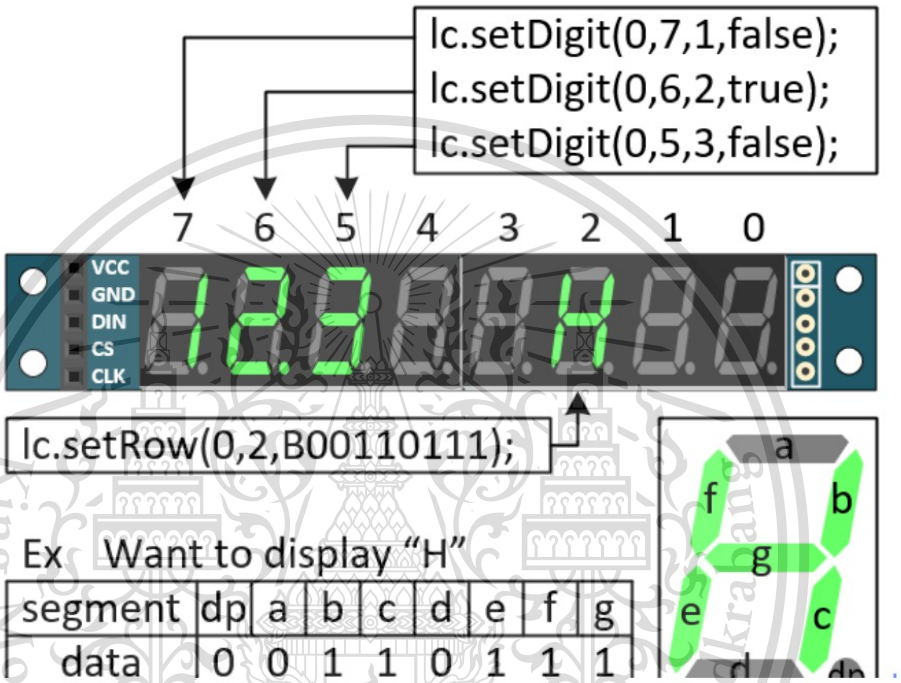
3. #include <LedControl.h>

Library ตัวนี้เราจะนำมาใช้ในการควบคุมไฟ Led หลายๆดวงโดยใช้การควบคุมผ่าน IC ซึ่ง จะทำให้เราสามารถควบคุม IC ผ่านตัว Arduino ได้

- LedControl lc = LedContro l(dataPin,clkPin,csPin,numDevices); เป็นการกำหนด Pin ของ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- lc.shutdown (addr,false); เป็นการตั้งค่าการปิด Led
- lc.setIntensity (addr,value); เป็นการเซตความสว่างของหลอด Led
- lc.clearDisplay (addr); ฟังก์ชั่นการเคลียร์ไฟทุกดวงของ Led
- lc.setDigit (addr, digit, value, point_decimal) ฟังชั่นการเซ็ตตัวเลขของ Led
- lc.setChar (addr, digit, character, false) ฟังก์ชั่นการเซ็ตตัวแปรของ Led



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการแสดงผลของ LED

2.9 Virtual Studio Technology (VST)

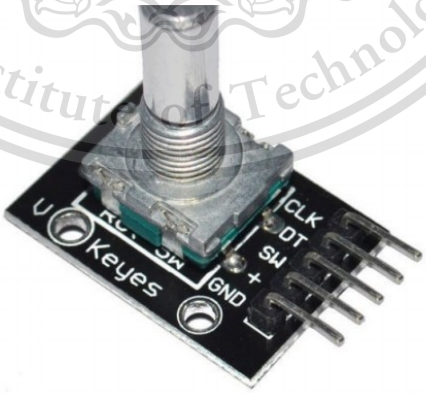
เป็นซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟสปลั๊กอินเสียงที่รวมซอฟต์แวร์ Synthesizer และ Effect Units เข้ากับ Digital Audio Workstation(DAW) และเทคโนโลยีอื่นที่ใช้การประมวลผลสัญญาณดิจิทัลเพื่อจำลองฮาร์ดแวร์สตูดิโอบันทึกเสียงแบบดั้งเดิมในรูปแบบของซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.8 โปรแกรม Ragnarök VST

2.10 Rotary Encoder

Rotary Encoder เป็นเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่จะแปลงค่าทางไฟฟ้า (electric wave) มาเป็นค่าทางการหมุน (rotation movement) มีประโยชน์มากมาย มันสามารถใช้วัดองศาของการหมุน ความเร็วของการหมุน ทิศทางของการหมุน โดยทุกๆ อุปกรณ์ที่เราต้องการทราบค่าที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เช่น ลูกกลิ้งในเมาส์ ฐานและข้อต่อของแขนกลที่ใช้ทางการแพทย์หรือโรงงานที่ต้องใช้ค่าการหมุนที่แม่นยำ



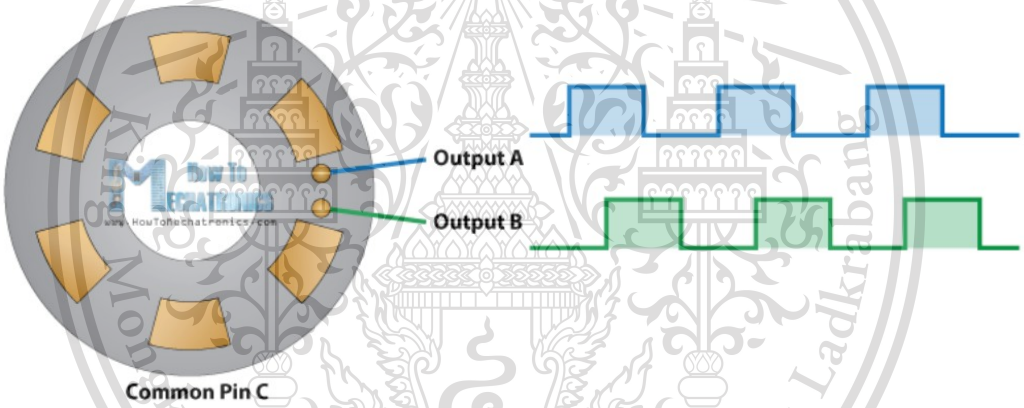
รูปที่ 2.9 อุปกรณ์ Rotary Encoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.10.1 หลักการทำงาน

การทำงานของ Rotary Encoder นั้นโดยพื้นฐานเลยก็คือ มีจานหมุนที่ทำหน้าที่เป็นตัวสัญญาณ pulse , แหล่งกำเนิดแสงที่ฉายผ่านเข้าไปสู่แผ่นจาน และ ตัวรับแสง(photo diode) เพื่อรับแสงที่มีรูปแบบต่างกันตามสัญญาณ

คลื่นของสัญญาณแสงที่ผ่านแผ่นจากจะออกมาเป็นสัญญาณลูกคลื่นสี่เหลี่ยม(square pulse) และจะมีคลื่นสัญญาณอยู่ทั้งหมด 2 สัญญาณ แต่เป็นสัญญาณแบบเดียวกัน เท่ากันทุกอย่าง แต่จะเยื้องกันไป 90 เฟสองศา เหตุผลที่ต้องมี 2 สัญญาณนั้นก็เพราะว่ามันจะสามารถบอกได้ว่าทิศทางของการหมุนตอนนี้หมุนไปในทิศทางใด โดยค่าของการเยื้องกันของคลื่น square waveนั้นสามารถบอกเป็นเลขบิตไบนารี่ได้



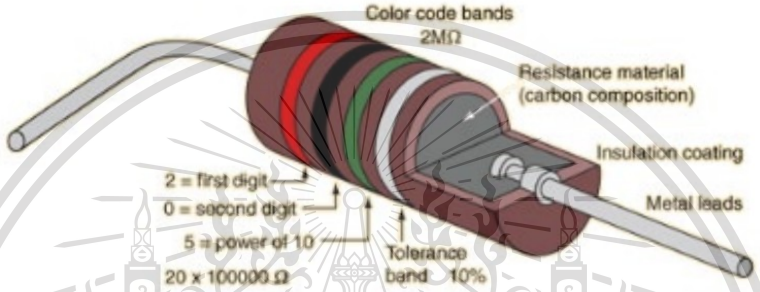
รูปที่ 2.10 การทำงานของ Rotary Encoder

2.11 ตัวความต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้(Variable Resistors)

ความต้านทานชนิดที่สามารถเปลี่ยนค่าได้โดยการใช้แกนหมุน(แบบวงแหวน) หรือเลื่อนแกน(แบบสไลด์) จะใช้ในงานที่ต้องการปรับค่าความต้านทานบ่อยๆตัวต้านทานชนิดนี้จะมีหน้าคอนแท็คสำหรับใช้ในการหมุนเลื่อนหน้าคอนแท็คแสดงวัสดุที่ใช้ทำตัวความต้านทานชนิดนี้อาจจะเป็นวัสดุประเภทเดียวกับที่ช้าตัวความต้านทานแบบคงที่คือชนิดคาร์บอน(Carbon)หรือชนิดเส้นลวด(Wire-Wound)ซึ่งแล้วแต่ว่าจะต้องการควบคุมปริมาณของกระแสจำนวนมากน้อยเท่าไรถ้าใช้กับวงจรที่กระแสสูงวัสดุที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จะเป็นแบบเส้นลวดถ้าใช้กับวงจรกระแสต่ำจะใช้กับวัสดุประเภทคาร์บอนจะมีแกนสำหรับหมุน(แบบวงแหวน) หรือแกนสำหรับเลื่อน(แบบสไลด์) วัสดุที่ใช้ทำตัวความต้านทานชนิดนี้อาจจะเป็นวัสดุประเภทเดียวกับที่ใช้ทำตัวความต้านทานแบบคงที่คือชนิดคาร์บอน(Carbon)หรือชนิดเส้นลวด(Wire-Wound)ซึ่งแล้วแต่ว่าจะต้องการควบคุมปริมาณของกระแสจำนวนมากน้อยเท่าไรถ้าใช้กับวงจรที่กระแสสูงวัสดุที่ใช้จะเป็นแบบเส้นลวดถ้าใช้กับวงจรกระแสต่ำจะใช้กับวัสดุประเภทคาร์บอน



