

## คีย์บอร์ดและส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์

นายวัฒนา วิษา

นายบัญชา ทองขาว

นายศัพพัฒน์ เกริกกิตติวิทย์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ( เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

### บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง “คีย์บอร์ดและส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์” เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างคีย์บอร์ดและส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์ให้ผู้พิการทางสายตา ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ออกแบบโดยใช้โปรแกรมวิซวลซี เพื่อส่งตัวอักษรภาษาอังกฤษไปยังส่วนที่ 2 คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628A ผ่านการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 แล้วทำการประมวลผลเพื่อไปควบคุมการทำงานของส่วนที่ 3 คือชุดแสดงผลตัวอักษรเบรลล์ ซึ่งออกแบบโดยใช้โซลินอยด์ในการแสดงผลรหัสอักษรเบรลล์ จากการทดลองให้ผู้พิการทางสายตาอ่านตัวอักษร 2 วิธี คือวิธีการส่งแบบตัวอักษร และส่งแบบเป็นคำ ใน 3 รูปแบบ คือพิมพ์ด้วยแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ พิมพ์ด้วยโปรแกรมเป็นคีย์สมมุติ และไฟล์ตัวอักษร การส่งแบบตัวอักษรใช้ตัวอักษร A-Z ตัวอักษรละ 30 ครั้ง โดยการเรียงสลับไม่ลำดับตัวอักษร ผลปรากฏว่าผู้พิการทางสายตาสามารถอ่านได้ถูกต้องทุกตัวอักษร ส่วนวิธีที่ 2 การส่งแบบเป็นคำโดยวิธีการเรียงสลับไม่ลำดับคำ จำนวน 10 คำ คำละ 10 ครั้ง โดยการเรียงสลับไม่ลำดับคำ ผลปรากฏว่าผู้พิการทางสายตาสามารถอ่านได้ถูกต้องทุกคำ

### 1. บทนำ

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาผู้พิการทางสายตาจะถูกจำกัดในทุกๆด้านทั้งด้านอาชีพและการศึกษา การที่จะถ่ายทอดความคิดลงเป็นตัวหนังสือที่ผู้พิการทางสายตาใช้อ่านใช้และเขียนได้ ดังนั้นจึงต้องอาศัยเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์และสื่อสาร ให้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการอำนวยความสะดวกรวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่างๆ ให้แก่ผู้พิการทางสายตา เช่น การใช้เทคโนโลยีเสียงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ของผู้พิการทางสายตา การประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์นำทาง รวมทั้งการอำนวยความสะดวกให้กับผู้พิการทางสายตาสามารถใช้คอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

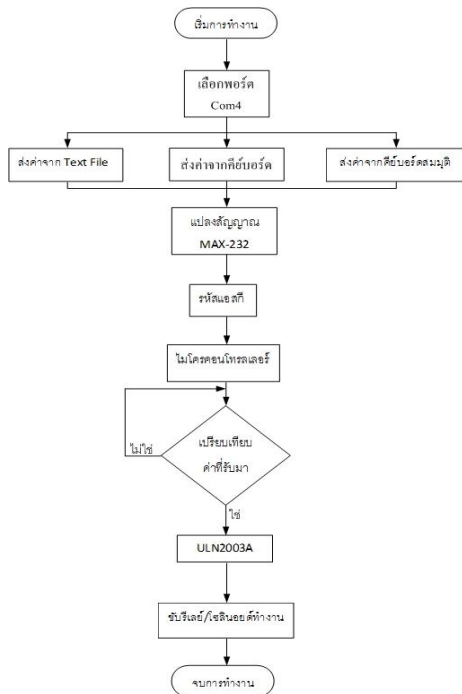
### 2. โครงสร้างของระบบ

การทำงานของระบบเริ่มการทำงานแล้วทำการเลือกพอร์ตการทำงานของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องที่กำหนดไว้ คอมพิวเตอร์ของผู้ทำวิจัยนี้

