สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบวัดเวลาตอบสนองระหว่างตากับมือ

Development of Reaction Time Measurement for Eye-Hand Coordination

กิติพล ชิตสกุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH

เลขหมู่ 131097

เลขทะเบียน

วัน,เดือน,ปี 22 พ.ค. 2557

b. 12603776

i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สถาบันฯ ได้จำกัดสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบวัดเวลาตอบสนองระหว่างตากับมือ

Development of Reaction Time Measurement for Eye-Hand Coordination

กิติพล ชิตสกุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	1
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	2
1.6 คำสำคัญของการวิจัย	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.8 โครงสร้างของรายงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 การออกแบบระบบ	31
3.1 การออกแบบโหมดทดสอบนักกีฬา	31
3.2 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์	36
3.2.1 การปรับปรุงวงจรโมดูลปุ่มกด	36
2.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	38
3.2.3 วงจรของ IC MAX232	39
3.3 การออกแบบส่วนซอฟต์แวร์	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 53

4.1 ระบบวัดเวลาตอบสนองแสดงผลด้วย LCD 53

4 .2 การปรับปรุงแสดงผลโดยใช้จอภาพ VGA แทนจอ LCD 54

4.3 การบันทึกข้อมูลลง SD CARD 55

4.4 การสร้างไฟล์รูปแบบ สำหรับการทดสอบ โหมดรูปแบบเฉพาะ (Pattern Mode) 57

4.5 การแก้ไขปรับปรุงความแม่นยำในการจับเวลา 60

4.6 การพัฒนาเป็นระบบวัดการตอบสนองตากับศีรษะ 62

บทที่ 5 บทสรุป 65

5.1 สรุป 65

5.2 วิจารณ์ 65

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง 66

ภาคผนวก ผลงานวิจัยที่เผยแพร่

ประวัตินักวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 ระบบทดสอบเวลาตอบสนอง ตา-มือแบบง่าย.....2
1.2 แนวคิดของโครงงานระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือ [1] 2
1.3 ไดอะแกรมการทำงาน.....3
1.4 แนวคิดของโครงงานระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับศีรษะ..... 3
2.1 ตัวอย่างของ PIC แบบ EPROM..... 12
2.2 IC MAX 232..... 13
2.3 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ SCR..... 14
2.4 ลักษณะและสัญลักษณ์ของรีเลย์..... 15
2.5 แสดงตำแหน่งขาและรูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์โพรเพลเลอร์แบบตัวถัง DIP 40 ขา.. 23
2.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานภายในของโปรเซสเซอร์ทั้ง 8 ตัวของโพรเพลเลอร์..... 25
2.7 บอร์ด VX-Propeller และรายละเอียดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งบนบอร์ด..... 26
2.8 แสดงวงจรสมบูรณ์ของบอร์ด VX-Propeller (version 1.5).....28
3.1โครงสร้างการทำงานของระบบ..... 30
3.2 การติดไฟของปุ่มกด.....31
3.3 การส่งค่า Reaction time กลับมายังภาค MASTER และการแสดงผลทางจอภาพ VGA..... 31
3.4 การทำงานของระบบในโหมดการทดสอบแบบสุ่มตำแหน่ง).....32
3.5 การเปิดไฟล์รูปแบบเพื่อนำไปใช้ในโหมดการทดสอบรูปแบบเฉพาะ..... 33
3.6 การทำงานของระบบในโหมดการทดสอบรูปแบบเฉพาะ)..... 33
3.7แสดงการทดสอบในโหมดการทดสอบแบบกำหนดเอง)..... 34
3.8 การทำงานของระบบในโหมดการทดสอบแบบกำหนดเอง).....34
3.9 วงจรของโมดูลปุ่มกดเดิม..... 35
3.10วงจรของโมดูลปุ่มกดที่ได้มีการปรับปรุงแล้ว.....36
3.11 วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์.....37
3.12 วงจรของ IC MAX232.....38
3.13 วงจรรวมของPIC 16F688 เพื่อควบคุม Module.....38
3.14 หลักการทำงานของระบบ.....39
3.15 หลักการทำงานของระบบ (ต่อ) 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.16 หลักการทำงานของระบบ (ต่อ) 41
3.17 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม VX-Propeller.........................42
3.18 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมย่อยแบบทดสอบ.. 43
3.19 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ของโมดูลปุ่มกด (Slave16F688)...........44
3.20 แสดงการอธิบายสาเหตุของความผิดพลาดในการจับเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์.........46
3.21 หลักการทำงานของระบบตรวจสอบตนเอง...49
3.22 หลักการทำงานของระบบตรวจสอบตนเอง (ต่อ) 49
3.33 หลักการทำงานของระบบตรวจสอบตนเอง(ต่อ) 50
3.34 หลักการทำงานของระบบตรวจสอบตนเอง (ต่อ) 51
4.1 ระบบวัดเวลาตอบสนองตากับมือต้นแบบ... 52
4.2 เปรียบเทียบจอภาพ VGA (ซ้าย) และจอ LCD (ขวา)..54
4.3 เปรียบเทียบการแสดงผลการทดสอบ โดยใช้จอภาพ VGA (ซ้าย) และจอ LCD (ขวา)......... 54
4.4 การป้อนรหัสประจำตัวของผู้ทำการทดสอบ.. 55
4.5 แสดงโฟลเดอร์ RECORD.. 55
4.6 โฟลเดอร์ย่อยที่ถูกสร้างขึ้นภายในโฟลเดอร์ RECORD 55
4.7 ไฟล์ข้อมูลผลการทดสอบต่างๆ ที่ถูกบันทึกไว้ในโฟลเดอร์ต่างๆ..................................55
4.8 รูปแบบการบันทึกข้อมูลของไฟล์ REC_xxxx.CSV... 56
4.9 แสดงโฟลเดอร์ PATTERN.. 56
4.10 ไฟล์รูปแบบที่สร้างขึ้นในโฟลเดอร์ PATTERN..57
4.11 วิธีการสร้างไฟล์รูปแบบ.. 57
4.12 การใช้งานไฟล์รูปแบบ.. 57
4.13 การแสดงผลของระบบเมื่อพบไฟล์รูปแบบที่ต้องการ 58
4.14 การแสดงผลของระบบเมื่อไม่พบไฟล์รูปแบบที่ต้องการ.. 58
4.15 การแสดงผลเมื่อไฟล์รูปแบบที่ตรวจพบมีข้อผิดพลาด..58
4.16 จอภาพออสซิลโลสโคปแสดงรูปสัญญาณ Pulse ที่วัดได้ที่ขาทดสอบของ PIC.................60
4.17 แสดงการวัดค่าความกว้างของสัญญาณ Pulse...60
4.18 การทดสอบความแม่นยำในการจับเวลาก่อนทำการปรับปรุง.. 60
4.19 การทดสอบความแม่นยำในการจับเวลาภายหลังการปรับปรุง...................................... 61
4.20 ระบบวัดเวลาตอบสนองตากับมือที่พัฒนาขึ้นใหม่...63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.21ต้นแบบเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับการโยกศีรษะ.. 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) **การพัฒนาระบบวัดเวลาตอบสนองระหว่างตากับมือ**

แหล่งเงิน งบประมาณเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 417,600 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2554 ถึง 30 กันยายน 2555

หัวหน้าโครงการ นาย กิติพล ชิตสกุล

หน่วยงานต้นสังกัด สาขาวิชา.วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์..คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สจล.

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการพัฒนาระบบการวัดเวลาการตอบสนองระหว่างร่างกายและสิ่งกระตุ้นให้สะดวกต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น และให้สามารถนำมาใช้ฝึกเพื่อพัฒนาความสามรถของนักกีฬาจำพวกที่ใช้ความไวและปฏิกริยาตอบสนองเช่น นักมวย นักคาราเต้ โดยใช้แสงจาก LED วงแหวนเพื่อใช้ทดสอบการตอบสนองของปฏิกิริยา จากเวลาที่แสงไฟกระตุ้นออกมาจนกระทั่งไฟดับโดยการกดปุ่มหรือใช้ปฏิกริยาอื่นของร่างกายที่เชื่อมต่อกับแผงควบคุม ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการจับเวลาตั้งแต่ไฟติดจนถึงเวลาที่ไฟดับ นำเอาค่าเวลาที่จับได้มาแสดงผล แล้วบันทึกผล นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาระบบเพื่อขยายขอบเขตการใช้งานให้มากขึ้น ได้แก่ สามารถนำมาใช้ในการวัดเวลาตอบสนองระหว่างตากับศีรษะซึ่งเหมาะกับการนำมาฝึกนักกีฬาต่อสู้ที่ใช้หมัด สามารถนำค่าเวลาที่วัดที่ได้มาพัฒนาและปรับปรุงการฝึกฝนเพื่อเพิ่มศักยภาพของนักกีฬาให้ดียิ่งขึ้นได้อีกด้วย

คำสำคัญ : เวลาตอบสนอง การฝึกนักกีฬา การกระตุ้นด้วแสง ความสัมพันธ์ตากับมือ ความสัมพันธ์ตากับศีรษะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of Reaction Time Measurement for Eye-Hand Coordination

Researcher Mr.Kitiphol CHITSAKUL

Faculty: Engineering **Department:** Electronic Engineering KMITL

ABSTRACT

We have developed technique and equipment to measure the response time between the human and external trigger. By using light from LED as activating, the object will response by turning off the light with various methods depending on body movement. This project also helps to train the athletes such as a boxer or karate especially for speed and reaction. The reaction time measured is displayed on a LCD screen and also digitally record on a SD card. Moreover the system was developed as a system to measure of eye-head coordination response time. This is suitable for training in martial sport.