รูปที่ 2.11 ตัวความต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

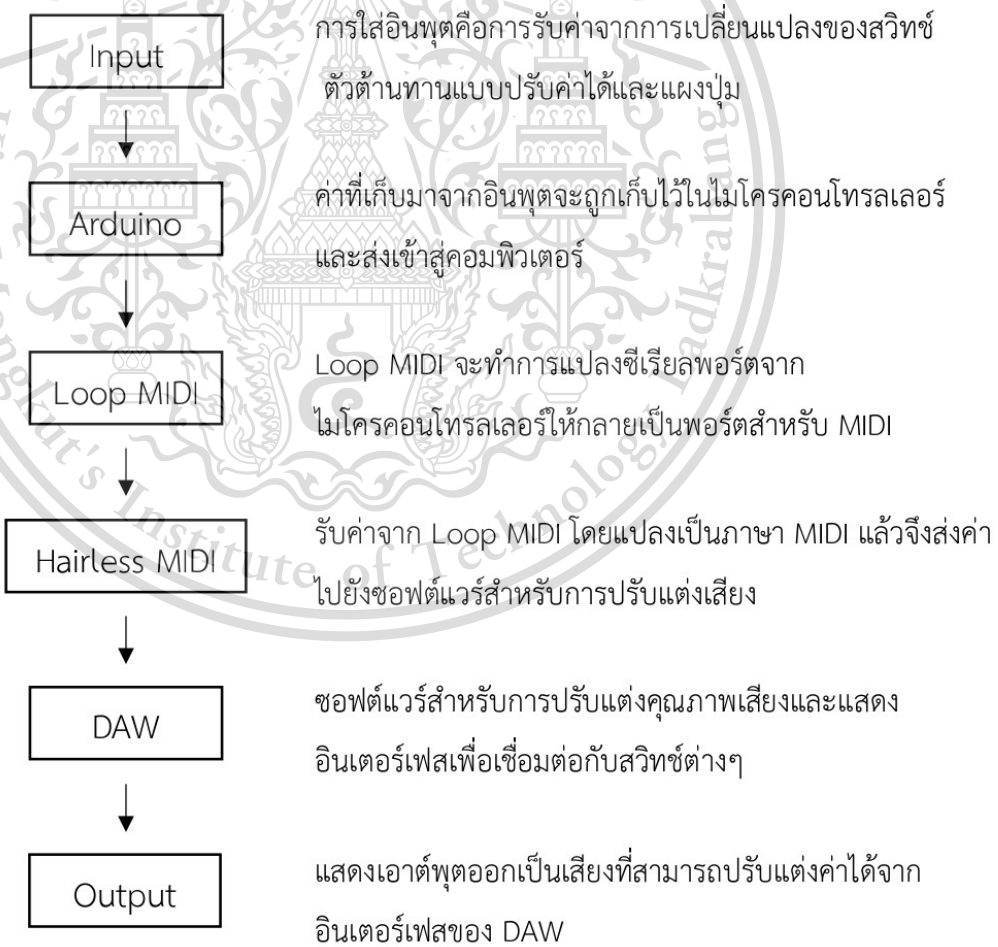
บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 กระบวนการทำงานของระบบ

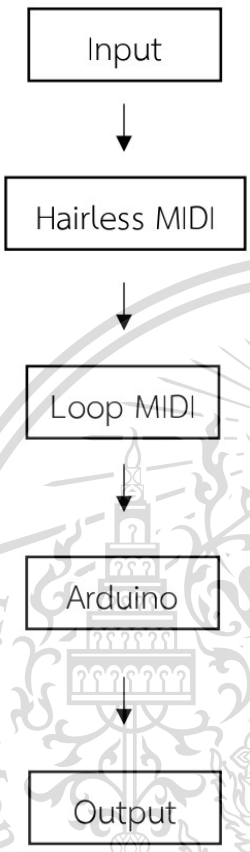
ในขั้นตอนการดำเนินงานของการทำคีย์บอร์ดสอนเล่นเปียโน MIDI เราได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนคือในส่วนของการทำการส่งค่าของ MIDI และส่วนของการส่งค่าออกจากโปรแกรม synthesizer สู่คีย์บอร์ดเปียโน

3.1.1 กระบวนการทำงานของระบบการทำ MIDI



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2 กระบวนการส่งค่าจากโปรแกรม Synthesizer สู่คีย์บอร์ดเปียโน



การใส่อินพุตคือการรับค่าจากโปรแกรม Synthesizer ในรูปแบบของตัวโน้ตของเพลง

รับค่าจาก Synthesizer โดยแปลงเป็นภาษา MIDI แล้วจึงส่งค่าไปยัง Loop MIDI

Loop MIDI จะทำการแปลงซีเรียลพอร์ตจาก MIDI ให้กลายเป็นพอร์ตสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

การส่งสัญญาณเข้าสูบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และส่งค่าตามที่โปรแกรมเอาไว้เพื่อออกสู่เอาต์พุต

แสดงเอาต์พุตออกในรูปแบบของไฟสว่างของหลอด LED ที่ได้ติดตั้งไว้ตามคีย์แต่ละโน้ต

ในกระบวนการทำงานของทั้งสองเป็นการส่งค่าเพื่อเป็นการเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละภาคส่วน โดยจะมีช่องแปลงสัญญาณซึ่งแปลงข้อมูลในส่วนของภาษา MIDI เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งในที่นี้เป็นภาษาของ C++ ซึ่งใช้ในการเขียนโปรแกรมของ Arduino IDE โดยในส่วนต่อไปจะเป็นรายละเอียดในการเขียนข้อมูลและการออกแบบคำสั่งที่ใช้ในการส่งค่าและข้อมูลต่างๆภายในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 การออกแบบโค้ดสำหรับควบคุมการส่งข้อมูลภายในระบบ

โค้ดการทำงานของ MIDI BOX

3.2.1 การเรียกใช้ Library

```
#include <Keypad.h>
#include <Encoder.h>
```

รูปที่ 3.1 การเรียกใช้ Library

3.2.2 การตั้งค่าการส่งข้อมูล MIDI

```
void MIDImessage(byte status, byte data1, byte data2)
{
  Serial.write(status);
  Serial.write(data1);
  Serial.write(data2);
}
```

รูปที่ 3.2 การตั้งค่าการส่งข้อมูล MIDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.3 การตั้งค่าการเรียกใช้สำหรับสวิตช์,ปุ่ม, Encoder และตัวต้านทานปรับค่าได้

```
void setup() {

  Serial.begin(9600);


  pinMode(rotSwitch1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(rotSwitch2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(rotSwitch3, INPUT_PULLUP);
  pinMode(rotSwitch4, INPUT_PULLUP);
  pinMode(rotSwitch5, INPUT_PULLUP);
  pinMode(rotSwitch6, INPUT_PULLUP);
  pinMode(Xswitch, INPUT_PULLUP);
  pinMode(Yswitch, INPUT_PULLUP);

}
```

รูปที่ 3.3 การตั้งค่าการเรียกใช้สำหรับสวิตช์,ปุ่ม, Encoder และตัวต้านทานปรับค่าได้

3.2.4 การตั้งค่า Keypad

```
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 3;
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3'},
  {'4', '5', '6'},
  {'7', '8', '9'},
  {'S', '0', 'P'}
};

byte rowPins[ROWS] = {43, 41, 39, 37};
byte colPins[COLS] = {35, 33, 31};

Keypad kpd = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );

int midC = 60;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
void readKeyPad() {

  if (kpd.getKeys())
  {
    for (int i = 0; i < LIST_MAX; i++)
    {
      if ( kpd.key[i].stateChanged)
      {
        if (kpd.key[i].kstate == PRESSED)
        {
          switch (kpd.key[i].kchar) {
            case '1':
              MIDImessage(kpc, midC + transpose + 0, 127);
              break;
            case '2':
              MIDImessage(kpc, midC + transpose + 1, 127);
              break;
            case '3':
              MIDImessage(kpc, midC + transpose + 2, 127);
              break;
            case '4':
              MIDImessage(kpc, midC + transpose + 3, 127);
              break;
            case '5':
              MIDImessage(kpc, midC + transpose + 4, 127);
              break;
              MIDImessage(kpc - 16, midC + transpose + 4, 0);
              break;
            case '6':
              MIDImessage(kpc - 16, midC + transpose + 5, 0);
              break;
            case '7':
              MIDImessage(kpc - 16, midC + transpose + 6, 0);
              break;
            case '8':
              MIDImessage(kpc - 16, midC + transpose + 7, 0);
              break;
```

รูปที่ 3.4 การตั้งค่า Keypad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.5 การตั้งค่า Encoder สวิตช์

```
Encoder myEnc1(26, 27);
Encoder myEnc2(24, 25);
long position1  = -999;
long position2  = -999;
int encVals[12] = {64, 64, 64, 64, 64, 64, 64, 64, 64, 64, 64, 64};

void readEncoder() {
  long newPos1 = myEnc1.read();
  long newPos2 = myEnc2.read();
  if (newPos1 > position1) {
    position1 = newPos1;
    encVals[cVal]++;
    encVals[cVal] = constrain(encVals[cVal], 0, 127);
    MIDImessage(178, cVal, encVals[cVal]);
  }
  if (newPos1 < position1) {
    position1 = newPos1;
    encVals[cVal]--;
    encVals[cVal] = constrain(encVals[cVal], 0, 127);
    MIDImessage(178, cVal, encVals[cVal]);
  }
  if (newPos2 > position2) {
    position2 = newPos2;
    encVals[cVal + 1]++;
    encVals[cVal + 1] = constrain(encVals[cVal + 1], 0, 127);
    MIDImessage(178, cVal + 1, encVals[cVal + 1]);
  }
  if (newPos2 < position2) {
    position2 = newPos2;
    encVals[cVal + 1]--;
    encVals[cVal + 1] = constrain(encVals[cVal + 1], 0, 127);
    MIDImessage(178, cVal + 1, encVals[cVal + 1]);
  }
}
```