เลือกใช้ COM4 แล้วทำการ Connect ขึ้นตอนต่อไปทำการใส่ตัวอักษรที่ต้องการส่งผ่านทาง ไฟล์ตัวอักษร , คีย์บอร์ด หรือคีย์บอร์ดสมมุติ จากนั้นก็จะส่งรหัสของตัวอักษรที่พิมพ์ ผ่านพอร์ตอนุกรมไปยังตัวแปรสัญญาณ MAX-232 เพื่อแปลงให้เป็นรหัสแอสกี แล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการเปรียบเทียบค่าที่รับมาถ้าไม่ใช่จะทำการเปรียบเทียบค่าใหม่จนเจอ ถ้าใช่ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งไปยัง ULN2003A ซึ่งเป็นไอซีที่มีคุณสมบัติทนแรงดันสูงถึง 50 โวลต์ และทนกระแสสูงถึง 500 มิลลิแอมแปร์เพื่อไปขับรีเลย์ โดยที่รีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิทซ์ให้โซลินอยด์ทำงาน หรือไม่ทำงาน

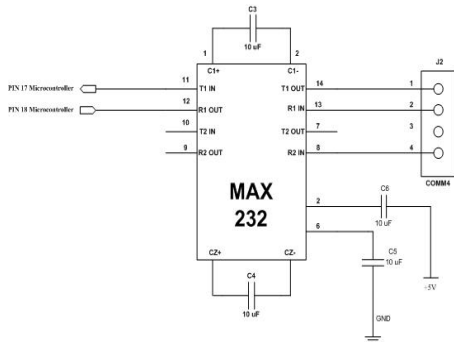


รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ



รูปที่ 2.2 การทำงานของระบบ

### 2.1 ชุดเชื่อมต่อ RS-232

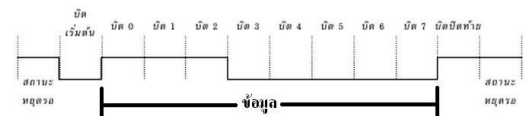


รูปที่ 2.3 ชุดเชื่อมต่อ RS-232

จากรูปที่ 2.3 ชุดเชื่อมต่อ COM4 ใช้ DB9 โดยที่ขา 1 ของ COM4 เป็น TX โดยต่อเข้ากับขา 14 ของ MAX-232 ขาที่ 2 ของ COM4 เป็น ขา RX โดยต่อเข้ากับขา 13 ของ MAX-232 ขาที่ 4 ของ COM4 เป็นกราวด์ ในส่วนของ MAX-232 ขาที่ 2 ของ MAX-232 รับแหล่งจ่ายไฟจากชุดวงจรแหล่งจ่ายไฟ ขาที่ 6 ของ MAX-232 เป็นขากราวด์

ขาที่ 11 และ 12 ของ MAX-232 เป็นขา RX และ TX ต่อไปยังขาของ RX และ TX ของไมโครคอนโทรลเลอร์

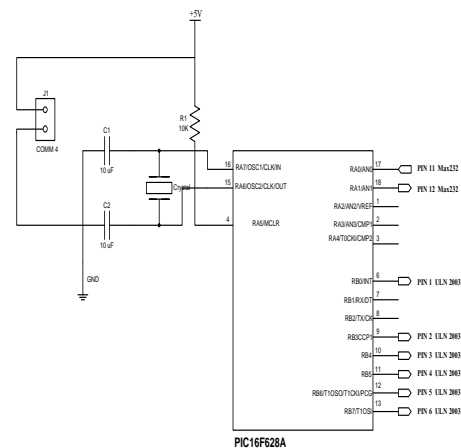
เหตุผลที่เลือกใช้ IC MAX232 เพราะต้องการส่งแบบอนุกรมการเชื่อมต่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์กับ คอมพิวเตอร์ เป็น มาตรฐาน RS232 แต่ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น TTL จึงต้องใช้ MAX232 ปรับระดับแรงดันให้อยู่ในระดับเดียวกัน



รูปที่ 2.4 รูปแบบของการส่งข้อมูล

จากรูปที่ 2.4 รูปแบบของการส่งข้อมูลเมื่อไม่มีการส่งข้อมูลจะมีสถานะเป็นลอจิก '1' หรือสถานะหยุดรอ เมื่อส่งข้อมูลบิตเริ่มต้นเป็นลอจิก '0' บิต 0 ถึง บิต 7 เป็นบิตข้อมูล ซึ่งรูปแบบของข้อมูลจะแตกต่างกันในแต่ละตัวอักษรที่ถูกส่งออกไป และบิตปิดท้ายจะมีค่าลอจิกเป็น '1' เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูล

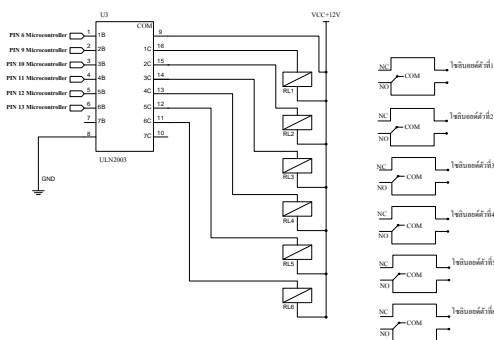
### 2.2 วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.5 วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 2.5 ออกแบบโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 16F628A ขา อินพุตใช้ขา RA0/AN0 และขา RA1/AN1 เป็น RX/TX รับมาจาก MAX-232 เป็นตัวอินเวอร์ตเฟส ของคอมพิวเตอร้อาท์พุตใช้ที่ขา B0-B5 ต่อเข้ากับ ชุด ULN เพื่อไปควบคุมชุดเป็นอักษรเบรลล์

2.3 วงจรควบคุมโซลินอยด์



รูปที่ 2.6 วงจรควบคุมโซลินอยด์

จากรูปที่ 2.6 วงจรควบคุมโซลินอยด์ออกแบบ โดยใช้ ULN โดยสั่งด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้าที่ขาอินพุต ขาที่ 1 ถึง ขาที่ 6 ของ ULN และ เอาท์พุตต่อเข้าที่ขา 11 ถึงขาที่ 16 ต่อเข้ากับชุดรีเลย์ และชุดรีเลย์ต่อเข้ากับ โซลินอยด์เมื่อได้รับคำสั่งจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์วงจรก็จะทำงาน โดยแสดงที่ ตัวโซลินอยด์แสดงเป็นรหัสอักษรเบรลล์

สูตรคำนวณกระแสที่ผ่านรีเลย์

V = แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับรีเลย์

R = ความต้านทานภายในขดลวดของ

รีเลย์

I = กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับรีเลย์

จากกฎของโอห์ม

$$V = I \times R$$

ต้องการหาค่ากระแส (I)

$$I = \frac{V}{R}$$

แทนค่า

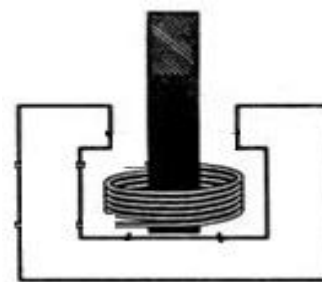
$$I = \frac{12V}{400 \Omega}$$

$$\therefore I = 30 \text{ mA}$$

กระแสที่คำนวณได้จากรีเลย์ เท่ากับ 30 mA เมื่อเทียบกับความสามารถในการจ่ายกระแส ของไอซี ULN 2003A ซึ่งข้อมูลที่ได้จากข้อมูลไอซี ULN 2003A ในหน้า ภาคผนวก ข. ดังนั้นจึง เลือกใช้ ไอซี ULN 2003A เพราะสามารถทน กระแสได้สูงสุดที่ 500 mA ดังนั้นไอซี ULN 2003A สามารถทำงานอยู่ในสภาวะระดับปานกลางทำให้ ไอซี ULN 2003A ไม่ทำงานหนักจนเกินไปจนทำให้เกิดปัญหาเรื่องความร้อนขึ้นภายในวงจร

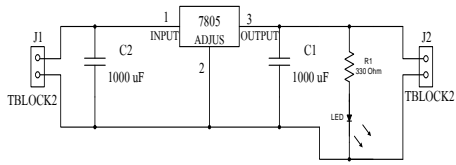
2.4 โซลินอยด์

โซลินอยด์ที่ใช้ทั้งหมด 6 ตัว มีลักษณะดัง รูปที่ 3.7 เป็นโซลินอยด์ 12 โวลต์ กระแสขณะ ทำงาน 800 มิลลิแอมป์ ต่อหนึ่งตัว