Keywords : Reaction time, athletes training, light trigger, Eye-hand coordination Eye-head coordination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

นาย กีติพล ชิตสกุล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

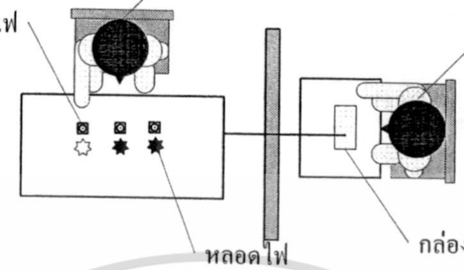
ในบทนี้จะนำเสนอความเป็นมาของโครงการวิจัย แนวคิดเบื้องต้น และหัวข้อที่จะนำเสนอในรายงานฉบับนี้

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

การทดสอบเวลาตอบสนอง เป็นการทดสอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในทางการแพทย์และกีฬา ทางการแพทย์ จิตแพทย์ ใช้เป็นปัจจัยบ่งชี้อย่างหนึ่งทางความบกพร่องของระบบประสาทตอบสนองที่แสดงออกมาในรูปแบบพฤติกรรม [2] นอกจากนี้ยังเป็นตัวบ่งชี้ความสมบูรณ์ของร่างกายในผู้สูงอายุ[4] ทางด้านการกีฬา เวลาตอบสนองจะเกี่ยวข้องกับสมรรถนะของนักกีฬาในการเอาชนะคู่ต่อสู้ และความสามารถในด้านการหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บในกีฬาประเภทที่มีการประทะ[5] จึงทำให้มีการนำเสนอวิธีการทดสอบเวลาตอบสนองในรูปแบบต่าง ๆ การจับเวลาในการคว้าไม้บันทัดซึ่งปล่อยร่วงตามแรงโน้มถ่วงโลก เป็นการทดสอบเวลาตอบสนองที่ง่ายที่สุด แต่ต้องใช้ความแม่นยำและระมัดระวังในการจับเวลา การทำซ้ำหลาย ๆ หนจะช่วยให้ความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น[2] การวัดความเร็วของกระแสประสาทเมื่อมีการตอบสนองเป็นวิธียุ่งยากและสิ้นเปลือง[3] ระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเช่นซอฟต์แวร์บนไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงเป็นตัวกระตุ้นและรับการตอบสนอง[7] อุปกรณ์ดังกล่าวส่วนใหญ่มีข้อจำกัดให้ผู้เข้ารับการทดสอบอยู่ในท่านั่งอยู่ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดสิ่งเร้าผ่านทางหน้าจอ ระบบดังกล่าวการตอบสนองทำได้จำกัดขึ้นอยู่กับจำนวนหรือ ความหลากหลายของอุปกรณ์ต่อพ่วงในรูปแบบฮาร์ดแวร์ [6] อาจจะมีชื่อเรียกเฉพาะเช่น Wayne Saccadic Fixator [7] มีทั้งที่ออกแบบขึ้นมาเฉพาะเป็น Embedded system ติดตั้งหรือเคลื่อนย้ายได้ง่าย ข้อเสียคือการบันทึกข้อมูลการทดสอบจำกัด [10] ชนิดที่ต้องใช้ต่อพ่วงกับไมโครคอมพิวเตอร์ มักมีฐานข้อมูลสำหรับการทดสอบและกำหนดรูปแบบการทดสอบได้ง่าย ทั้งสองแบบมักใช้การทดสอบในท่ายืนเหมาะกับการทดสอบนักกีฬา โครงสร้างของระบบลักษณะนี้จะแข็งแรง ข้อจำกัดของระบบที่มีอยู่ในท้องตลาดคือ มีลักษณะเป็นชิ้นเดียวแม้ทำให้ทนทานแต่การซ่อมบำรุงยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายสูง ตลอดจนการขยายรูปแบบการทดสอบจำกัด

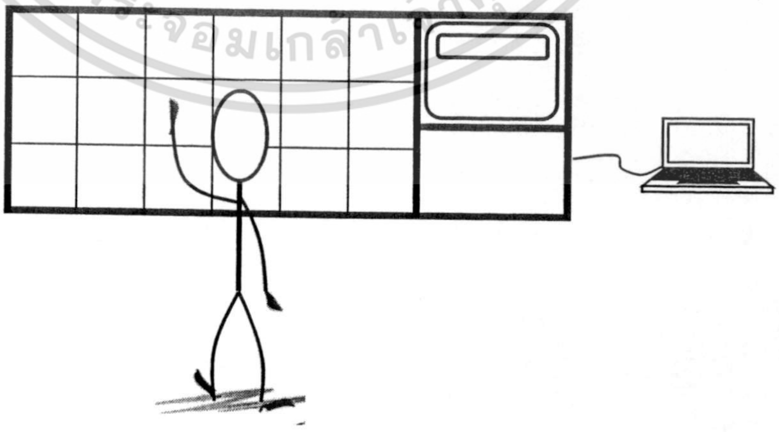
ในประเทศไทย การกีฬาแห่งประเทศไทย ใช้การทดสอบเวลาตอบสนอง ตา-มือ เป็นหนึ่งในสมรรถนะของนักกีฬา[8] และที่การกีฬาแห่งประเทศไทย หัวหมากมีระบบทดสอบเวลาตอบสนอง ตา-มือ แบบง่ายดังแสดงในรูปที่ 1.1 ระบบมีข้อจำกัดอย่างมากในแง่ของการทดสอบ เช่นนักกีฬาต้องอยู่ในท่านั่งเท่านั้น ต้องมีผู้ปฏิบัติการในการควบคุมและบันทึกข้อมูลเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1ระบบทดสอบเวลาตอบสนอง ตา-มือแบบง่าย

ระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบปฏิกิริยาในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของนักกีฬา โดยในที่นี้สิ่งเร้าคือ แสง ซึ่งนักกีฬา(ผู้รับการทดสอบ)จะต้องตอบสนองต่อสิ่งเร้านี้ให้เร็วที่สุด โดยการกดปุ่มสวิทช์เพื่อให้ไฟที่ติดอยู่ดับลง และโครงงานนี้ยังสามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นของนักกีฬา โดยเพิ่มปุ่มสวิทช์ให้มีมากกว่า 1 ปุ่ม ซึ่งจะทำให้นักกีฬาได้ฝึกสมรรถภาพในการตอบสนองได้มากขึ้น ระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือเดิมได้ถูกออกแบบสร้างโดย [1] (รูปที่ 1.1) แต่โครงงานดังกล่าวมีจุดบกพร่องในการใช้งานจริงอยู่หลายจุด เช่น จอแสดงผล LCD ที่มีขนาดเล็กเกินไป หรือต้องนำไมโครคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อในขณะทำการทดสอบนักกีฬาเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลการทดสอบได้ ซึ่งทำให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้งาน ฯลฯ จึงมีการปรับปรุงแก้ไขออกแบบระบบใหม่ ให้เป็นระบบที่ใช้งานง่าย สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1.2 แนวคิดของโครงงานระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 พัฒนา ระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือเดิมให้สามารถใช้งานได้สดวกและถูกต้องมากขึ้น

1.2.2. พัฒนาต่อยอดเป็นโครงงานระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับศีรษะดังแสดงในรูปที่ 1.4 เพื่อใช้ในการพัฒนาความว่องไวของนักมวยสากลในการหลบหมัดคู่ต่อสู้ หรือใช้กับกีฬาต่อสู้ประเภทอื่น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ออกแบบและสร้างต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการ ระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือ ต่อยอดเป็นต้นแบบระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับศีรษะ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาระดับเอกสาร ถึงลักษณะของกีฬาแบบต่าง ที่ใช้การตอบสนองตากับมือเป็นหลัก

1.4.2 ออกแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์ ทดสอบการทำงาน ระดับห้องปฏิบัติการ
หลักการคร่าว ๆ ตามแนวคิด

1.4.3 สร้างต้นแบบ พร้อมทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ

1.4.4 เผยแพร่ผลงานวิจัยต้นแบบระดับต่าง ๆ

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ปรับปรุงแก้ไขส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนจอแสดงผล LCD เป็นจอภาพ VGA ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า เพื่อให้สะดวกต่อการมองเห็นของผู้ใช้งาน
2. การโปรแกรมแบบทดสอบนักกีฬาต่างๆฝังไว้ในตัวระบบ เพื่อให้ผู้ใช้งานไม่ต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์จากภายนอกเมื่อต้องการทำการทดสอบ
3. การเก็บข้อมูลลง SD CARD แทนการเก็บข้อมูลลงคอมพิวเตอร์จากภายนอก เนื่องจากเป็นระบบที่ตัดการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์จากภายนอกออกไป
4. การเปลี่ยนระบบการทดสอบโหมด Pattern Mode (โหมดรูปแบบเฉพาะ) ใหม่ ผู้ใช้งานสามารถกำหนดรูปแบบและลำดับการติดไฟของปุ่มกดได้โดยการสร้างไฟล์ที่เก็บรูปแบบและลำดับดังกล่าวเป็นสกุลไฟล์ .csv บันทึกลงใน SD CARD เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานกับระบบได้
5. การเปลี่ยนระบบการทดสอบโหมด Manual Mode (โหมดกำหนดเอง) ใหม่ โดยให้ผู้ใช้งานสั่งปุ่มกดที่ต้องการให้นักกีฬากดผ่านทางคีย์บอร์ดแทนการสั่งจากคอมพิวเตอร์ภายนอก
6. การแก้ไขปรับปรุงความแม่นยำในการจับเวลา เพื่อให้ค่าเวลาที่อ่านได้นั้นใกล้เคียงกับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่จับได้จริงมากยิ่งขึ้น