รูปที่ 3.5 การตั้งค่า Encoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.6 การตั้งค่า Rotary สวิตช์

```
const int rotSwitch1 = 30;
const int rotSwitch2 = 32;
const int rotSwitch3 = 34;
const int rotSwitch4 = 36;
const int rotSwitch5 = 38;
const int rotSwitch6 = 40;
int cVal = 1;

void readRotSwitch() {

  if (digitalRead(rotSwitch1) == LOW) {
    cVal = 4;
  }
  else if (digitalRead(rotSwitch2) == LOW) {
    cVal = 6;
  }
  else if (digitalRead(rotSwitch3) == LOW) {
    cVal = 8;
  }
  else if (digitalRead(rotSwitch4) == LOW) {
    cVal = 10;
  }
  else if (digitalRead(rotSwitch5) == LOW) {
    cVal = 12;
  }
  else if (digitalRead(rotSwitch6) == LOW) {
    cVal = 14;
  }
```

รูปที่ 3.6 การตั้งค่า Rotary สวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.7 การตั้งค่าตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

```
const int pot1 = A0;
const int pot2 = A1;
const int pot3 = A2;
const int slidePot = A3;

int potVal1 = 0;
int potVal2 = 0;
int potVal3 = 0;
int slidePotVal = 0;

int lastPotVal1 = 0;
int lastPotVal2 = 0;
int lastPotVal3 = 0;
int lastSlidePotVal = 0;

void readPots() {

int diff = 4;

potVal1 = analogRead(pot1);
potVal2 = analogRead(pot2);
potVal3 = analogRead(pot3);
slidePotVal = analogRead(slidePot);


int potVal1diff = potVal1 - lastPotVal1;
int potVal2diff = potVal2 - lastPotVal2;
int potVal3diff = potVal3 - lastPotVal3;
int slidePotValdiff = slidePotVal - lastSlidePotVal;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
if (abs(potVal1diff) > diff)
{
  MIDImessage(177, 0, map(potVal1, 0, 1023, 0, 127));
  lastPotVal1 = potVal1;
}

if (abs(potVal2diff) > diff)
{
  MIDImessage(177, 1, map(potVal2, 0, 1023, 0, 127));
  lastPotVal2 = potVal2;
}

if (abs(potVal3diff) > diff)
{
  MIDImessage(177, 2, map(potVal3, 0, 1023, 0, 127));
  lastPotVal3 = potVal3;
}

if (abs(slidePotValdiff) > diff)
{
  MIDImessage(177, 3, map(slidePotVal, 1023, 0, 0, 127));
  lastSlidePotVal = slidePotVal;
}

delay(2);
```

รูปที่ 3.7 การตั้งค่าตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

3.2.8 การตั้งค่า Joystick

```
const int joyX = A5;
const int joyY = A4;

const int Xswitch = 52;
const int Yswitch = 50;

int joyXval = 0;
int joyYval = 0;
int lastJoyXval = 0;
int lastJoyYval = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
void readJoystick() {

  int diff = 2;

  if (digitalRead(Xswitch) == 0) {

    joyXval = analogRead(joyX);
    int joyXvalDiff = joyXval - lastJoyXval;

    if (abs(joyXvalDiff) > diff)
    {
      MIDImessage(176, 1,  map(joyXval, 379, 637, 127, 0));

      lastJoyXval = joyXval;
    }
    delay(2);
  }

 if (digitalRead(Yswitch) == 0) {

   joyYval = analogRead(joyY);
   int joyYvalDiff = joyYval - lastJoyYval;

   if (abs(joyYvalDiff) > diff)
   {

     int modulation = map(joyYval, 361, 635, -8000, 8000);
     unsigned int change = 0x2000 + modulation;
     unsigned char low = change & 0x7F;
     unsigned char high = (change >> 7) & 0x7F;

     MIDImessage(224, low, high);

     lastJoyYval = joyYval;
   }
   delay(2);
 }
```

รูปที่ 3.8 การตั้งค่า Joystick

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โค้ดการทำงานของ LED สอนเล่นเปียโน

3.2.9 การเรียกใช้ Library

```
#include <LedControl.h>
```

รูปที่ 3.9 การเรียกใช้ Library

3.2.10 การตั้งค่าการส่งข้อมูลระหว่าง IC และ Arduino

```
LedControl lc = LedControl(10, 12, 8, 1);

byte incomingByte; byte note; byte velocity; int action;
```

รูปที่ 3.10 การตั้งค่าการส่งข้อมูล

3.2.11 การตั้งค่าการเปิดปิด LED ในแต่ละหลอด

```
void onLED () { if (note==36){lc.setLed(0,7,4,true);} if (note==37){lc.setLed(0,7,3,true);} if (note==38){lc.setLed(0,7,2,true);} if (note==39)
{lc.setLed(0,7,1,true);} if (note==40){lc.setLed(0,7,0,true);} if (note==41){lc.setLed(0,6,7,true);} if (note==42){lc.setLed(0,6,6,true);} if (note==43)
{lc.setLed(0,6,5,true);} if (note==44){lc.setLed(0,6,4,true);} if (note==45){lc.setLed(0,6,3,true);} if (note==46){lc.setLed(0,6,2,true);} if (note==47)
{lc.setLed(0,6,1,true);} if (note==48){lc.setLed(0,6,0,true);} if (note==49){lc.setLed(0,5,7,true);} if (note==50){lc.setLed(0,5,6,true);} if (note==51)
{lc.setLed(0,5,5,true);} if (note==52){lc.setLed(0,5,4,true);} if (note==53){lc.setLed(0,5,3,true);} if (note==54){lc.setLed(0,5,2,true);} if (note==55)
{lc.setLed(0,5,1,true);} if (note==56){lc.setLed(0,5,0,true);} if (note==57){lc.setLed(0,4,7,true);} if (note==58){lc.setLed(0,4,6,true);} if (note==59)
{lc.setLed(0,4,5,true);} if (note==60){lc.setLed(0,4,4,true);} if (note==61){lc.setLed(0,4,3,true);} if (note==62){lc.setLed(0,4,2,true);} if (note==63)
{lc.setLed(0,4,1,true);} if (note==64){lc.setLed(0,4,0,true);} if (note==65){lc.setLed(0,3,7,true);} if (note==66){lc.setLed(0,3,6,true);} if (note==67)
{lc.setLed(0,3,5,true);} if (note==68){lc.setLed(0,3,4,true);} if (note==69){lc.setLed(0,3,3,true);} if (note==70){lc.setLed(0,3,2,true);} if (note==71)
{lc.setLed(0,3,1,true);} if (note==72){lc.setLed(0,3,0,true);} if (note==73){lc.setLed(0,2,7,true);} if (note==74){lc.setLed(0,2,6,true);} if (note==75)
{lc.setLed(0,2,5,true);} if (note==76){lc.setLed(0,2,4,true);} if (note==77){lc.setLed(0,2,3,true);} if (note==78){lc.setLed(0,2,2,true);} if (note==79)
{lc.setLed(0,2,1,true);} if (note==80){lc.setLed(0,2,0,true);} if (note==81){lc.setLed(0,1,7,true);} if (note==82){lc.setLed(0,1,6,true);} if (note==83)
{lc.setLed(0,1,5,true);} if (note==84){lc.setLed(0,1,4,true);} if (note==85){lc.setLed(0,1,3,true);} if (note==86){lc.setLed(0,1,2,true);} if (note==87)
{lc.setLed(0,1,1,true);} if (note==88){lc.setLed(0,1,0,true);} if (note==89){lc.setLed(0,0,7,true);} if (note==90){lc.setLed(0,0,6,true);} if (note==91)
{lc.setLed(0,0,5,true);} if (note==92){lc.setLed(0,0,4,true);} if (note==93){lc.setLed(0,0,3,true);} if (note==94){lc.setLed(0,0,2,true);} if (note==95)
{lc.setLed(0,0,1,true);} if (note==96){lc.setLed(0,0,0,true);}

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
void offLED (){ if (note==36){lc.setLed(0,7,4,false);} if (note==37){lc.setLed(0,7,3,false);} if (note==38){lc.setLed(0,7,2,false);} if (note==39)
{lc.setLed(0,7,1,false);} if (note==40){lc.setLed(0,7,0,false);} if (note==41){lc.setLed(0,6,7,false);} if (note==42){lc.setLed(0,6,6,false);} if (note==43)
{lc.setLed(0,6,5,false);} if (note==44){lc.setLed(0,6,4,false);} if (note==45){lc.setLed(0,6,3,false);} if (note==46){lc.setLed(0,6,2,false);} if (note==47)
{lc.setLed(0,6,1,false);} if (note==48){lc.setLed(0,6,0,false);} if (note==49){lc.setLed(0,5,7,false);} if (note==50){lc.setLed(0,5,6,false);} if (note==51)
{lc.setLed(0,5,5,false);} if (note==52){lc.setLed(0,5,4,false);} if (note==53){lc.setLed(0,5,3,false);} if (note==54){lc.setLed(0,5,2,false);} if (note==55)
{lc.setLed(0,5,1,false);} if (note==56){lc.setLed(0,5,0,false);} if (note==57){lc.setLed(0,4,7,false);} if (note==58){lc.setLed(0,4,6,false);} if (note==59)
{lc.setLed(0,4,5,false);} if (note==60){lc.setLed(0,4,4,false);} if (note==61){lc.setLed(0,4,3,false);} if (note==62){lc.setLed(0,4,2,false);} if (note==63)
{lc.setLed(0,4,1,false);} if (note==64){lc.setLed(0,4,0,false);} if (note==65){lc.setLed(0,3,7,false);} if (note==66){lc.setLed(0,3,6,false);} if (note==67)
{lc.setLed(0,3,5,false);} if (note==68){lc.setLed(0,3,4,false);} if (note==69){lc.setLed(0,3,3,false);} if (note==70){lc.setLed(0,3,2,false);} if (note==71)
{lc.setLed(0,3,1,false);} if (note==72){lc.setLed(0,3,0,false);} if (note==73){lc.setLed(0,2,7,false);} if (note==74){lc.setLed(0,2,6,false);} if (note==75)
{lc.setLed(0,2,5,false);} if (note==76){lc.setLed(0,2,4,false);} if (note==77){lc.setLed(0,2,3,false);} if (note==78){lc.setLed(0,2,2,false);} if (note==79)
{lc.setLed(0,2,1,false);} if (note==80){lc.setLed(0,2,0,false);} if (note==81){lc.setLed(0,1,7,false);} if (note==82){lc.setLed(0,1,6,false);} if (note==83)
{lc.setLed(0,1,5,false);} if (note==84){lc.setLed(0,1,4,false);} if (note==85){lc.setLed(0,1,3,false);} if (note==86){lc.setLed(0,1,2,false);} if (note==87)
{lc.setLed(0,1,1,false);} if (note==88){lc.setLed(0,1,0,false);} if (note==89){lc.setLed(0,0,7,false);} if (note==90){lc.setLed(0,0,6,false);} if (note==91)
{lc.setLed(0,0,5,false);} if (note==92){lc.setLed(0,0,4,false);} if (note==93){lc.setLed(0,0,3,false);} if (note==94){lc.setLed(0,0,2,false);} if (note==95)
{lc.setLed(0,0,1,false);} if (note==96){lc.setLed(0,0,0,false);}

}
```