รูปที่ 2.7 โซลินอยด์

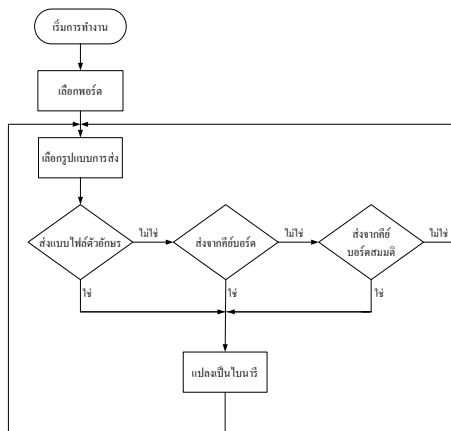
### 2.5 ชุดแหล่งจ่าย



รูปที่ 2.8 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

จากรูปที่ 2.8 ในการออกแบบชุด แหล่งจ่ายไฟ เลือกใช้ไอซี เบอร์ 7805 เป็นไอซีปรับระดับแรงดัน ซึ่งสามารถรับ อินพุต ได้ตั้งแต่ 5V-18V และให้เอาต์พุต 5V โดยไอซีปรับระดับแรงดัน จะรับ อินพุตกระแสไฟจากสวิตช์จิ่ง (12VDC) โดยไอซีปรับระดับแรงดัน จะเชื่อมต่อกับตัวเก็บประจุเพื่อ กรองกระแสและแสดงผลด้วยไดโอดเปล่งแสง ก่อน ที่จะ ส่ง ไฟ เลี้ยว ใ ให้กับ ชุด คำ สั่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน

### 2.5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

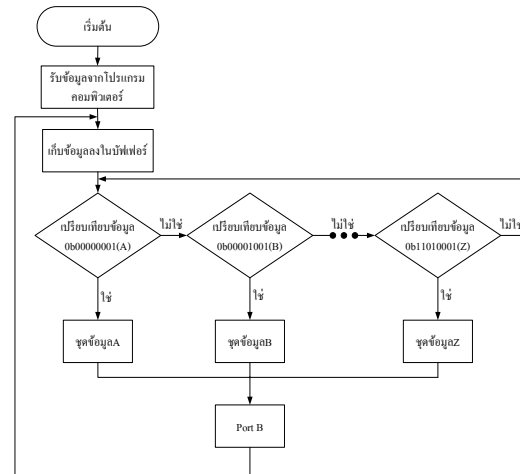


รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการทำงานของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเริ่มจากการเลือกพอร์ต คอมพิวเตอร์ที่กำหนดใช้ของแต่ละเครื่องขั้นตอนต่อไปทำการเลือกรูปแบบการส่ง โดยมีการส่งแบบไฟตัวอักษร การส่งจากคีย์บอร์ด และการส่งจากคีย์บอร์ดสมมติ โดยที่เราเลือกพิมพ์ตัวอักษรที่

ต้องการส่งผ่านทางรูปแบบการส่งที่ต้องการส่ง เมื่อเราส่งตัวอักษรแล้วจะทำการแปลงตัวอักษรที่เราส่งให้เป็นไบนารี และจะทำการเปรียบเทียบจนสิ้นสุดการส่งเพื่อไปเปรียบเทียบกับในส่วนของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในขั้นตอนต่อไป

### 2.6 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.10 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 2.10 การทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มต้นการทำงานโดยรับข้อมูลที่ส่งมาจากพอร์ตอนุกรม โดยรับมาจากส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากนั้นข้อมูลจะถูกจัดเก็บลงในบัพเฟอร์แล้วทำการเปรียบเทียบค่าไบนารีที่รับมาโดยอ้างอิงจากตารางที่ 3.1 ถ้ามีค่าเปรียบเทียบถูกต้องกับข้อมูลที่มีอยู่ในบัพเฟอร์ก็จะส่งต่อไปยังพอร์ต B แต่ถ้าข้อมูลไม่ถูกต้องกับข้อมูลที่มีอยู่ในบัพเฟอร์ก็จะทำการเปรียบเทียบจนกว่าจะเจอข้อมูลที่ถูกต้อง

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบข้อมูลไบนารีในบัพเฟอร์  
ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ตัวอักษร	ไบนารี 8 บิต	รหัสอักษร เบอร์ลท์ที่แสดง
A	00000001	●○○○○○○○
B	00001001	●○○○○○●○
C	00100001	●○○○○○○○
D	01100001	●○○○○○○○
E	01000001	●○○○○○○○
F	00101001	●○○○○○●○
G	01101001	●○○○○○●○
H	01001001	●○○○○○●○
I	00101000	●○○○○○●○
J	01101000	●○○○○○●○
K	00010001	●○○○○○○○
L	00011001	●○○○○○●○
M	00110001	●○○○○○●○
N	01110001	●○○○○○●○
O	01010001	●○○○○○●○
P	00111001	●○○○○○●○
Q	01111001	●○○○○○●○
R	01011001	●○○○○○●○
S	00111000	●○○○○○●○
T	01111000	●○○○○○●○
U	10010001	●○○○○○●○
V	10011001	●○○○○○●○
W	11101000	●○○○○○●○
X	10110001	●○○○○○●○
Y	11110001	●○○○○○●○
Z	11010001	●○○○○○●○