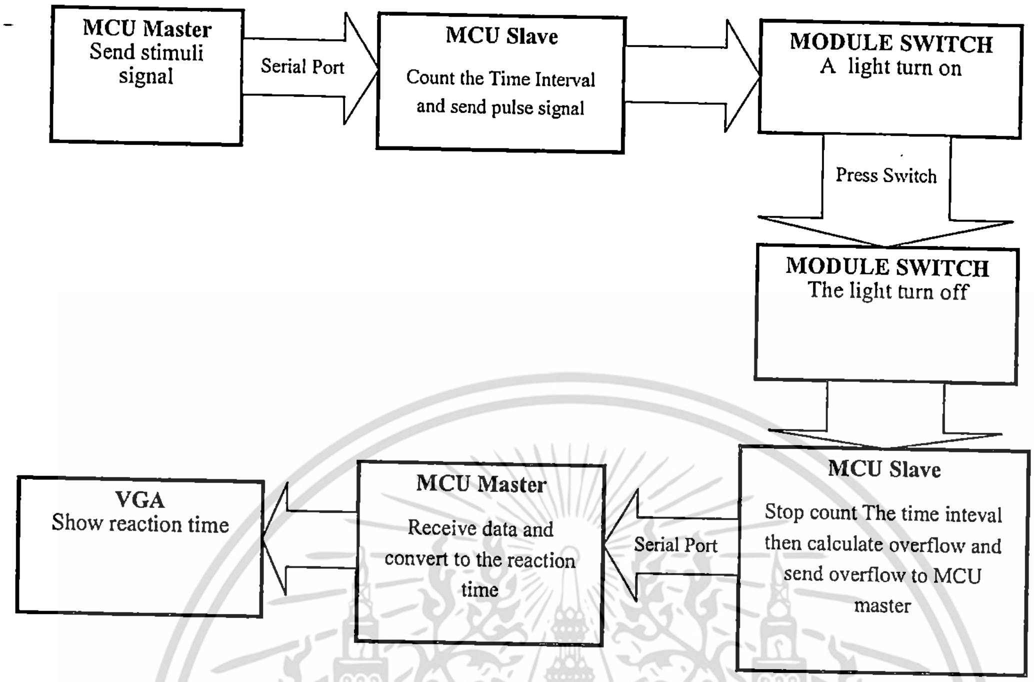
7. การเพิ่มเติมระบบการตรวจสอบตนเอง (Self-testing) เพื่อสำหรับการตรวจสอบว่าปุ่มกดทุกปุ่มนั้นยังสามารถทำงานได้ตามปกติอยู่หรือไม่ หากปุ่มกดมีการชำรุดเสียหายเกิดขึ้น จะต้องแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบได้ว่าปุ่มกดปุ่มใดที่ชำรุดเสียหาย

8. การเปลี่ยนไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวควบคุมจาก PIC16F876ให้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ VX-Propeller ซึ่งมีวงจรเชื่อมต่อกับซ็อกเก็ตของ SD CARD จอภาพ VGA และคีย์บอร์ด สำเร็จรูปพร้อมอยู่บนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

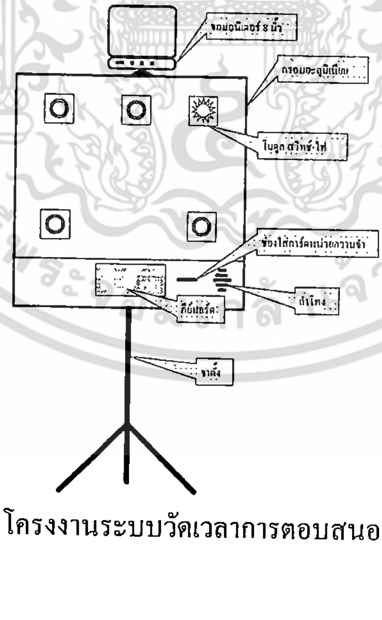
โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อกดปุ่มสั่ง(หรือโปรแกรมไว้) ให้ไมโครคอนโทรเลอร์ VX-Propeller ส่งสัญญาณผ่านทางพอร์ตอนุกรมออกมาเพื่อกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งพัลส์ไปกระตุ้นให้ไฟที่ปุ่มกดติด พร้อมกับเริ่มนับการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ TIMER 0 โดยจะนับไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการกดสวิตช์ ซึ่งจะทำให้ไฟดับ และหยุดการนับโอเวอร์โฟลว์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงค่าของจำนวนโอเวอร์โฟลว์เป็นค่าๆ หนึ่ง แล้วส่งค่านี้ผ่านทางพอร์ตอนุกรมไปให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณเวลาตั้งแต่ไฟติดจนกระทั่งสวิตช์ถูกกด (ไฟดับ) และแสดงผลผ่านทางจอภาพ VGA สามารถเขียนไดอะแกรมการทำงานได้ดังรูปที่ 1.5

9. ระบบสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นโครงงานระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับศีรษะดังแสดงในรูปที่ 1.3 เพื่อใช้ในการพัฒนาความว่องไวของนักมวยสากลในการหลบหมัดคู่ต่อสู้ หรือใช้กับกีฬาต่อสู้ประเภทอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 ไดอะแกรมการทำงาน



รูปที่ 1.4 แนวคิดของโครงงานระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับศีรษะ

1.6 คำสำคัญของการวิจัย

เวลาตอบสนองตากับมือ เวลาตอบสนองตากับศีรษะ ความว่องไว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้ใช้ความรู้ทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สร้างอุปกรณ์ต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการสำหรับการพัฒนานักกีฬา และคัดเลือกนักกีฬาตัวแทน

1.7.2 หากการใช้งานในระดับภาคสนามแสดงให้เห็นศักยภาพในการเพิ่มความสะดวกในการใช้งานตามเป้าหมายสามารถนำเข้าสู่ภาคการผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

1.7.3 แสดงถึงการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับภาคส่วนการพัฒนาคุณภาพของนักกีฬา

1.7.4 หลักการและองค์ความรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งจะนำมาใช้สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมศาสตร์หรือ ฟิสิกส์ประยุกต์ได้

1.6 โครงสร้างของรายงาน

ผลที่ได้จากการค้นคว้าทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง การสร้างและทดสอบ ได้มาเป็นรายงานฉบับนี้ ซึ่งมีเนื้อหาแบ่งออกเป็น 5 บท ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึง ที่มา และจุดประสงค์ของโครงการวิจัยนี้

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยนี้

บทที่ 3 กล่าวถึง แนวทางในการออกแบบ

บทที่ 4 กล่าวถึง ผลการทดสอบการทำงาน

บทที่ 5 กล่าวถึง บทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะนำเสนอเนื้อหาส่วนที่เป็น ทฤษฎี หลักการของอุปกรณ์ที่เลือกใช้ ร่วมทั้งงานวิจัยอื่น ๆ ที่มีผู้ได้มีการนำเสนอ เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดกับงานที่ได้ทำขึ้นมา

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction time)

หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า นักกีฬาที่ดีควรมีปฏิกิริยาในการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นได้ดี ทั้งนี้ปฏิกิริยาในการตอบสนองจะขึ้นอยู่กับพื้นฐานทางสรีรวิทยาของร่างกาย ได้แก่ ระบบโครงสร้าง ระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อ ดังนั้นในการเคลื่อนไหวใดๆ ก็ตาม จะถูกจำกัดไว้ด้วยคุณสมบัติของระบบประสาทและความพร้อมของระบบกล้ามเนื้อ กระบวนการความรวดเร็วในการเคลื่อนไหวจะเริ่มตั้งแต่ ได้รับสัญญาณให้เริ่มเคลื่อนไหวจนกระทั่งเคลื่อนไหวแล้วนั้น มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องคือ เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) เวลาเคลื่อนไหว (Movement time) และเวลาตอบสนอง (Response time) คือจะเกิดปฏิกิริยาก่อน ตามด้วยการเคลื่อนไหว รวมเป็นเวลาตอบสนอง

เวลาการตอบสนองตากับมือเป็นพารามิเตอร์สำคัญเพื่อบ่งชี้สมรรถภาพทางกีฬาของนักกีฬาหลาย ๆ ประเภท เช่น ผู้รักษาประตู ปิงปอง เทนนิส แบดมินตัน ฯลฯ เช่น นักฟุตบอลต้องใช้ความคล่องแคล่วในการป้องกันประตู ผู้ที่มีความว่องไวต่อการกระตุ้นต่างกันเพียง 0.01 วินาที อาจทำให้คู่แข่งมีโอกาสชนะ หรือนักมวยที่รับการฝึกฝนมาอย่างดี จะทำให้เวลาปฏิกิริยาเร็วขึ้นด้วย เวลาของการเคลื่อนไหวก็จะเร็วขึ้นด้วย นั่นคือความสามารถในการรับรู้ของระบบประสาทจะดีขึ้น โอกาสที่จะหลบหมัดคู่ต่อสู้ หรือทำการป้องกันและตอบโต้จะเร็วขึ้น จึงเป็นการได้เปรียบของผู้ที่มีปฏิกิริยาตอบสนองได้เร็วกว่า นอกจากนี้ยังสามารถบ่งชี้ความปกติทางระบบประสาทในผู้ป่วยทางระบบประสาทและผู้สูงอายุได้

2.1.2 ระบบและกลไกลของการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นของมนุษย์

การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นของมนุษย์จนสิ้นสุดกระบวนการนั้น มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ สิ่งกระตุ้นหรือสิ่งเร้า ระบบประสาท และการทำงานของกล้ามเนื้อ การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นในสิ่งที่มีชีวิตได้รับการพัฒนามาตั้งแต่บรรพการณ์เพื่อให้เผ่าพันธ์ดำรงอยู่ อย่างปลอดภัย จากอันตรายภายนอก เวลาตอบสนองทั้งหมดของมนุษย์ (Response time) เป็นผลรวมของเวลาปฏิกริยา (Reaction time) ของประสาทรับรู้ (Sensory nerve)และเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที(MOVEMENT TIME) จากปฏิกริยาของกล้ามเนื้อผ่านระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) หรือระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system =

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANS) เพื่อทำกิจกรรมที่ตอบสนองกับสิ่งกระตุ้นจากภายนอก ตัวอย่างเช่นการเคลื่อนที่หลบหลีกจากสิ่งที่เป็นอันตรายในชีวิตประจำวัน หรือการตอบสนองทางกายภาพ ตามกติกาในเกมส์กีฬาต่าง ๆ

2.1.2.1 **สิ่งกระตุ้นหรือสิ่งเร้าภายนอก** หมายถึงกระบวนการที่ระบบประสาทรับรู้สามารถรับรู้ได้ มักเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางกายภาพตามธรรมชาติโดยตรง หรือโดยอ้อม อย่างเช่น แสง เสียง ความร้อน และสารเคมี เป็นต้น

2.1.2.2 **ระบบประสาท**

ระบบประสาท แยกได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบประสาทที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ และนอกอำนาจจิตใจ