รูปที่ 3.11 การตั้งค่าการเปิดปิด LED

3.2.12 การเขียนโค้ดเพื่อตั้งค่าการรับข้อมูลและส่งข้อมูลไปยัง Output (LED)

```
void setup()
{ Serial.begin(9600);
pinMode(13, OUTPUT); lc.shutdown(0, false);
lc.setIntensity(0, 8);
lc.clearDisplay(0);
digitalWrite(13, LOW); }

void loop() { if (Serial.available() > 0)
{ incomingByte = Serial.read();

if (incomingByte==144){ action=1; }
else if (incomingByte==128){ action=0; }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
else if ( (action==1)&&(note==0) ){ note=incomingByte; onLED();
velocity=incomingByte; }

else if ( (action==0)&&(note==0) ){ note=incomingByte; offLED();
velocity=incomingByte; }

if (velocity==0){ offLED();}

note=0;

delay (10);}
}
```

รูปที่ 3.12 การตั้งค่าการรับข้อมูลและการส่งข้อมูล

3.3 อุปกรณ์ส่วนประกอบ

3.3.1 อุปกรณ์สำหรับ MIDI Controller

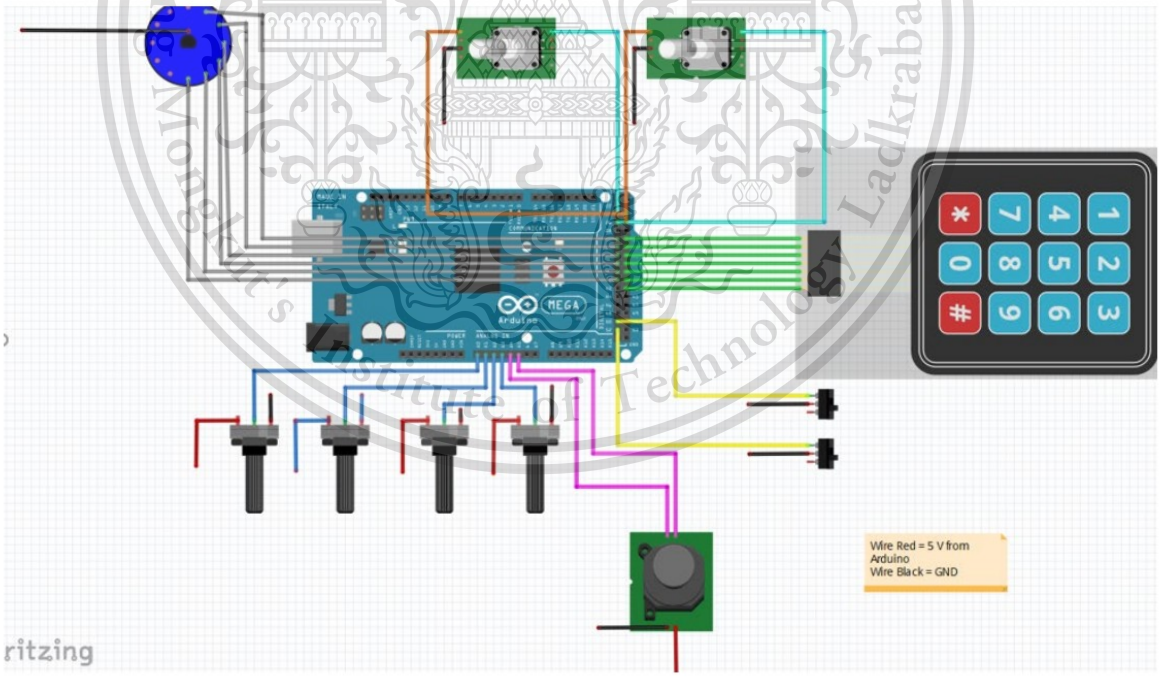
1. Arduino Mega 2560 1 ตัว
2. Keypad module 1 ตัว
3. Rotary Encoder 2 ตัว
4, Rotary Switch 1 ตัว
5. ตัวต้านทานแบบปรับค่า B10K 4 ตัว
6. Slide Switch 2 ตัว
7. Joystick module 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.2 อุปกรณ์สำหรับการทำ Led สอนเล่นเปียโน

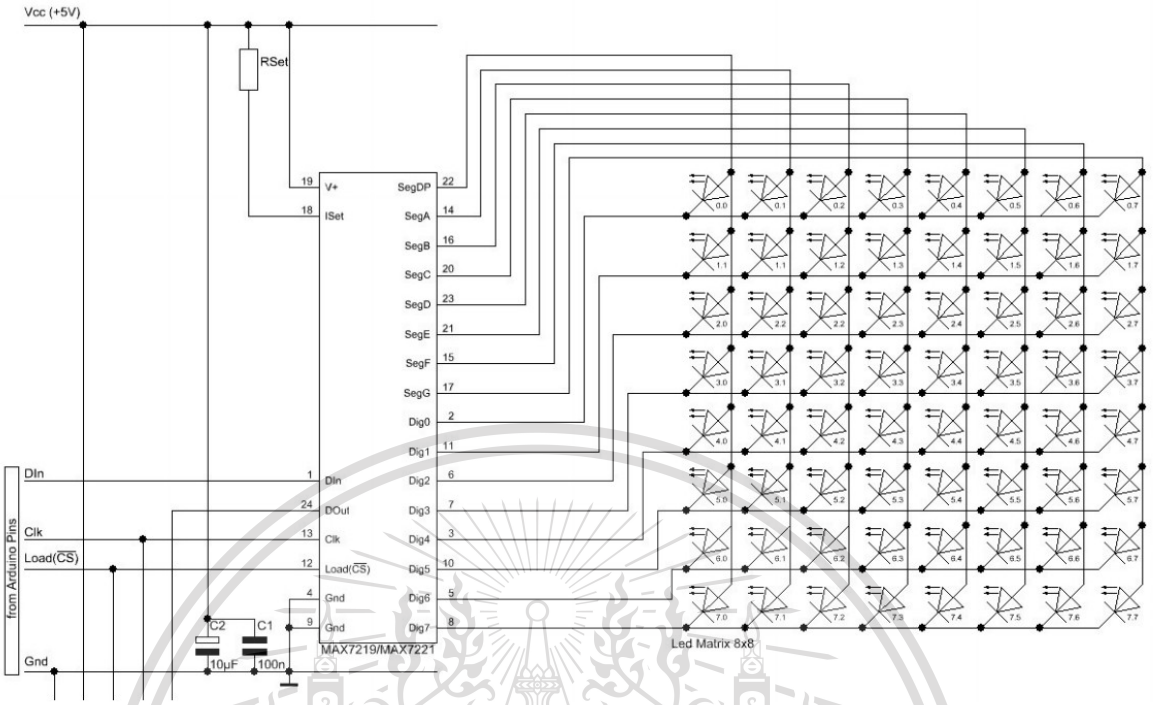
1. LED	12 ดวง
2. Ic เบอร์ MAX7219CNG	1 ตัว
3. Arduino Mega 2560	1 ตัว
4. ตัวต้านทานขนาด 28 K โอห์ม	1 ตัว
5. ตัวเก็บประจุขนาด 100 nF	1 ตัว
6. ตัวเก็บประจุขนาด 10 uF	1 ตัว
7. Prototype Board	1 ตัว

3.4 การออกแบบวงจร

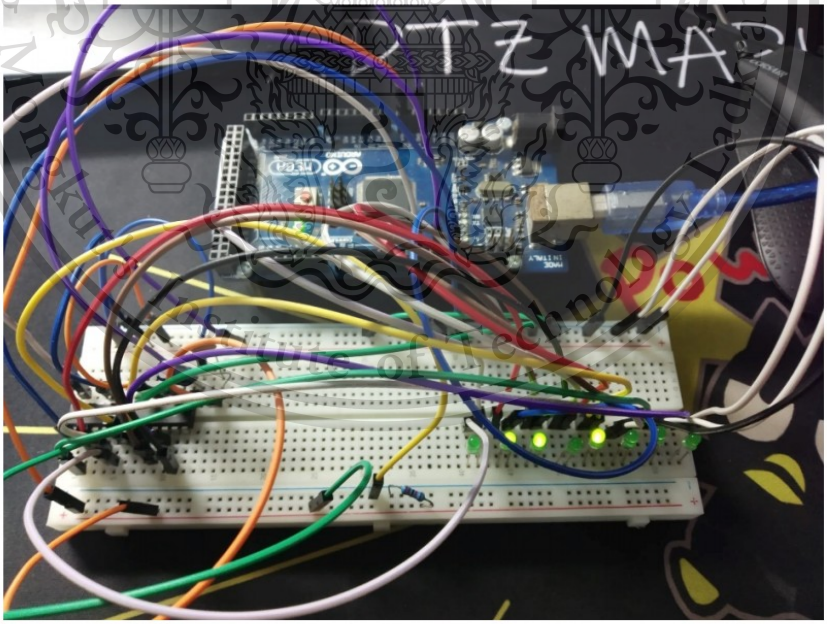


รูปที่ 3.13 การต่ออุปกรณ์ภายในกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