\*หมายเหตุ

○ จุดที่โซลินอยด์ไม่ทำงาน

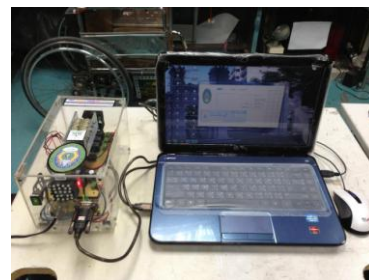
● จุดที่โซลินอยด์ทำงาน

### 3. ผลการทดลอง

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

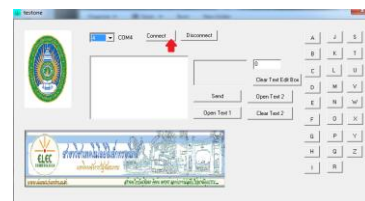
3.1 การทดลองที่ 1 เป็นการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลเป็นแสดงผลอักษรเบอร์ลท์ โดยการเรียงสลับไม่ลำดับตัวอักษร A-Z จำนวนตัวอักษรละ 30 ครั้ง และส่งไปยังผู้พิการทางสายตา โดยขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้

3.1.1 ทำการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเตรียมความพร้อมในการใช้งาน



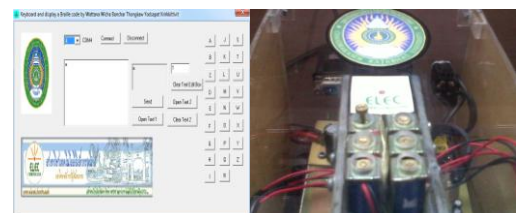
รูปที่ 3.1 การติดตั้งอุปกรณ์

3.1.2 ทำการเปิดหน้าต่างโปรแกรมเลือกการเชื่อมต่อที่ COM4 แล้วกดที่ปุ่ม Connect เพื่อทำการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.2 หน้าต่างโปรแกรม

3.1.3 ทำการเรียงสลับไม่ลำดับตัวอักษร A-Z จำนวนตัวอักษรละ 30 ครั้ง



รูปที่ 3.3 รหัสอักษรเบอร์ลท์ที่แสดง

3.1.4 เมื่อเป็นรหัสอักษรเบรลล์แสดงผล  
ให้ผู้พิการทางสายตาทำการสัมผัส



รูปที่ 3.4 ผู้พิการทางสายตาอ่านอักษรเบรลล์

3.1.5 ทำการตรวจสอบตัวอักษรที่ผู้พิการ  
ทางสายตาได้อ่านนั้นตรงกับตัวอักษรที่ได้ส่งไป  
หรือไม่ แล้วทำการบันทึกผลลงในตารางที่ 4.1

3.1.6 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอนที่ 5  
โดยส่งสลับตัวอักษรจนครบตามที่กำหนดไว้

ตารางที่ 3.1 การทดลองการทำงานชุดคีย์บอร์ดและ  
ส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์โดยการเรียง  
สลับไม่ลำดับตัวอักษร A-Z จำนวนตัวอักษรละ 30  
ครั้ง โดยผู้พิการทางสายตาเป็นผู้อ่าน

ตัวอักษร	การทดลองโดยผู้พิการทางสายตา เป็นผู้อ่าน	
	ความถูกต้อง จากการ ทดลอง	ความผิดพลาดจาก ทดลอง
A	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
B	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
C	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
D	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
E	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
F	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
G	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด

ตารางที่ 3.1 การทดลองการทำงานชุดคีย์บอร์ดและ  
ส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์โดยการเรียง  
สลับไม่ลำดับตัวอักษร A-Z จำนวนตัวอักษรละ 30  
ครั้ง โดยผู้พิการทางสายตาเป็นผู้อ่าน (ต่อ)