- ระบบประสาทที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ (VOLUNTARY NERVOUS SYSTEM) เซลล์ประสาทจะรับความรู้สึกจากปลายประสาทรับรู้ผ่านไขสันหลัง หรือเส้นประสาทสมองเข้าสู่สมอง และกระแสประสาทนำคำสั่งจากสมองจะถูกส่งผ่านเส้นประสาทสมองหรือไขสันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อ ระบบนี้ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลาย ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อบังคับได้ เพื่อให้สามารถเคลื่อนไหวหรือทรงตัวได้ตามต้องการ เป็นการทำงานตามคำสั่งของสมองในส่วนพื้นที่สั่งการทำให้ร่างกายสามารถควบคุมการทำงานให้กระทำหรือหยุดกระทำได้
- ระบบประสาทที่ทำงานนอกอำนาจจิตใจ (Involuntary nervous system) หรือระบบประสาทอัตโนมัติเชื่อม กับกล้ามเนื้อสามารถทำให้กล้ามเนื้อทำงานนอกอำนาจจิตใจได้ โดยรับคำสั่งจากไขสันหลัง ได้แก่ กิริยาสนองเฉียบพลัน(Reflex action) การทำงาน ของระบบประสาทอัตโนมัติ เป็นวงจรของระบบประสาทที่เรียกว่า วงกิริยาสนองฉับพลัน(Reflex arc) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาทอย่างน้อย 2 ชนิดมาต่อกัน กิริยาสนองฉับพลันบางอย่างประกอบด้วยหน่วยปฏิบัติงานเป็น กล้ามเนื้อเรียบหรือต่อมต่างๆ เช่น การปล่อยเอนไซม์ การไหลของน้ำนมขณะเด็กดูดนม วงกิริยาสนองฉับพลันซึ่งคุ้นเคย เช่น การกระพริบตา การไอ การจาม เป็นต้น การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติจะประกอบด้วยเซลล์ประสาท อย่างน้อยสองตัว ตัวแรกจะอยู่ในสมองหรือ ไขสันหลัง ส่วนอีกตัวหนึ่งจะอยู่ข้างกระดูกสันหลัง เช่นปมประสาท ซิมพาเทติกทำงานอย่างสัมพันธ์กัน ระบบประสาทอัตโนมัติ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ประสาทซิมพาเทติก บางทีเรียกว่าประสาทตื่น (Excitatory nerve) เพราะจะทำหน้าที่เวลาตื่นตกใจ เป็นประสาทที่เชื่อมโยงต่อกันคล้ายลูกโซ่อยู่สองข้างของแนวสันหลัง โดยแยกมาจากไขสันหลังระดับอกและเอว ประสาทพาราซิมพาเทติก บางที่เรียกว่า ประสาทหลับ (Slepping nerve) ระบบประสาทส่วนนี้ จะรวมประสาททั้งหมดที่มาจากสมองส่วนกลาง ก้านสมอง และพอนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบประสาทกลางจะทำงานสัมพันธ์กับระบบประสาทอัตโนมัติอย่างไรก็ดีในกิจกรรมบางอย่าง ระบบประสาทกลางสามารถสั่งการไปยังหน่วยปฏิบัติงานได้โดยตรง เช่นการหดตัวของกล้ามเนื้อลายเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว แต่ในขณะเดียวกันระบบประสาทอัตโนมัติก็สามารถสั่งการให้กล้ามเนื้อลายหดตัวได้ทันทีทันใดเช่นกัน หรือที่เรียกว่ากิริยาสนองฉับพลัน นอกจากนี้ ในระบบประสาทอัตโนมัติยังควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ การขับสารจากต่อมต่างๆ รวมทั้งการทำงานของอวัยวะที่อยู่ลึกๆของร่างกาย สำหรับการควบคุมสั่งการของระบบประสาทกลางนั้น พอสรุปได้โดยสังเขป ดังนี้

- ซีรีบรัล คอร์เทกซ์ ควบคุมการกระตุ้นและยับยั้งในส่วนควบคุมที่มีระดับต่ำกว่า
- ไฮโพทาลามัส ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายและดุลน้ำ ควบคุมระบบอัตโนมัติ ควบคุมการขับฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ผลิตฮอร์โมนออกซิโทซิน และ ANTIDIURETIC HORMONE (ADH) รวมทั้งประสานการทำงานเกี่ยวกับพฤติกรรมเริ่มต้น การกิน การโกรธ เป็นต้น
- สมองส่วนกลาง ควบคุมเกี่ยวกับสนองฉับพลันของรูม่านตาและเลนส์
- ก้านสมอง ควบคุมระบบไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือด ควบคุมการหายใจ เป็นศูนย์ควบคุมกิริยาสนองฉับพลันของการกลืน การอาเจียน การขับน้ำลาย และน้ำย่อย
- ไขสันหลัง เป็นศูนย์ควบคุมกิริยาสนองฉับพลันเกี่ยวกับควบคุมการหดและขยายตัวของหลอดเลือดที่ไปสู่ผิวหนัง ควบคุมการขับเหงื่อจากต่อมเหงื่อ ควบคุมกระเพาะปัสสาวะและลำไส้ตรง ควบคุมการแข็งตัวของลึงค์และปุ่มกระสัน ควบคุมการฉีดน้ำกาม ควบคุมกิริยาสนองฉับพลันของเยื่อบุช่องท้อง

2.1.2.3 เวลาปฏิกิริยาและการเคลื่อนไหว

เวลาที่ใช้ตั้งแต่มีการกระตุ้นรีเซปเตอร์ให้รับความรู้สึก จนถึงกล้ามเนื้อมีการหดตัว ซึ่งการตอบสนองต่อการกระตุ้นนั้น เรียกว่า เวลาปฏิกิริยา เวลาปฏิกิริยานี้ต้องอาศัยทางเดินที่นำพลังประ- สาทจากรีเซปเตอร์ขึ้นไปสู่สมองส่วนที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจ โดยการผ่านเซลล์ประสาทหลายตัวแล้วจึงส่งลงไปยังกล้ามเนื้อ เวลาปฏิกิริยานั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของเวลาการตอบสนองทั้งหมด ประกอบ ด้วยเวลาปฏิกิริยาร่วมการเวลาการเคลื่อนไหวซึ่งเป็นเวลาที่เริ่มจากการเคลื่อนไหวครั้งแรกจนถึงการสิ้นสุดการเคลื่อนไหว

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลกับเวลาตอบสนอง

เวลาการตอบสนองของมนุษย์ จะขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัยได้แก่

- เพศและอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประสบการณ์การเรียนรู้
- สภาวะทางจิตในขณะนั้น
- สภาวะความสมบูรณ์ของร่างกาย
- จำนวนการตอบสนองกับสิ่งกระตุ้นที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน
- เวลาที่มีให้
- ระดับความรุนแรงของการกระตุ้น
- ประสบการณ์
- สุขภาวะของร่างกาย
- อุณหภูมิของร่างกายในขณะนั้น (ยิ่งสภาวะแวดล้อมเย็นยิ่งใช้เวลามากขึ้น)
- บุคลิกภาพ (คนที่ชอบเข้าสังคมจะตอบสนองได้เร็ว)
- ความสามารถในการคาดการณ์
- สภาวะความตื่นตัวของร่างกาย
- ความยาวของทางเดินของกระแสประสาท

2.1.4 การฝึกฝนในการเร่งความเร็วในปฏิกิริยา

การฝึกทำให้พลังเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ความเร็วในปฏิกิริยาเพิ่ม โดยที่ไม่พบการเปลี่ยนในกล้ามเนื้อ ดังนั้น จึงอาจเกิดเนื่องจากการปรับตัวของระบบประสาท การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่มีการศึกษากันมากก็คือ การเปลี่ยน แปลงการทำงานของหน่วยยนต์ (Motor unit) ทางด้านกลไกการทำงานที่ได้มีการศึกษา คือ MOTOR UNIT ACTIVATION, REFLEX potentiation, Synchronization and Increased motor neuron excitabitity

2.1.4.1การฝึกต่อระบบประสาท

ระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาทได้รับการพัฒนาขึ้นมาให้ทำหน้าที่ร่วมมือกันในการเคลื่อนไหว เช่น การเคลื่อนไหวเหยียดและงอข้อศอก กล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกันและกลุ่มตรงข้ามจะต้องทำงานร่วมกันอย่างดี จึงจะทำให้การเคลื่อนไหวนั้นมีประสิทธิภาพ ในคนปกติที่ไม่ได้รับการฝึกการเคลื่อนไหว งอและเหยียดข้อศอกจะไม่เป็นจังหวะและไม่เป็นแบบเดียวกัน เช่น อาจเห็นมีการกระตุกบ้าง หรือกลุ่มกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้ามยังมีการทำงานอยู่บ้างแม้ในช่วงจังหวะที่ควรจะมีการคลายตัวหมด แต่ภายหลังจากที่ได้รับการฝึก การเคลื่อนไหวจะเรียบร้อยขึ้นและพร้อมเพรียงกัน เป็นความสัมพันธ์ที่เรียกว่า “Reciprocal relation” คือในการงอและเหยียดข้อศอก ขณะที่กล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกันทำงาน จะยับยั้งกลุ่มตรงข้ามให้หยุดทำงาน

2.1.4.2เวลารีเฟล็กซ์และเวลาปฏิกิริยา

การทำงานและการออกกำลังกายหลายอย่างต้องอาศัยการทำงานในรูปแบบของรีเฟล็กซ์ (Reflex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรีแอคชั่น (Reaction) เมื่อได้รับการฝึกให้ทำซ้ำๆ กันอยู่เป็นเวลานาน รีแอคชั่นซึ่งถือได้ว่าเป็นปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นรีเฟล็กซ์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นการตอบสนองของร่างกายที่อยู่นอกอำนาจจิตใจได้ รีเฟล็กซ์ดังกล่าวเรียกรีเฟล็กซ์ฝึก เมื่อฝึกอยู่เป็นเวลานานจะทำให้เวลารีเฟล็กซ์สั้นลงได้

2.1.4.3Motor Learning

การฝึกทำให้ระบบประสาทมีการเรียนรู้ที่เรียกว่า การเรียนรู้ทางด้านยนต์ (Motor Learning) ตัวอย่างของการเรียนรู้ทางด้านยนต์คือทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อต้องร่วมมือกันดี (Coordination) การร่วมมือกันดีของกล้ามเนื้อต้องอาศัยผลการพัฒนาอย่างน้อย 5 อย่าง คือ 1) การรับรู้กิจกรรมนั้นๆ 2) กระทำกิจกรรมนั้นด้วยความแม่นยำ 3) ปฏิบัติสม่ำเสมอ 4) ฝึกด้วยแบบแผนที่ง่ายไปหายาก และ 5) ฝึกจนทำให้มีสมรรถภาพสูงสุดเท่าที่จะทำได้ อย่างไรก็ดี การฝึกควรจะต้องกระทำอย่างถูกต้อง ถ้าการกระทำไม่ถูกต้องจะทำให้ผลการฝึกผิดพลาดไป จึงเกิดวลีว่า Perfect practice makes perfect ในการฝึกเพื่อจะทำให้มีการร่วมมือถึงจุดสูงสุดในกิจกรรมใดก็ตาม จะต้องกระทำซ้ำกันเป็นจำนวนร้อยหรือพันหรือแม้แต่จะถึงล้านครั้ง