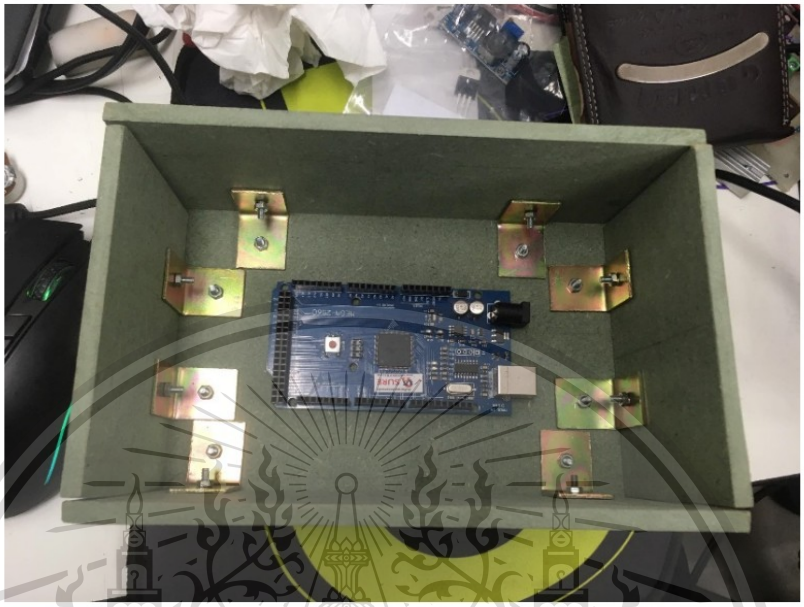
รูปที่ 3.14 การต่อวงจรไฟ LED



รูปที่ 3.15 การต่อวงจรไฟ LED กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 ขั้นตอนออกแบบกล่องสำหรับอุปกรณ์



รูปที่ 3.16 การประกอบอุปกรณ์ภายในกล่อง

รูปที่ 3.17 การประกอบอุปกรณ์บนหน้ากล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 การทดลองที่ 1 การทดลองการเก็บค่าปุ่มโน้ต MIDI เทียบกับโน้ต Octave

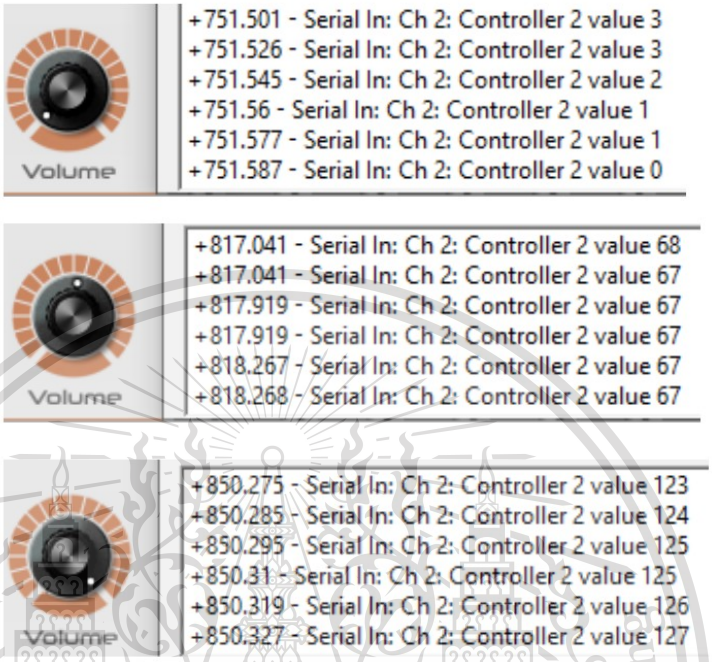
Note	Octave Number	Value
C	60	60
C#	61	61
D	62	62
D#	63	63
E	64	64
F	65	65
F#	66	66
G	67	67
G#	68	68
A	69	69
A#	70	70
B	71	71

ตารางที่ 4.1.1 ตารางผลการทดลองการเก็บค่าปุ่มโน้ต MIDI เทียบกับโน้ต Octave

จากผลการทดลองพบว่าการเก็บค่า Velocity จากปุ่ม Keypad มีค่าแสดงโน้ตได้ตรงกับโน้ต Octave ที่แสดงในซอฟต์แวร์ DAW ซึ่งข้อมูลมีความแม่นยำตรงตามทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบความแม่นยำของการส่งค่า Value เมื่อเชื่อมต่อบน DAW



รูปที่ 4.1 รูปแสดงการทดลองการส่งข้อมูล Value ตั้งแต่ 0 จนถึง 127 เมื่อเชื่อมต่อบน DAW

จากการทดลองการทดสอบความแม่นยำของการสงค่า value ของการปรับค่าสวิทช์เห็นได้ว่าสามารถส่งค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 127 ซึ่งสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆใน DAW ได้ตั้งแต่ Minimum ถึง Maximum ได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.3 การทดลองที่ 3 การทดลองการแสดงค่าไฟ LED เทียบกับ MIDI

กำหนดให้หลอดดวงที่ 1 ถึงดวงที่ 8 เป็นโน้ตตัวที่ 63 ถึง 70 ตามลำดับ

แล้วทำการส่งข้อมูลโดยการส่งโน้ตตั้งแต่โน้ตที่ 63 ถึง 70 แล้วตรวจสอบว่าไฟ LED สว่างหรือไม่

หลอดไฟที่	โน้ต	สถานะ
1	63	สว่าง
2	64	สว่าง
3	65	สว่าง
4	66	สว่าง
5	67	สว่าง
6	68	สว่าง
7	69	สว่าง
8	70	สว่าง

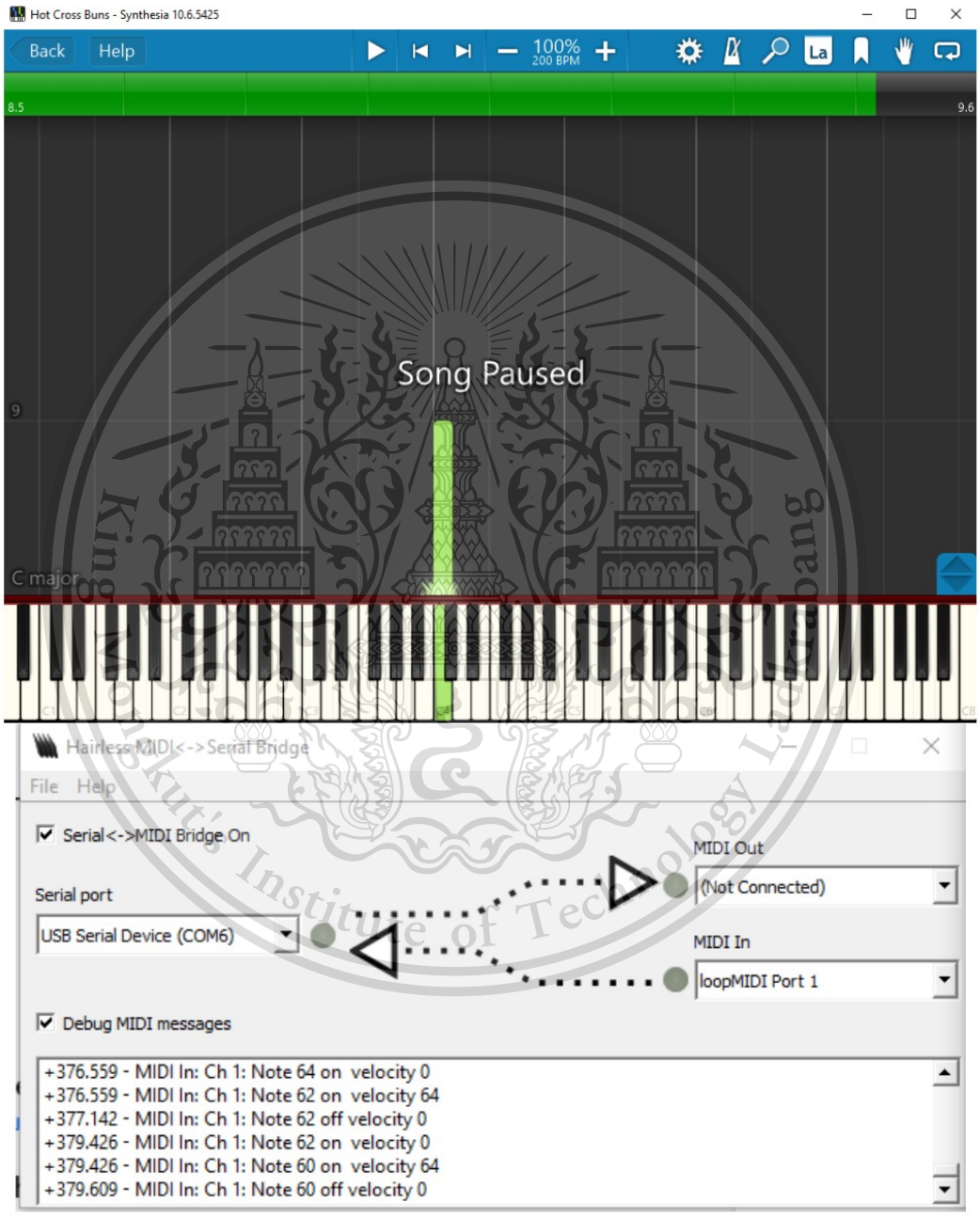
ตารางที่ 4.1.2 ตาราง การทดลองการแสดงค่าไฟ LED เทียบกับ MIDI

จากการทดลองการส่งข้อมูลโดยการส่งโน้ตเพื่อตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของหลอดไฟ LED นั้น พบว่าโน้ตที่ 63 ถึง 70 มีการส่งข้อมูลได้ตรงตามหลอดไฟ LED ทุกดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