ตัวอักษร	การทดลองโดยผู้พิการทางสายตาเป็น ผู้อ่าน	
	ความถูกต้อง จากการทดลอง	ความผิดพลาดจาก ทดลอง
H	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
I	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
J	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
K	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
L	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
M	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
N	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
O	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
P	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
Q	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
R	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
S	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
T	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
U	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
V	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด

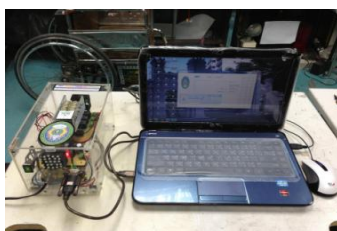
ตารางที่ 3.1 การทดลองการทำงานชุดคีย์บอร์ดและ ส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์โดยการเรียง สลับไม่ลำดับตัวอักษร A-Z จำนวนตัวอักษรละ 30 ครั้ง โดยผู้พิการทางสายตาเป็นผู้อ่าน (ต่อ)

ตัวอักษร	การทดลองโดยผู้พิการทางสายตาเป็นผู้อ่าน	
	ความถูกต้องจากการทดลอง	ความผิดพลาดจากการทดลอง
W	อ่านถูกต้องทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
X	อ่านถูกต้องทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
Y	อ่านถูกต้องทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
Z	อ่านถูกต้องทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด

การทดลองโดยการเรียงสลับไม่ลำดับตัวอักษร A-Z จำนวนตัวอักษรละ 30 ครั้ง ทั้ง 3 รูปแบบ จากการทดลองพบว่าผู้พิการทางสายตาสามารถอ่านได้อย่างถูกต้องทั้งหมด ความถูกต้องในการอ่าน ขึ้นอยู่กับทักษะ และความชำนาญในการอ่านอักษรเบรลล์ของผู้พิการทางสายตาแต่ละคน

3.2 การทดลองที่ 2 ทำการทดลองหาประสิทธิภาพในการส่งตัวอักษรลักษณะเป็นข้อความที่มีตัวอักษรมากกว่าหนึ่งตัวอักษรขึ้นไป โดยการส่งเป็นคำเรียงสลับไม่ลำดับคำ จำนวน 10 คำคำละ 10 ครั้ง

3.2.1 ทำการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเตรียมความพร้อมในการใช้งาน



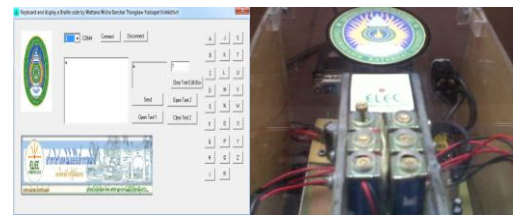
รูปที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์

3.2.2 ทำการเปิดหน้าต่างโปรแกรมเลือกการเชื่อมต่อที่ COM4 แล้วกดที่ปุ่ม Connect เพื่อทำการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.6 หน้าต่างโปรแกรม

3.2.3 ทำการเรียงสลับไม่ลำดับตัวอักษร A-Z จำนวนตัวอักษรละ 30 ครั้ง



รูปที่ 3.7 รหัสอักษรเบรลล์ที่แสดง

3.2.4 เมื่อเป็นรหัสอักษรเบรลล์แสดงผลให้ผู้พิการทางสายตาทำการสัมผัส



รูปที่ 3.8 ผู้พิการทางสายตาอ่านอักษรเบรลล์

3.2.5 ทำการตรวจสอบตัวอักษรที่ผู้พิการทางสายตาได้อ่านนั้นตรงกับตัวอักษรที่ได้ส่งไปหรือไม่ แล้วทำการบันทึกผลลงในตารางที่ 4.1

3.2.6 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอนี่ 5 โดยส่งสลับตัวอักษรจนครบตามที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4.2 การทดลองการทำงานคีย์บอร์ดและ ส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์ โดยการส่งเป็น คำเรียงสลับไม่ลำดับคำ 10 คำ จำนวนคำละ 10 ครั้ง โดยผู้พิการทางสายตาเป็นผู้อ่าน

ประโยค	การทดลองโดยให้ผู้พิการทาง สายตาเป็นผู้อ่าน	
	ความถูกต้อง จากการ ทดลอง	ความผิดพลาด จากการทดลอง
HELLO	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
YES	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
NO	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
WHO	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
WHAT	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
CAT	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
ANT	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
WHY	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
BAT	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด
YOU	อ่านถูกต้อง ทั้งหมด	ไม่มีข้อผิดพลาด