2.1.5 เวลาการตอบสนองตากับมือ

เป็นพารามิเตอร์สำคัญเพื่อบ่งชี้สมรรถภาพทางกีฬาของนักกีฬาหลาย ๆ ประเภท เช่น ปิงปอง เทนนิส แบดมินตัน ฯลฯ นอกจากนี้ยังสามารถบ่งชี้ความปกติทางระบบประสาทในผู้ป่วยทางระบบประสาทและผู้สูงอายุ โดยปกติการวัดเวลาตอบสนองตากับมือจะใช้หลอดไฟเล็ก ๆ สามถึงสี่ดวง กระตุ้นให้ผู้รับการทดสอบเอื้อมมือไปปิดไฟแล้ววัดเวลา บางชนิดจะใช้การปรากฏของวัตถุในระยะที่สามารถเอื้อมมือสัมผัสวัตถุได้ ใช้นาฬิกาจับเวลาและผู้ทดสอบบันทึกเวลา ลักษณะของเครื่องมือดังกล่าว รูปแบบการทดสอบจะถูกจำกัดด้วยจำนวนหลอดไฟ หรือวัตถุรวมทั้ง การบันทึกจัดเก็บข้อมูลยุ่งยาก แนวทางแก้ปัญหาวิธีหนึ่งคือออกแบบให้ระบบมีลักษณะเป็นโมดูล สามารถขยายรูปแบบการทดสอบได้ง่าย การบันทึกข้อมูลเวลาการตอบสนองแบบอัตโนมัติมีฐานข้อมูลเข้าถึงได้ง่าย

การทดสอบเวลาการตอบสนองตากับมือ เป็นเครื่องมือสำคัญ ในด้านการวินิจฉัย และฟื้นฟูผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านระบบประสาท แต่มีรูปแบบที่แตกต่างกัน การนำมาประยุกต์กับการทดสอบสมรรถภาพของนักกีฬา เริ่มเป็นที่นิยมกันในต่างประเทศที่มีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ระบบที่มีใช้ในประเทศที่สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย เป็นระบบขนาดเล็กซึ่งพัฒนาขึ้นมาเอง ยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาการกีฬาในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ทฤษฎีทางด้าน Hardware ของระบบวัดเวลาตอบสนอง

2.1.6.1 PIC (Programmable Integrated Circuit)

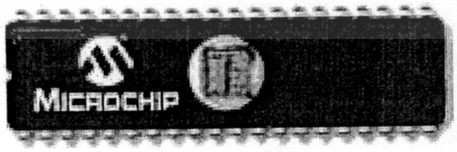
PIC คือ microcontroller ตระกูลหนึ่ง ซึ่งคอนเซ็ปท์ของ microcontroller ตระกูลนี้ก็คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMROY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกับ CPU ตัวหนึ่งเลยทีเดียว

PIC ชนิดต่างๆ

MCU (microcontroller unit) ในตระกูล PIC ถ้าแบ่งออกตามชนิดของ PROGRAM MEMORY แบ่งได้เป็น 3 แบบคือ

1. OTP (one time programmable)
2. EPROM (erasable programmable ROM)
3. EEPROM / Flash (electronically erasable programmable ROM)

1. **OTP** เป็น chip ที่มีราคาถูกที่สุด ในสามประเภท สาเหตุก็มาจากว่า chip แบบ OTP จะสามารถทำการโปรแกรมได้แค่ครั้งเดียวเท่านั้น หลักจาก chip ได้ถูกโปรแกรมไปแล้วจะไม่สามารถโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้อีก ดังนั้น chip ประเภทนี้จะนิยมใช้หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งจุดบกพร่องต่างๆ ในโปรแกรม ไม่มีอีกแล้ว เพราะจะมีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบตัว memory ประเภทอื่น จะมีตัวอักษร C แสดงบนตัว chip เช่น 16C84, 16C74
2. **EPROM** เป็น chip ที่มี program memory ที่เมื่อเขียนโปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถโปรแกรมใหม่ด้วยการลบโปรแกรมเดิมโดยให้แสง UV (Ultra Violet) ส่องผ่านเข้าไปยัง chip ประมาณ 5-10 นาที ดังนั้นที่ด้านบนของ chip จะมีกรอบกระจกเพื่อให้แสง UV สามารถส่องผ่านเข้าไปในตัว chip ได้ แต่ก็มีจำนวนครั้งในการลบโปรแกรมเช่นกัน เมื่อลบโปรแกรมด้วยแสง UV มากๆ เข้าก็จะเกิดอาการด้าน คือโปรแกรมไม่เข้านั่นเอง จะมีตัวอักษร JW หรือว่าดูเอาว่ามีกรอบกระจกอยู่บน chip หรือไม่



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างของ PIC แบบ EPROM

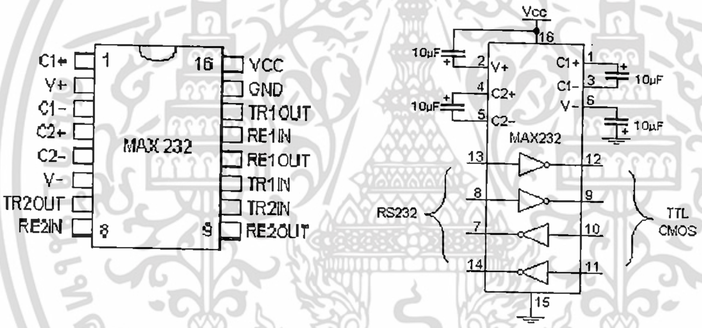
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **EEPROM / Flash** เป็น chip ที่ออกมาไม่กี่ปีนี้เองส่วนของ program memory สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ใช้เวลาในการลบข้อมูลไม่กี่วินาที และสามารถลบ และเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้เป็นที่นิยมที่สุดใน 3 ประเภท มีตัวอักษร F เป็นตัวบอก เช่น 16F84, 16F877

2.1.6.2 ตัวแปลงสัญญาณ RS-232 Level Converter

MAX 232, ICL 232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL และใช้แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232

เป็นไอซี 16 ขา ใช้ไฟ 5 V_{dc} ภายในมีวงจรแปลง RS-232 เป็น TTL สองชุด และวงจรแปลง TTL เป็น RS-232 อีกสองชุด รองรับมาตรฐาน RS-232 ตามข้อกำหนด EIA/TIA ภายในวงจร MAX232 มีวงจรทวีแรงดันจาก $5V_{dc}$ เป็น +10 V and -10 V และวงจรกลับขั้วแรงดัน

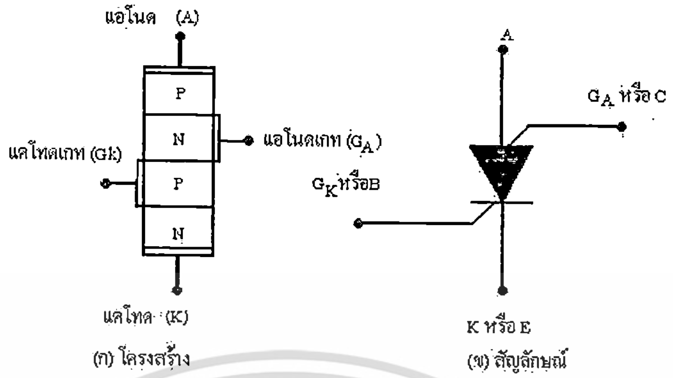


รูปที่ 2.2 IC MAX 232

2.1.6.3 Silicon Controlled Rectifier (SCR) (ใช้ในส่วนของโมดูลปุ่มกด)

เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 3 ขา คือ Gate, Anode, Cathode จะทำหน้าที่เป็นสวิทซ์อิเล็คทรอนิกส์ กระแสไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยที่ไหลเข้าเกทจะทำให้กระแสจำนวนมากไหลผ่านทั้งสองข้าง โดยมีสถานะปิดหรือเปิดเท่านั้นไม่ขยายสัญญาณเหมือนทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ SCR

2.1.6.4 รีเลย์ (Relay)

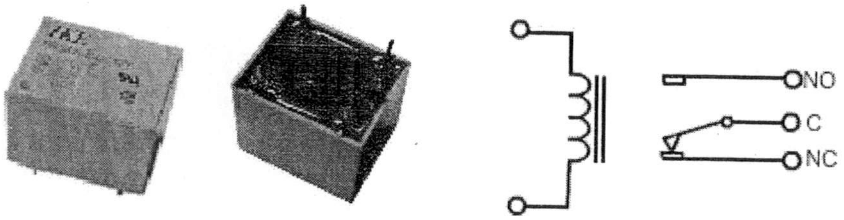
รีเลย์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจร คล้ายกับสวิตซ์ โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้มัน มันก็จะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่เราใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์ก็จะเป็นไฟที่มาจาก เพาเวอร์ฯ ของเครื่องเรา ดังนั้นทันทีที่เปิดเครื่อง ก็จะทำให้รีเลย์ทำงาน

ประเภทของรีเลย์

รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcontactor)ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา
2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม บางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลักษณะและสัญลักษณ์ของรีเลย์

2.1.7 ทฤษฎีทางด้าน Software

2.1.7.1 ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม VX-Propeller

ระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือได้มีการปรับปรุงระบบใหม่ โดยมีการเปลี่ยนจากการใช้คอมพิวเตอร์มาเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ VX-Propeller ในการรับ-ส่งข้อมูล และแสดงผล แทน ดังนั้นจึงต้องมีการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ VX-Propellerขึ้นมาเพื่อใช้ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์บนปุ่มกดผ่านทางพอร์ตอนุกรม โดย VX-Propeller มีภาษาเป็นของตัวเองชื่อว่า สปิน (Spin) และ ภาษาแอสเซมบลี โดยในโครงงานนี้ได้ใช้มีการใช้งานเฉพาะภาษาสปินเท่านั้น ลักษณะการเขียนโปรแกรมสปินเป็นแบบออบเจ็กต์ พัฒนาขึ้นโดย Parallax ผู้ผลิตชิป propeller นั่นเอง