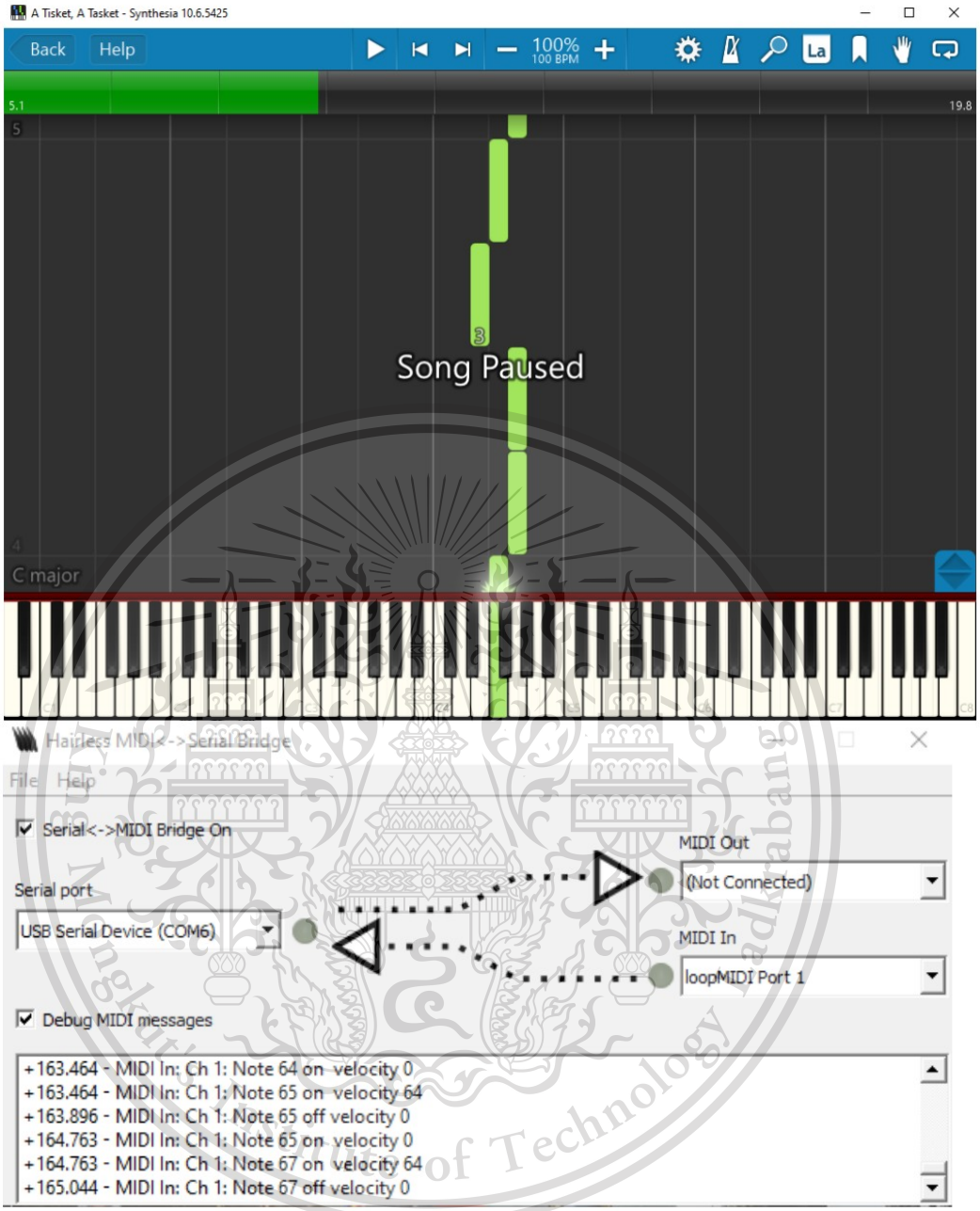
4.1.4 การทดลองที่ 4 การทดสอบความแม่นยำของการส่งค่าโน้ต MIDI บน Synthesizer

การทดลองโดยการกดโน้ตบนโปรแกรม Synthesia แล้วตรวจดูค่าโน้ต MIDI บน Bridge ว่ามีค่าแม่นยำหรือไม่



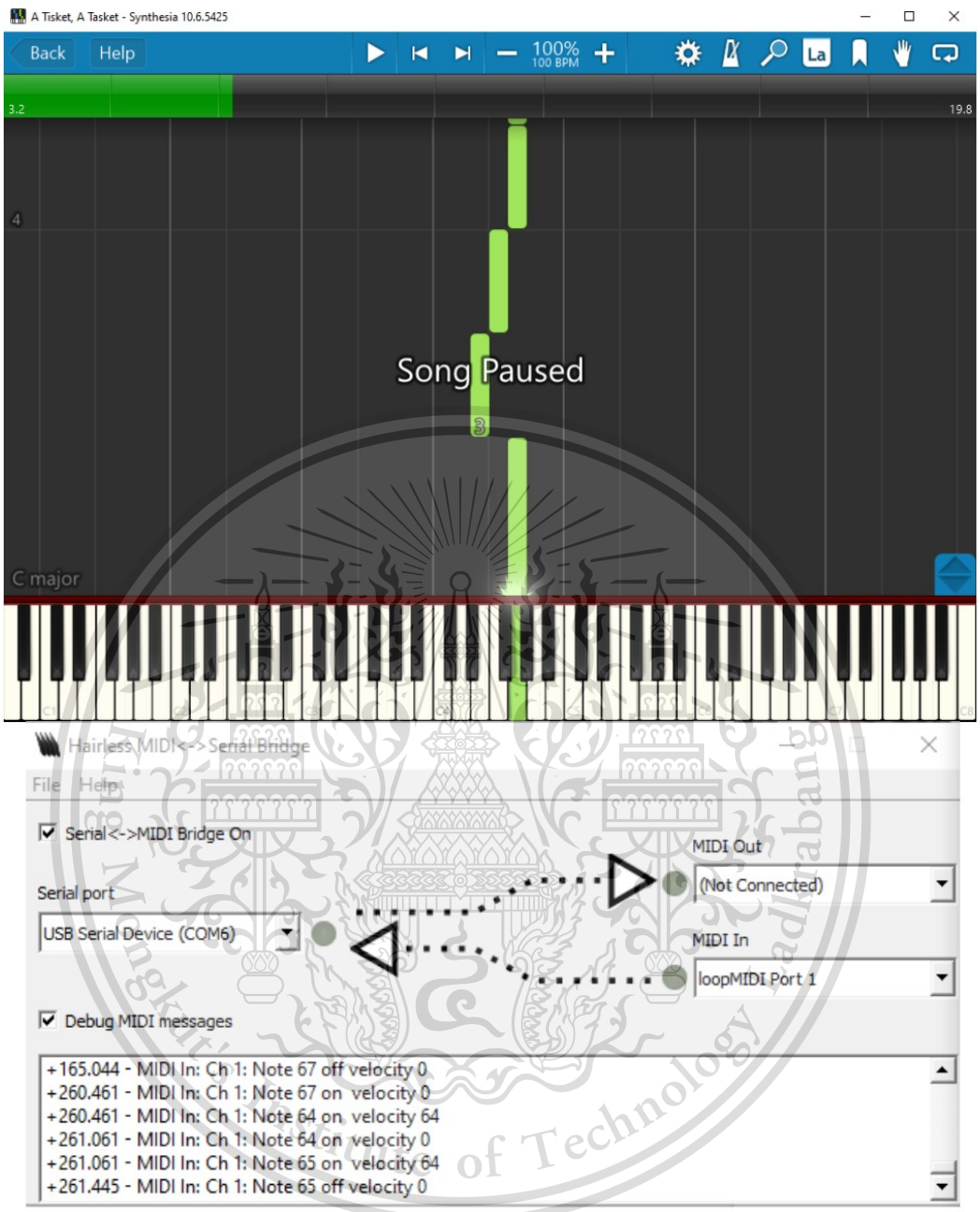
รูปที่ 4.2 การแสดงการทดลองส่งค่าจาก synthesia เทียบบน bridge ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.3 การแสดงการทดลองส่งค่าจาก synthesia เทียบบน bridge ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.4 การแสดงการทดลองส่งค่าจาก synthesia เทียบบน bridge ครั้งที่ 3

จากการทดลองในการทดสอบความแม่นยำของการส่งค่าโน้ต MIDI การส่งค่าไปยัง bridge ในการกดโน้ตแล้วเทียบกับตาราง octave (ตารางที่ 2.1) พบว่าการส่งค่า MIDI จากโน้ตมีความแม่นยำซึ่งตรงตามทฤษฎีของ octave เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในการส่งข้อมูลและแสดงผลออกในรูปแบบของภาษา MIDI ในข้อมูลทั้ง 3 ไบท์ พบว่าการส่งข้อมูลเข้าสู่ซอฟต์แวร์มีความถูกต้องแม่นยำในทั้งในการเปรียบเทียบกับค่าโน้ตของ Octave และการปรับค่าบนอินเอตร์เฟสเพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการ

จากการทดลองสองครั้งล่าสุด เราได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการเก็บค่าข้อมูลจากโปรแกรม Sythesia โดยตัวโปรแกรมจะส่งสัญญาณออกมาเป็นภาษา MIDI โดยเราจะใช้โปรแกรม Hairless เพื่อดูว่ามันส่งข้อมูลอะไรออกมา แล้วนำข้อมูลนั้นเข้า Arduino ด้วยโปรแกรม loopMIDI เมื่อเราได้ข้อมูลมาตัว Arduino หรือตัวคอลโทรเลอร์จะแสดงเอ้าพุตออกมาทางหลอด LED ตามโปรแกรมที่เราเขียนไว้ เมื่อเราเช็คว่าค่าที่ออกมาพบว่ามีความตรงกับค่าที่เราตั้งค่าไว้ทำให้ เราทราบว่าโปรแกรมที่ได้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

5.2 วิจารณ์การทดลอง

ในการทดลองและการทำงานครั้งนี้เป็นภาคส่วนแรกซึ่งเป็นส่วนในการใช้ทดสอบในส่วนต่อไปจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลได้มากและยังพบปัญหาในเรื่องความเสถียรของอุปกรณ์ซึ่งค่อนข้างมีการรบกวนกันเนื่องจากเป็นอุปกรณ์คุณภาพค่อนข้างต่ำ ในอนาคตจึงต้องมีการปรับปรุงในการทำวงจรและการเปลี่ยนอุปกรณ์บางชิ้นเพื่อให้มีความมั่นคงเพิ่มขึ้นใน และอาจขยายขอบเขตุให้สามารถประยุกต์กับเครื่องดนตรีชนิดอื่นๆในภายภาคหน้า