การทดลองโดยการส่งเป็นคำเรียงสลับไม่ลำดับคำ จำนวน 10 คำ คำละ 10 ครั้งทั้ง 3 รูปแบบจากการทดลองพบว่าผู้พิการทางสายตาสามารถอ่านได้อย่างถูกต้องทั้งหมดความถูกต้องในการอ่านขึ้นอยู่กับทักษะ และความชำนาญในการอ่านอักษรเบรลล์ของผู้พิการทางสายตาแต่ละคน

#### 4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองสร้างขึ้นเพื่อเป็นการแสดงผลในรูปแบบอักษรเบรลล์ให้ผู้พิการทางสายตาสามารถทำการอ่าน หรือเป็นตัวช่วยในการสร้างความเข้าใจไว้แก้ปัญหาให้ผู้พิการ ซึ่งผลงานชิ้นนี้จะช่วยลดความบกพร่องของผู้พิการทางสายตาให้สามารถใช้ชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น โดยชุดคีย์บอร์ดและส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์สามารถที่จะใช้แสดงผลตัวอักษรเบรลล์เป็นรหัสคำและตัวอักษร

จากการทดลองการทำงานของชุดคีย์บอร์ดและส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์ผ่านคอมพิวเตอร์ ทำการทดลองแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองการแสดงรหัสอักษรเบรลล์ แบบทีละตัวอักษร A-Z โดยจะทำการการเรียงสลับไม่ลำดับตัวอักษร A-Z จำนวนตัวอักษรละ 30 ครั้ง และการทดลองที่ 2 เป็นการทดลองหาประสิทธิภาพในการส่งตัวอักษร ลักษณะเป็นข้อความที่มีตัวอักษรมากกว่าหนึ่งตัวอักษรขึ้นไป ในการส่งเป็นคำเรียงสลับไม่ลำดับคำ แล้วให้ผู้พิการทางสายตาเป็นผู้อ่าน

จากการทดลองผู้พิการทางสายตาได้ทำการอ่านตัวอักษรแบบสุ่มในการทดลองที่1 และทดลองการอ่านข้อความในการทดลองที่2 จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 พบว่าผู้พิการทางสายตาสามารถอ่านได้อย่างถูกต้องทั้งหมด ซึ่งข้อกำหนดของการทดลองยังมีจำนวนคำที่ไม่มากนักเป็นผลให้ผู้ทดลองทำความเข้าใจได้โดยไม่ยากจากที่ได้ทำการทดลองผู้พิการทางสายตาที่ทำการทดลองให้คำแนะนำว่าควรจะมีการปรับปรุงขนาดของตัวอักษรเบรลล์ให้มีขนาดเล็กลงจึงจะเหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริง เพราะถ้าตัวอักษรเบรลล์มีขนาดใหญ่ก็จะทำให้การอ่านอักษรเบรลล์ของผู้พิการทางสายตาจะอ่านยากตามไปด้วย ในอนาคตการปรับปรุงควรที่จะเพิ่มจำนวนคำ หรือข้อความให้มีความยากขึ้น และทำขนาดตัวอักษรเบรลล์ให้เล็กลง



## 5. ข้อเสนอแนะ

- 5.1 ควรใช้อุปกรณ์อื่นที่มีขนาดเล็กแทนการใช้โซลินอยด์
- 5.2 ควรการพัฒนาให้ชุดเป็นคีย์บอร์ดให้มีขนาดเล็กลงให้ตรงตามมาตรฐาน
- 5.3 ควรหากกลุ่มผู้พิการทางสายตาที่มีพื้นฐานทางด้านภาษาอังกฤษ
- 5.4 ควรพัฒนาลายวงจรปรีนให้มีขนาดเล็ก
- 5.5 ควรหาชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลง

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิจัยคีย์บอร์ดและส่วนแสดงผลด้วยรหัสอักษรเบรลล์ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีอันเนื่องมาจากความอนุเคราะห์จากอาจารย์สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ และรุ่นพี่ที่สำเร็จการศึกษาไปแล้ว ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้เทคนิค และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดจนคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงการ อีกทั้งบิดา มารดา ที่ได้สนับสนุนทุนในการจัดทำวิจัยนี้