2.1.7.2 ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ที่อยู่บนปุ่มกด แบ่งได้เป็นภาษาระดับสูง และภาษาระดับต่ำ

- ภาษาระดับสูงเช่น C, Basic ข้อดี คือเขียนง่าย แก้ไขเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมได้ง่าย ส่วน ข้อเสียก็คือการทำงานจะช้า ขนาดโปรแกรมที่เขียนมีขนาดใหญ่
- ภาษาระดับต่ำ ซึ่งก็คือ ภาษา Assembly ข้อดีคือ ตัว compiler แจกฟรี ขนาดโปรแกรมหลังจาก compiled แล้วมีขนาดเล็ก โปรแกรมมีความเร็ว แต่ข้อเสียก็คือ เขียนยาก เพราะลักษณะภาษาไม่ค่อยสื่อความหมาย แก้ไขเปลี่ยนแปลงยาก

โดยในการทำโครงงานครั้งนี้ได้เลือกใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะเป็นภาษาที่เขียนง่ายและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

2.1.7.3 ไทเมอร์ และ เคาน์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F688 มีไทเมอร์ (Timer) ให้เลือกใช้งานได้ 2 ตัว คือ ไทเมอร์0 (Timer0) และ ไทเมอร์1 (Timer1) โดยเป็นได้ทั้งตัวจับเวลาหรือที่เรียกว่า ไทเมอร์ (Timer) เพื่อนับจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัลส์สัญญาณนาฬิกาภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และตัวนับหรือที่เรียกว่า เคาน์เตอร์ (Counter) เพื่อนับสัญญาณจากภายนอก

โมดูลไทเมอร์0 (Timer0 Module) ไทเมอร์0 เป็นได้ทั้งตัวจับเวลา (Timer) และตัวนับสัญญาณ (Counter) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต
2. มีปรีสเกลเลอร์ขนาด 8 บิต (ตัวหารความถี่สัญญาณนาฬิกา) ดังนี้ 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256
3. เลือกสัญญาณนาฬิกาได้ทั้งภายใน(ตัวจับเวลา) และสัญญาณนาฬิกาภายนอก(ตัวนับสัญญาณ)
4. อินเตอร์รัปต์เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์จากการนับค่า 255 (FFh) ไปเป็น 0 (00h) หรือนับได้ 256 ค่า

โมดูลไทเมอร์1 (Timer1 Module) ไทเมอร์1 เป็นได้ทั้งตัวจับเวลา (Timer) และตัวนับสัญญาณ (Counter) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัว คือ TMR1H และ TMR1L
2. มีปรีสเกลเลอร์ขนาด 8 บิต (ตัวหารความถี่สัญญาณนาฬิกา) ดังนี้ 1, 2, 4, 8
3. เกิดโอเวอร์โฟลว์จากการนับค่า 65535 ไปเป็น 0 หรือนับได้ 65536 ค่า
4. เป็นไทเมอร์สำหรับทำงานร่วมกับโมดูล CCP (Capture/Compare/PWM Module) ในโหมด Capture (ตรวจจับสัญญาณ) และโหมด Compare (เปรียบเทียบข้อมูล)

โมดูลไทเมอร์2 (Timer2 Module) ไทเมอร์2 เป็นได้ทั้งตัวจับเวลา (Timer) และตัวนับสัญญาณ (Counter) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นไทเมอร์ 8 บิต
2. มีปรีสเกลเลอร์ (ตัวหารความถี่สัญญาณนาฬิกา) ดังนี้ 1, 4, 16 และ โพสต์สเกลเลอร์ดังนี้ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
3. อินเตอร์รัปต์เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์จากการนับค่า 255 (FFh) ไปเป็น 0 (00h) หรือนับได้ 256 ค่า
4. เป็นฐานเวลาในการสร้าง PWM (Pulse-Width Modulation)

2.7.4 อินเตอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การอินเตอร์รัปต์ (Interrupt) คือ การขัดจังหวะการทำงานของ CPU หรือโปรแกรมที่กำลังทำงานอยู่เพื่อมาทำงานในส่วนของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว ประโยชน์ของการใช้อินเตอร์รัปต์นั้นจะช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำงานของโปรแกรมหลักที่ไม่ต้องไปคอยตรวจสอบเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งตลอดเวลาการทำงานของโปรแกรม โดยมอบหน้าที่การตรวจสอบนี้ให้กับการบริการอินเตอร์รัปต์แทนไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จะมีบริการการตอบสนองการใช้งานอินเตอร์รัปต์ที่ค่อนข้างมาก และหลากหลายประเภท เช่น

- อินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์/เคาน์เตอร์โอเวอร์โฟลว์
- อินเตอร์รัปต์จากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล
- อินเตอร์รัปต์จากโมดูล CCP1 และ CCP2
- อินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของพอร์ต B
- อินเตอร์รัปต์เนื่องจากการรับส่งข้อมูลอนุกรม RS-232 (USART)

การอินเตอร์รัปต์ที่กล่าวมานี้เป็นเพียงบางส่วนของการบริการอินเตอร์รัปต์ภายใน PIC เท่านั้น เนื่องจากการอินเตอร์รัปต์จะขึ้นอยู่กับเบอร์ PIC ที่เลือกใช้งาน

ตัวอย่างอินเตอร์รัปต์ของ PIC 16F688

INT_EXT	คือ	การอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอก
INT_AD	คือ	การอินเตอร์รัปต์จากการแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล
INT_RDA	คือ	การอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการรับข้อมูลจาก RS232
INT_TIMER1	คือ	การอินเตอร์รัปต์จากการเกิด Overflow ของ TIMER1
INT_TIMER0	คือ	การอินเตอร์รัปต์จากการเกิด Overflow ของ TIMER0
INT_EEPROM	คือ	การอินเตอร์รัปต์จากการโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์
INT_COMP	คือ	การอินเตอร์รัปต์จากการเปรียบเทียบสัญญาณ
INT_RA	คือ	การอินเตอร์รัปต์เมื่อพอร์ต A มีการเปลี่ยนแปลงลอจิก
INT_COMP2	คือ	การอินเตอร์รัปต์จากการเปรียบเทียบสัญญาณ
INT_OSC_FAIL	คือ	การอินเตอร์รัปต์เมื่อเกิดการผิดพลาดของ Oscillator
INT_TBE	คือ	การอินเตอร์รัปต์เมื่อบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลของพอร์ต RS-232 ว่าง
INT_RAx	คือ	การอินเตอร์รัปต์เมื่อพอร์ต Ax มีการเปลี่ยนแปลงลอจิก

2.1.8 ทฤษฎีพื้นฐานการสื่อสารแบบอนุกรม

ในการสื่อสารแบบอนุกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะมีความเร็วในการสื่อสารช้ากว่าแบบขนาน เป็นเพราะว่าการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมนั้นเป็นการส่งข้อมูลทีละ 1 บิต แต่พอร์ตขนานนั้นสามารถส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
131097
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลได้ครั้งละหลายๆ บิตพร้อมกัน ดังนั้นจึงทำให้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน แต่ว่าข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ สามารถส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลกว่าแบบขนาน และอีกทั้งสายสัญญาณก็มีน้อยกว่าการส่งข้อมูลแบบขนานอีกด้วย การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. Simplex สามารถส่งข้อมูลได้อย่างเดียว เป็นการสื่อสารแบบทางเดียว
2. Half–Duplex สามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางและสามารถรับข้อมูลจากปลายทางได้ แต่ไม่สามารถทำการส่งและรับข้อมูลในเวลาเดียวกันได้
3. Full–Duplex สามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งประเภทของการสื่อสาร ตามลักษณะสัญญาณในการสื่อสารได้ 2 แบบ คือ

1. การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous) สำหรับการสื่อสารแบบซิงโครนัสนี้จะใช้สัญญาณนาฬิกาควบคุมการรับส่งสัญญาณ เช่น สายคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์ โดยจะมีสายสัญญาณเส้นหนึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกา ส่วนอีกเส้นหนึ่งเป็นสายของข้อมูล (และมักจะมีสายกราวน์ด้วย) สำหรับการสื่อสารแบบซิงโครนัสนี้ เหมาะสำหรับการทำงานในระยะใกล้ ข้อมูลที่จะส่งมีไม่มากนัก เพราะถ้าระยะทางไกลขึ้นจะทำให้สัญญาณนาฬิกามีปัญหา อีกทั้งต้องมีสายหลายเส้นทำให้สิ้นเปลืองมาก
2. การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) สำหรับการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสนั้น จะใช้สายสัญญาณเพียงตัวเดียว แต่จะใช้รูปแบบการส่งข้อมูล หรือ Bit Pattern เป็นตัวกำหนดว่าส่วนไหนเป็นตัวเริ่มต้นข้อมูล ส่วนไหนเป็นตัวข้อมูล ส่วนไหนจะเป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และส่วนไหนเป็นส่วนปิดท้ายของข้อมูล โดยต้องกำหนดให้สัญญาณนาฬิกาเท่ากันทั้งภาครับและภาคส่ง ซึ่งจะมีอุปกรณ์พิเศษที่เรียกว่า UART หรือ Universal Asynchronous Reciever/Trasmitter คอยควบคุมการรับและการส่งข้อมูล

2.1.8.1 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง หน้าที่หลักของ UART คือ ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสแล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังทำการแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ผิดพลาดจากพาริตี้, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างอัตราการถ่ายทอดข้อมูลแบบโปรแกรมได้ (Programmable Buadrate Generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิตดังนั้นจึงกำหนดตัวหารให้อยู่ในช่วง 10 – 65, 535 UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) และฟูลดูเพล็ก (Full Doplex)