การทดลองสองครั้งหลังสุดคือภาคส่วนที่สองซึ่งเป็นส่วนของการสอนเล่นเปียโนโดยเราจะใช้การสอนเล่นผ่านหลอดไฟ LED โดยจะให้ไฟ LED สว่างตามโน้ตที่เราต้องกดหากเราไม่ได้กด ไฟจะไม่ดับทำให้เราทราบว่าเราเล่นเพลงผิดโน๊ต ในการทำการทดลองครั้งนี้เราพบเจอปัญหาไม่ค่อยมากเนื่องจากครั้งนี้เราเตรียมตัวมาพร้อมจากครั้งแรก ทำให้เราจะเจอปัญหาแค่ตอนเขียนโค้ดกับการสั่ง IC มาใช้งานเมื่อพบว่า IC พังทำให้ต้องใช้เวลานานกว่าจะหา IC ตัวใหม่ได้ ในอนาคตอาจมีการปรับปรุงตัววงจรให้ดีกว่านี้เพราะตอนนี้สายไฟในวงจรมันเยอะเกินไป และอุปกรณ์บางตัวมีอายุการใช้งานต่ำอาจต้องหาตัวที่ดีกว่านี้มาใช้หรืออุปกรณ์ที่มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

[1] [ออนไลน์]. MIDI Tutorial เข้าใช้เมื่อ 5 กันยายน 2563, จาก http://www.music-software-development.com/midi-tutorial.html?fbclid=IwAR1F7AtxP_elAj6tup5h6K1kEphX7lO3D7qNWrGxk9EfJ_QwO6LiKRSgLAw

[2] [ออนไลน์]. การทำงานของ MIDI เข้าใช้เมื่อ 5 กันยายน 2563, จาก https://www.pongsathornpmusic.com/single-post/what-is-midi

[3] [ออนไลน์]. MIDI Note Numbers and Center Frequencies เข้าใช้เมื่อ 7 กันยายน 2563, จาก https://www.inspiredacoustics.com/en/MIDI_note_numbers_and_center_frequencies

[4] [ออนไลน์]. Note Names, MIDI Numbers and Frequencies เข้าใช้เมื่อ 10 กันยายน 2563, จาก http://newt.phys.unsw.edu.au/jw/notes.html

[5] [ออนไลน์]. The Hairless MIDI to Serial Bridge เข้าใช้เมื่อ 20 กันยายน 2563, จาก https://projectgus.github.io/hairless-midiserial/

[6] [ออนไลน์]. Loop MIDI เข้าใช้เมื่อ 20 กันยายน 2563, จาก https://www.tobias-erichsen.de/software/loopmidi.html

[7] [ออนไลน์]. Ableton Live เข้าใช้เมื่อ 20 กันยายน 2563, จาก https://www.ableton.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาพผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

19-4452; Rev 3; 7/97

MAXIM

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

General Description

The MAX7219/MAX7221 are compact, serial input/output common-cathode display drivers that interface microprocessors (µPs) to 7-segment numeric LED displays of up to 8 digits, bar-graph displays, or 64 individual LEDs. Included on-chip are a BCD code-B decoder, multiplex scan circuitry, segment and digit drivers, and an 8x8 static RAM that stores each digit. Only one external resistor is required to set the segment current for all LEDs. The MAX7221 is compatible with SPI™, QSPI™, and Microwire™, and has slew-rate-limited segment drivers to reduce EMI.

A convenient 3-wire serial interface connects to all common µPs. Individual digits may be addressed and updated without rewriting the entire display. The MAX7219/MAX7221 also allow the user to select code-B decoding or no-decode for each digit.

The devices include a 150µA low-power shutdown mode, analog and digital brightness control, a scan-limit register that allows the user to display from 1 to 8 digits, and a test mode that forces all LEDs on.

Applications

Bar-Graph Displays
7-Segment Displays
Industrial Controllers
Panel Meters
LED Matrix Displays

Features

- **10MHz Serial Interface**
- **Individual LED Segment Control**
- **Decode/No-Decode Digit Selection**
- **150µA Low-Power Shutdown (Data Retained)**
- **Digital and Analog Brightness Control**
- **Display Blanked on Power-Up**
- **Drive Common-Cathode LED Display**
- **Slew-Rate Limited Segment Drivers for Lower EMI (MAX7221)**
- **SPI, QSPI, Microwire Serial Interface (MAX7221)**
- **24-Pin DIP and SO Packages**

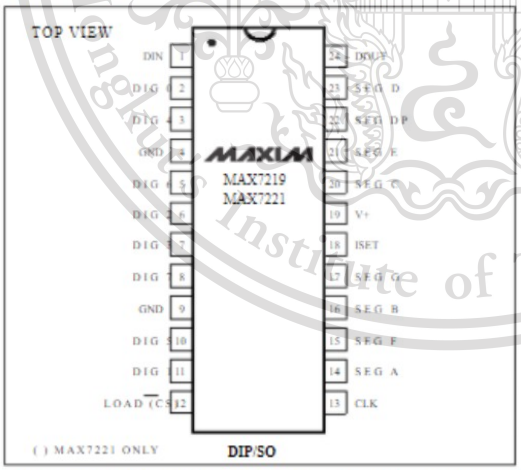
Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX7219CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX7219CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX7219C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX7219ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX7219EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX7219ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP

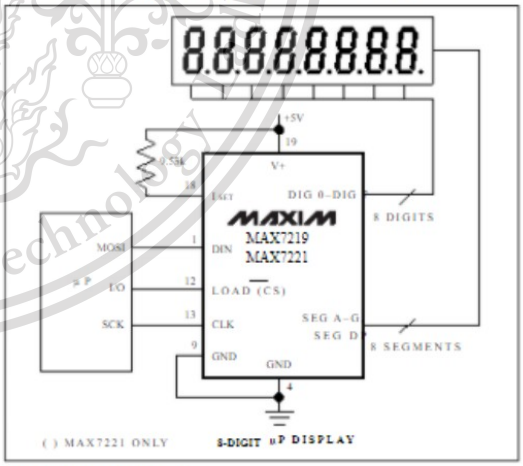
Ordering Information continued at end of data sheet.

*Dice are specified at T_A = +25°C.

Pin Configuration



Typical Application Circuit



SPI and QSPI are trademarks of Motorola Inc. Microwire is a trademark of National Semiconductor Corp.

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage (with respect to GND)
- V+ ..... -0.3V to 6V
- DIN, CLK, LOAD, CS ..... -0.3V to 6V
- All Other Pins ..... -0.3V to (V+ + 0.3V)

Current
- DIG0–DIG7 Sink Current 500mA
- SEGA–G, DP Source Current 100mA

Continuous Power Dissipation (T_A = +85°C)
- Narrow Plastic DIP 0.87W
- Wide SO 0.76W
- Narrow CERDIP 1.1W

Operating Temperature Ranges
- MAX7219C_G/MAX7221C_G ..... 0°C to +70°C
- MAX7219E_G/MAX7221E_G ..... -40°C to +85°C

Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C

Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V+ = 5V ±10%, R_{SET} = 9.53kΩ ±1%, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Supply Voltage	V+		4.0		5.5	V
Shutdown Supply Current	I+	All digital inputs at V+ or GND, T_A = +25°C			150	µA
Operating Supply Current	I+	R_{SET} = open circuit			8	mA
		All segments and decimal point on, I_{SEG} = 40mA		330		
Display Scan Rate	f_{OSC}	8 digits scanned	500	800	1300	Hz
Digit Drive Sink Current	I_{DIGIT}	V+ = 5V, V_{DIGIT} = 0.65V	320			mA
Segment Drive Source Current	I_{SEG}	T_A = +25°C, V+ = 5V, V_{SEG} = (V+ - 1V)	-30	-40	-45	mA
Segment Current Slew Rate (MAX7221 only)	$\Delta I_{SEG}/\Delta t$	T_A = +25°C, V+ = 5V, V_{SEG} = (V+ - 1V)	10	20	50	mA/µs
Segment Drive Current Matching	ΔI_{SEG}			3.0		%
Digit Drive Leakage (MAX7221 only)	I_{DIGIT}	Digit off, V_{DIGIT} = V+			-10	µA
Segment Drive Leakage (MAX7221 only)	I_{SEG}	Segment off, V_{SEG} = 0V			1	µA
Digit Drive Source Current (MAX7219 only)	I_{DIGIT}	Digit off, V_{DIGIT} = (V+ - 0.3V)	-2			mA
Segment Drive Sink Current (MAX7219 only)	I_{SEG}	Segment off, V_{SEG} = 0.3V	5			mA

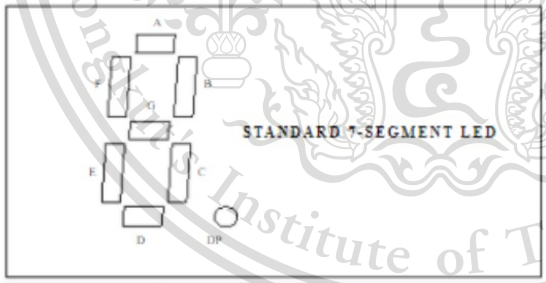
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Table 5. Code B Font

7-SEGMENT CHARACTER	REGISTER DATA						ON SEGMENTS = 1							
	D7*	D6–D4	D3	D2	D1	D0	DP*	A	B	C	D	E	F	G
0		X	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	0
1		X	0	0	0	1		0	1	1	0	0	0	0
2		X	0	0	1	0		1	1	0	1	1	0	1
3		X	0	0	1	1		1	1	1	1	0	0	1
4		X	0	1	0	0		0	1	1	0	0	1	1
5		X	0	1	0	1		1	0	1	1	0	1	1
6		X	0	1	1	0		1	0	1	1	1	1	1
7		X	0	1	1	1		1	1	1	0	0	0	0
8		X	1	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1
9		X	1	0	0	1		1	1	1	1	0	1	1
—		X	1	0	1	0		0	0	0	0	0	0	1
E		X	1	0	1	1		1	0	0	1	1	1	1
H		X	1	1	0	0		0	1	1	0	1	1	1
L		X	1	1	0	1		0	0	0	1	1	1	0
P		X	1	1	1	0		1	1	0	0	1	1	1
blank		X	1	1	1	1		0	0	0	0	0	0	0

*The decimal point is set by bit D7 = 1

Table 6. No-Decode Mode Data Bits and Corresponding Segment Lines



	REGISTER DATA							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Corresponding Segment Line	DP	A	B	C	D	E	F	G

Intensity Control and Interdigit Blanking

The MAX7219/MAX7221 allow display brightness to be controlled with an external resistor (RSET) connected between V+ and ISET. The peak current sourced from the segment drivers is nominally 100 times the current entering ISET. This resistor can either be fixed or variable to allow brightness adjustment from the front panel. Its minimum value should be 9.53 Ω, which typically sets the segment current at 40mA. Display brightness can also be controlled digitally by using the intensity register.