2.1.8.2 มาตรฐาน RS-232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมที่มีคนนิยมใช้มากที่สุด กำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา ตั้งแต่ปี 1969 ใช้กับการสื่อสารแบบจุดต่อจุด โดยใช้สายเชื่อมต่อ DB แบบ 25 และ 9 เข็ม มีการทำงานแบบสองทางพร้อมกัน (Full-duplex) โดยอาจใช้สายสัญญาณอื่นร่วมด้วยเพื่อทำแฮนด์เชค (Hand-shake) หรือไม่ก็ได้ มาตรฐาน RS-232 จำกัดความยาวสายไว้ที่ 50 ฟุต (หรือประมาณ 15 เมตร) สำหรับการส่งสัญญาณที่ความเร็ว 19,200 บิทต่อวินาที โดยที่ความยาวสายจะต้องสั้นลงถ้าต้องการสื่อสารที่ความเร็วสูงขึ้น ปัญหาหลักของ RS-232 คือไม่ทนต่อ Noise เนื่องจากข้อมูลในสาย TX และ RX ต้องเปรียบเทียบระดับสัญญาณกับ GND เมื่อ GND ถูกรบกวนทำให้ GND เปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งจะมีผลต่อสัญญาณแน่นอน

2.1.8.3 มาตรฐาน RS-422 หรือ 422-A ถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรือ EIA เช่นเดียวกันกับมาตรฐาน RS-232 โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะแก้ปัญหาเรื่องความยาวของสายสื่อสารโดยใช้การส่งสัญญาณแบบผลต่าง (Differential) แทนที่จะใช้การส่งสัญญาณแบบอ้างอิงกับจุดกราวนด์ เช่นเดียวกันกับ RS-232 การส่งสัญญาณแบบ Differential นี้ช่วยลดปัญหาสัญญาณรบกวนจาก 2 ปัจจัยด้วยกัน ได้แก่ ปัญหาแรงดันกราวนด์ 2 ฝั่งสายไม่เท่ากัน อันเกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายกราวนด์ที่ยาวมากๆ ก่อให้เกิดความต่างศักดิ์ และปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำในสาย โดยหากสายไฟที่ใช้ถูกตีเกลียวและวางไว้ใกล้กัน เมื่อมีแรงดันเหนี่ยวนำจะปรากฏแรงดันรบกวนบนสายทั้งสองเท่าๆ กันเป็นผลให้ ตัวรับที่อ่านความต่างศักดิ์ระหว่างสายอ่านข้อมูลได้เช่นเดิม ทั้งสองปัจจัยนี้เองเป็นสาเหตุที่ทำให้ความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนของการสื่อ สารแบบ RS-232 ด้อยกว่า RS-422) ตามมาตรฐาน RS-422 นี้จะใช้สายสัญญาณทั้งหมด 4 เส้น (2 เส้นสำหรับการส่งสัญญาณ และอีก 2 เส้นสำหรับรับสัญญาณ) และสามารถใช้ความยาวสายสัญญาณได้ถึง 4,000 ฟุต (หรือ 1.2 กม.) ที่ความเร็ว 100,000 บิทต่อวินาที และการสื่อสารเป็นแบบ 2 ทางพร้อมกัน (Full Duplex)

2.1.8.4 มาตรฐาน RS-485 กำหนดโดยสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรือ EIA เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อสัญญาณแบบอนุกรม (Serial Communication) มีลักษณะการเชื่อมต่อเป็นแบบหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด (Multi-point) หรือ Multi-drop สายสัญญาณที่ใช้มีทั้งแบบที่เป็น 2 สายและแบบที่เป็น 4 สาย การต่อแบบหลายจุดนี้ทำให้สามารถมองสายสัญญาณเป็นบัสนำสัญญาณได้ (Signal Bus) จำนวนคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่สามารถอยู่บน RS-485 บัสหนึ่งถูกกำหนดไว้ที่ 32 ตัว ในกรณีที่ต้องการเพิ่มจะต้องมีตัวทวนสัญญาณ (Signal Repeater) หรือใช้ตัวส่ง-รับสัญญาณที่มีอิมพิแดนซ์ (ความต้านทานเสมือน) สูงขึ้น ซึ่งเราอาจเพิ่มจำนวนจุดเชื่อมต่อขึ้นได้ถึง 128 จุด ความยาวของสายสัญญาณตามมาตรฐาน RS-485 นี้สามารถยาวได้ถึง 1.2 กม. เช่นเดียวกับมาตรฐาน RS-422 แต่การสื่อสารจะเป็นแบบสองทางไม่พร้อมกัน (Half Duplex) มีเพียงคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ตัวเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งสัญญาณออกได้ ณ เวลาหนึ่งๆ ส่วนที่เหลือจะเป็นผู้รับสัญญาณ นอกจากนี้ RS-485 ยังทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า RS-232 เพราะไม่ได้ใช้การอ้างอิงสัญญาณกับ GND แต่ใช้ความแตกต่างระหว่างสาย 2 สาย (A และ B) เป็นตัวบอกว่า Logic ‘1’ หรือ Logic ‘0’ วิธีนี้จะป้องกัน GND loop ที่เกิดขึ้น

2.1.8.5 องค์ประกอบของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

1. Start Bit (ขนาด 1 บิต) จะใส่ที่จุดเริ่มต้นเสมอเพื่อเตือนอุปกรณ์ฝ่ายรับว่าข้อมูลกำลังจะมาถึง
2. Data Character (ขนาด 7 บิต หรือ 8 บิต) การส่งบิต ข้อมูลจะส่งเป็นกลุ่มๆ โดยทั่วไปจะส่งเป็น 7 บิต หรือ 8 บิต ซึ่งเพียงพอสำหรับการส่ง Ascii Word
3. Parity Bit (ขนาด 1 บิต) ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งเราจะใส่บิตพาริตี้เข้าไป บิตพาริตี้มีหลายแบบดังนี้

   - พาริตี้คู่ (Even Parity) ค่าของบิตพาริตี้นี้เมื่อรวมกันทุกๆ บิตของข้อมูลแล้วจะต้องมีจำนวนบิตที่เป็นเลข 1 เป็นเลขคู่ ตัวอย่างเช่น ข้อมูล 1000111 มีเลข 1 ทั้งหมด 3 ตัว ดังนั้นบิตพาริตี้จะเป็น 0
   - พาริตี้คี่ (Odd Parity) ค่าของบิตพาริตี้นี้เมื่อรวมกันทุกๆบิตของข้อมูลแล้ว จะต้องมีจำนวนบิตที่ เป็นเลข 1 เป็นเลขคี่ ตัวอย่างเช่น ข้อมูล 1000101 มีเลข 1 ทั้งหมด 3 ตัว ดังนั้นบิตพาริตี้จะเป็น 1
   - ไม่มีพาริตี้ (None) ถ้าตั้งค่าบิตพาริตี้เป็น None ทั้งภาครับและภาคส่งจะไม่มีการตรวจสอบบิตพาริตี้

4. Stop Bit (ขนาด 1 บิต หรือ 2 บิต) เป็นบิตที่ส่งมาปิดท้ายข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 VX-Propeller

ในหัวข้อนี้จะขอกล่าวถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ Propeller หรือ โพรเพลเลอร์ ซึ่งเป็นชื่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต อนุกรม ที่มีสถาปัตยกรรมพิเศษคือ มีซีพียูภายใน 8 ตัวหรือ 8 ค็อก (cog) ที่สามารถทำงานแยกจากกันอย่างอิสระหรือร่วมกันทำงานก็ได้

2.1.9.1 คุณสมบัติเด่นของโพรเพลเลอร์

- ประกอบด้วย 8 ซีพียู หรือเรียกว่า 8 ค็อก ที่สามารถทำงานได้พร้อมกันอย่างเป็นอิสระ โดยมีการควบคุมการใช้ทรัพยากรร่วมกันผ่านทางตัวเชื่อมโยงกลางหรือ central hub

- มีความเร็วในการทำงานสูง และด้วยการทำงานที่เป็นอิสระของแต่ละค็อก ทำให้สามารถรองรับการตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบได้เร็วเพียงพอ จึงไม่ต้องใช้กระบวนการอินเตอร์รัปต์ช่วย ทำให้การเขียนโปรแกรมเพื่อรองรับการทำงานในแต่ละเหตุการณ์ลดความซับซ้อนลงได้อย่างมาก

- มีการใช้สัญญาณนาฬิกาของระบบร่วมกัน ทำให้สามารถอ้างอิงค่าเวลาหลักเดียวกันได้ทำให้การทำงานของแต่ละค็อกมีจังหวะที่สอดคล้องกัน

- แต่ละค็อกจะประกอบด้วยตัวประมวลผลหรือโปรเซสเซอร์ที่มีการทำงานอย่างเป็นอิสระ มีแรม 2 กิโลไบต์ ที่เมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นรีจิสเตอร์ 32 บิต จะได้ทั้งสิ้นถึง 512 ตัว มีโมดูลตัวนับความสามารถสูงที่ทำงานร่วมกับเฟสล็อกลูป ทำให้แต่ละค็อกทำงานได้เร็วถึง 80 MHz มีวงจรกำเนิดสัญญาณภาพและส่วนควบคุมพอร์ตอินพุตเอาท์พุตที่เป็นอิสระ

- สัญญาณนาฬิกาของระบบมาได้จาก 3 แหล่งคือ วงจรออสซิลเลเตอร์ RC ภายในเลือกได้ระหว่าง 12 หรือ 20 MHz จากแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายนอก และจากการทวีคูณความถี่ของคริสตอลด้วยวงจรเฟสล็อกลูป โดยปกติแล้วจะเลือกใช้คริสตอล 5 MHz แล้วเลือก PLLx16 ทำให้ได้สัญญาณนาฬิกาของระบบที่มีความถี่ 80 MHz ในขณะที่ส่วนเชื่อมโยงกลางจะทำงานด้วยความถี่ที่ลดลงครึ่งหนึ่งของสัญญาณนาฬิกาหลัก

- มีขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตรวม 32 ขา โดยกำหนดให้ใช้ 2 ขาสำหรับต่อกับหน่วยความจำ อีอีพรอมสำหรับเก็บโปรแกรมของผู้ใช้งาน และอีก 2 ขา สำหรับการดาวน์โหลดโปรแกรม สามารถขับกระแสซิงก์และซอร์สสูงสุด 40 mA ต่อขา