Digital control of display brightness is provided by an internal pulse-width modulator, which is controlled by the lower nibble of the intensity register. The modulator scales the average segment current in 16 steps from a maximum of 31/32 down to 1/32 of the peak current set by RSET (15/16 to 1/16 on MAX7221). Table 7 lists the intensity register format. The minimum interdigit blanking time is set to 1/32 of a cycle.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

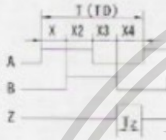
※ ISC3806 SERIES

Shaft diameter Φ6 mm or Φ8 mm , clamping flange, housing diameter Φ38 mm.
Low price at high performance, small volume, light weight, easy for installing

Applications:
Measure the distance, stop dog positioning, curtained door, textile machines

Output waveform

90° Output phase difference, CW rotation (CW rotation as seen from fit surface)



Square-wave accuracy: $X_n+X_{n'}=1/2T \pm 1/12T$
$X_n+X_{n'}=1/2T \pm 1/12T$
Pitch error of period: ± 0.01T
Pitch error of phase position: ≤1/18T
Z phase: Tz =1/4T (1T, 1/2T, 1/4T)
Period of pulses: T=360° /N (N: output pulses)
Signal accuracy: Xn=1/4T ± 1/12T (n=1, 2, 3, 4)
A leads B clockwise when viewing the encoder shaft end.
The position of Z phase against A, B phase is not specified.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

ELECTRICAL SPECIFICATIONS	
Output wave	Square wave
Output signals	A, B, Z,(Line driver output A, Ā, B, B̄, Z, Z̄ phase)
Current consumption	≤120mA
Response Frequency	0~100KHz
Output phase difference	90° ± 45°
Supply voltage	5V DC, 5-12V DC, 12-24V DC
Signal level	$V_H \geq 85\%Vcc$, $V_L \leq 0.3V$
Number of pulses	10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 120, 125, 150, 180, 200, 240, 250, 256, 300, 360, 400, 480, 500, 512, 600, 720, 740, 800, 900, 960, 1000, 1024, 1200, 1250, 1440, 1500, 1800, 2000, 2048, 2500(Other number of pulse available on request)
Output circuit	Open collector NPN, Push pull, Line driver, Voltage
MECHANICAL SPECIFICATIONS	
Speed without sealing	5000rmp
Rotor moment of inertia	Appr. 3.5×10^{-6}Kgm²
Starting torque without sealing	≤1.5x 10^{-2}Nm (+25°C)
Maximum load permitted on shaft	Radial 20N, Axial 10N
Shock resistance	980m/s², 6ms, 2 times each on XYZ
Vibration proof	50m/s², 10~200Hz, 2 hours each on XYZ
Working life	MTBF > 25000h (+25°C, 2000rpm)
Weight	Appr. 130g (with 0.5 meter cable)
ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS	
Working humidity	30~85% (No condensation)
Storage temperature	-40°C~100°C
Working temperature	-25°C~85°C
Protection class	IP54

Terminal assignment

Signal	+5V	0V	SIG A	SIG Ā	SIG B	SIG B̄	SIG Z	SIG Z̄	Shield
Cable Color	Red	Black	Green	Brown	White	Grey	Yellow	Orange	N.C

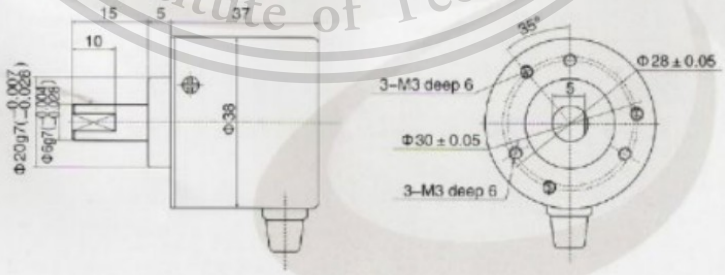
Note: Shield is attached to connector housing. One meter cable lengths (other cable lengths on order).

Ordering code

ISC3806	— H03	G	600	BZ3	— 5-12	C
Series	Sequence Number	Connection	Number of Pulses	Output Signals	Supply Voltage	Output Circuit

Series: ISC3806, Radial cable: G, Number of pulses: 600 p/r, Output signals: ABZ, Tz=1/4T, Supply voltage: 5-12V DC, Output circuit: Open collector NPN. Record: ISC3806-H03G600BZ3-5-12C

Dimensions

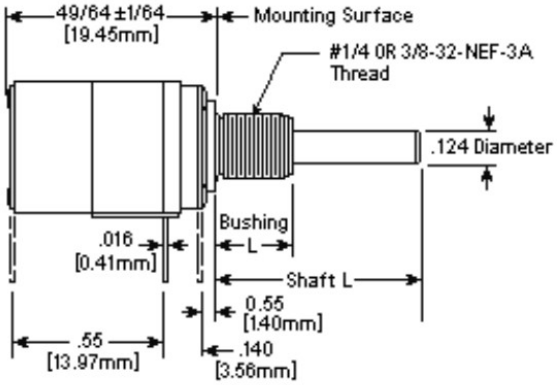


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

The Potentiometer Specialists®

Providing quality parts on time - with the expertise to meet your most challenging design requirements.

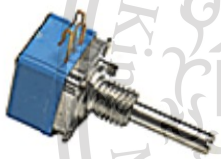
With Satisfied Customers Around The World



Rotary, Linear, and Multi-Turn Potentiometers and Encoders

Custom Potentiometers Built To Your Design Specifications Within 48 Hours*
MODULAR CONSTRUCTION
THE BEST CHOICE FOR MEETING YOUR EXACT REQUIREMENTS!
SHORT LEAD TIMES - TYPICALLY NO MINIMUM ORDER REQUIREMENTS

S88 Conductive Plastic
S89 Cermet



- 1/2" Square Modules
- Concentric Shafts
- Panel & Shaft Seals
- Up to 8 modules
- Solder Hook or PC Pins
- Rotary & Push-Pull Switches
- Linear & Log taper
- Center & Multiple Detents
- 1/2 W Conductive Plastic S88
- 1 W Cermet S89
- **"The New Mod-Pot 2 ™"**
- **RoHS**

S159 Series
Conducitve Plastic and Cermet

- 5/8" Square Modules
- Up to 4 modules
- Conductive Plastic or Cermet elements
- Linear, Audio, Reverse Audio Tapers
- Metal Shaft and Bushing
- Bushing or PC board Mount
- 2 Watts Cermet
- 1 Watt Conductive Plastic
- Rotary Switch option
- IP40 Rating
- **"The New Mod-Pot 2 ™"**
- **RoHS**

S127 Conductive Plastic

★ **IP67 Rated**

- 1/2" Square Modules
- **IP67** Sealed Standard
- 1/2 W Conductive Plastic
- Linear & Log taper
- Up to 4 Modules
- Single Shaft 1/8" or 1/4"
- Solder Hooks or PC Pins
- Rotary Switch Option
- Center & Multiple Detents
- **RoHS**

Click Here for a Mod-Pot™ Series Comparison

* Normal lead time less than 2 weeks, 48-Hour VIP service subject to component availability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Custom Potentiometers Built To Your Design Specifications
INQUIRE ABOUT LEAD TIME & MINIMUM ORDER REQUIREMENTS

Series S127B

- 1/2" Square Modules
- Up to 2 modules
- Conductive Plastic or Cermet elements
- Linear, Audio, Reverse Audio Tapers
- Metal Shaft and Bushing
- Bushing or PC board Mount
- 1 Watt Cermet
- 1/2 Watt Conductive Plastic
- Rotary or Push-Pull Switch
- Sealed IP64/IP65 Standard
- RoHS

Series 70
Series 72

- 5/8" Square Modules
- Concentric Shafts
- Panel & Shaft Seals
- Modular Construction
- Up to 6 modules
- Solder Lugs or PC Pins
- Rotary & Push-Pull Switches
- Linear & Log taper
- Vernier Drive Available
- 1/2 W Conductive Plastic
- 2 W Cermet
- "**The Original Mod-Pot**"
- RoHS

S159-10 Series

- 5/8" Square Modules
- 10-turn modular
- Up to 2 modules
- Wirewound or Hybritron® elements
- Linear Taper
- ±0.25% Independent Linearity
- Metal Shaft and Bushing
- Bushing or PC board Mount
- 1 Watt Power Rating
- IP40 Rating
- RoHS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

The full spectrum of potentiometer products available through **State Electronics** can produce a solution for nearly every potentiometer requirement. Contact your State sales representative for additional information.

Modular Potentiometers

Millions of combinations available including: single, dual, triple, quad modules, as well as customized switches, shafts and terminals.

Commercial Potentiometers

High performance, low cost potentiometers for panel or pc board applications.

Precision Potentiometers

Precision potentiometers provide reliable control for applications in heavy equipment, robotics, industrial, test and lab equipment

Multi-Turn Potentiometers

A wide selection of multi-turn potentiometers can meet your requirements for accurate and stable control input.

Mil-spec Potentiometers

Mil Spec units are offered with Conductive Plastic or Carbon elements. Housings are either metal or plastic depending on Mil-Type. Stainless steel shafts are standard.

Linear Motion Potentiometers

For applications that require precision linear feedback. An extensive line is available for industrial, marine, medical, laboratory and robotics applications.

Joystick Controls

Our comprehensive line of industrial joystick controllers offers resistive and non-contact control in 1, 2, or 3 axes. These units can be configured to your requirements

Hall-Effect Rotary Position Sensor

A non-contact sensor with direct analog voltage out - for the Highest Reliability at low cost. Long life, rugged, and programmable to your application!

Rotary Encoders

Optical and mechanical rotary position encoders with direct digital output. Models for commercial, precision and high-resolution are available.

Turn-Counting Dials

Analog and digital dials give excellent readability and precision feel, as well as high accuracy. Most models include a locking brake to keep the dial set in place.

Control Knobs & Dials

Traditional and contemporary styles for rotary and slide potentiometers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.