- โพรเพลเลอร์ใช้หน่วยความจำอีอีพรอมภายนอกในการเก็บโปรแกรมของผู้ใช้งาน ทำให้อายุการใช้งานของตัวชิปจึงไม่ขึ้นกับจำนวนรอบของการลบและโปรแกรมใหม่ของหน่วยความจำโปรแกรม

- การดาวน์โหลดโปรแกรมทำได้ง่ายมากเพียงต่อเข้ากับวงจรเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม อาทิ วงจรของไอซี MAX232 หรือต่อผ่านชิปแปลงสัญญาณพอร์ต USB เป็นพอร์ตอนุกรมอย่าง FT232RL ไม่ต้องการเครื่องโปรแกรมใดๆเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ด้วยความเร็วในการทำงานที่สูง และมีส่วนกำเนิดสัญญาณภาพที่มากถึง 8 ชุด ทำให้เหมาะสมอย่างมากในการนำโพรเพลเลอร์ไปใช้ในการกำเนิดสัญญาณภาพไม่ว่าจะแสดงผลด้วยจอโทรทัศน์ด้วยสัญญาณวีดีโอ หรือแสดงผลด้วยจอ VGA ด้วยสัญญาณแม่สีแสง นั่นคือพื้นฐานหลักในการสร้างเครื่องเล่นวีดีโอเกมและการสร้างระบบนำเสนอ (presentation) ภาพกราฟฟิกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงตัวเดียว

- สามารถเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ดและเมาส์ได้ และเมื่อรวมกับความสามารถการสร้างสัญญาณภาพได้จึงสามารถนำโพรเพลเลอร์ไปสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กแบบใช้จอโทรทัศน์เป็นตัวแสดงผลได้

- ใช้ไฟเลี้ยงในย่าน 2.7 ถึง 3.6 V กระแสไฟฟ้าสูงสุดเมื่อขับโหลดเต็มที่คือ 300 mA

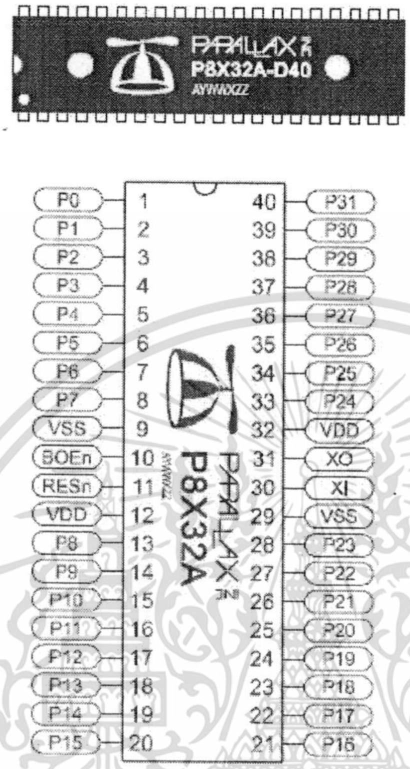
- มีตัวถังให้เลือกใช้ 3 แบบคือ DIP 40 ขา , LQFP 44 ขา และ QFN 44 ขา

2.1.9.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของโพรเพลเลอร์

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ภายในประกอบไปด้วยโปรเซสเซอร์ขนาด 32 บิตถึง 8 ชุด
- ทำงานที่แรงดัน 3.3 โวลต์ (2.7 V ถึง 3.6 V)
- ขาพอร์ตสามารถจ่ายกระแสซิงก์และซอร์สได้ 40 mA ต่อขา และ 100 mA ต่อพอร์ต (8 ขา)
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายใน 12 MHz หรือ 20 kHz เลือกกำหนดค่าได้
- ทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกความถี่ตั้งแต่ดีซีถึง 80 MHz
- สามารถใช้คริสตอล 4 MHz ถึง 8 MHz ร่วมกับตัวคูณสัญญาณนาฬิกาความถี่สูงสุด 80 MHz
- สามารถเชื่อมต่อคริสตอลภายนอกได้ โดยไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อตัวเก็บประจุ
- หน่วยความจำของทั้งระบบ แบ่งเป็นหน่วยความจำอีอีพรอม 32 กิโลไบต์ (KB) และหน่วยความจำแรม 32 KB
- ในแต่ละโปรเซสเซอร์มีหน่วยความจำแรม ตัวละ 2 KB
- การจัดการหน่วยความจำเป็นแบบ 32 บิต
- จำนวนพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 32 ขา

รูปร่างและตำแหน่งขาของโพรเพลเลอร์แสดงในรูปที่ 2.5 สำหรับตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดหน้าที่การทำงานของขาต่างๆ ของโพรเพลเลอร์ เบอร์ P8X32A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งขาและรูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์โพรเพลเลอร์แบบตัวถัง DIP 40 ขา

ตำแหน่งขา	หน้าที่
P0 – P31	ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตเอนกประสงค์ พอร์ต A สามารถจ่ายกระแส ซอร์ส / ซิงก์ ได้ 40 mA ที่แรงดัน 3.3 VDC ระดับลอจิกมีจุดตัดที่ ½ VDD หรือ 1.6 VDC ที่แรงดันไฟเลี้ยง 3.3 V ขาพอร์ต บางขายังมีหน้าที่พิเศษ เมื่อจ่ายไฟครั้งแรกหรือรีเซต (แต่สามารถสั่งให้ขาอินพุตเอาต์พุตได้ผ่านซอฟต์แวร์) ได้แก่ - P28 เป็นขา SCL ของ I2C สำหรับการเชื่อมต่ออีอีพรอมภายนอก - P29 เป็นขา SDA ของ I2C สำหรับการเชื่อมต่ออีอีพรอมภายนอก - P30 เป็นขา Tx ส่งข้อมูล สำหรับการสื่อสารอนุกรมกับคอมพิวเตอร์และดาวน์โหลดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	- P31 เป็นขา Rx รับข้อมูล สำหรับการสื่อสารอนุกรมกับคอมพิวเตอร์และดาวน์โหลดโปรแกรม
VDD	ขาไฟบวก 3.3 V (2.7 – 3.6 VDC)
VSS	ขากราวด์
BOE	ขาเอ็นเอเบิล Brown out (รีเซตเมื่อแรงดันต่ำกว่าที่กำหนด) ทำงานที่ลอจิก “0” ถ้าขานี้เป็น “0” ขารีเซตจะทำหน้าที่เป็นขาเอาต์พุต เพื่อแสดงสถานะ แต่ยังสามารถส่งลอจิก “0” ให้ขารีเซตเพื่อรีเซตไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ถ้าให้ขานี้เป็น “1” ขานี้จะทำหน้าที่เป็นขาอินพุตแบบชมิตทริกเกอร์
RES	ขารีเซต ทำงานที่ลอจิก “0” เมื่อขานี้เป็น “0” Propeller จะถูกรีเซต Cog ทั้งหมดจะถูกดิสเอเบิ้ล ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตจะอยู่ในสถานะลอย Propeller จะรีเซตระยะเวลา 50 mS เมื่อขารีเซตเปลี่ยนสถานะจาก “0” เป็น “1”
XI	ขาอินพุตของคริสตอล ใช้ต่อกับแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก (ขา XO ไม่ใช้งาน) หรือต่อกับขาด้านหนึ่งของคริสตอลหรือเรโซเนเตอร์ (ขาอีกข้างต่อกับ XO) โดยไม่จำเป็นต้องต่อตัวต้านทานหรือตัวเก็บประจุภายนอก
XO	ขาเอาต์พุตของคริสตอล ออกแบบมาเป็นขาป้อนกลับของคริสตอล การต่อคริสตอลเข้ากับขา XI และ XO จะต้องสัมพันธ์กับค่าที่กำหนดให้กับรีจิสเตอร์ CLK ด้วย

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดหน้าที่การทำงานของขาต่างๆของโพรเพลเลอร์

2.1.9.3 หลักการทำงานของโพรเพลเลอร์

รูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานภายในของโพรเพลเลอร์ ซึ่งประกอบด้วยโปรเซสเซอร์ที่ทำงานแยกกันอิสระถึง 8 ชุด โดยจะเรียกโปรเซสเซอร์เหล่านี้ว่า Cog หมายเลข 0 ถึง 7

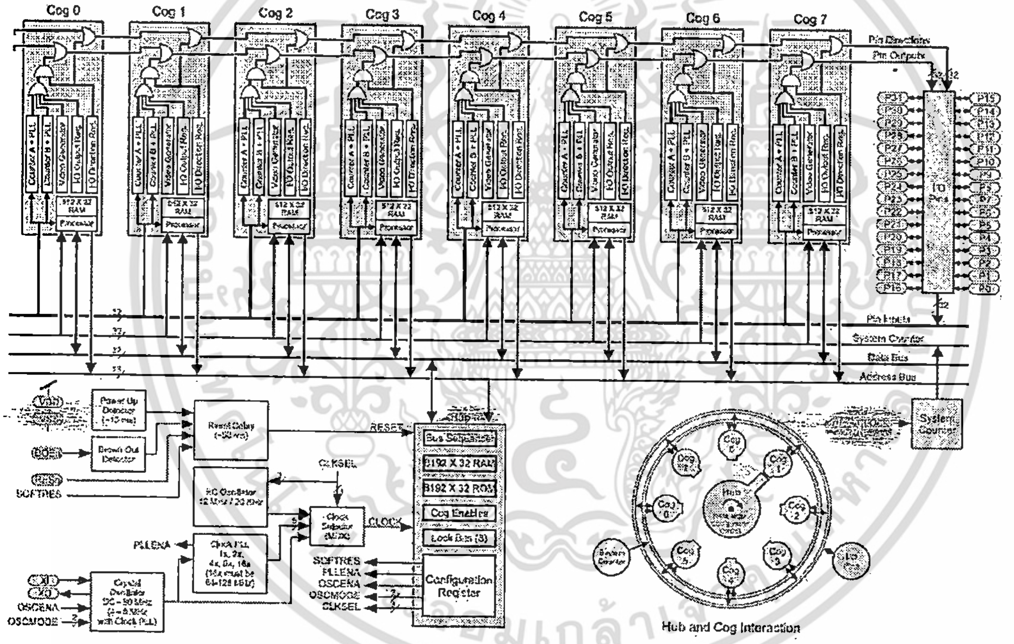
1. ค็อก (Cogs)

ในแต่ละค็อกจะประกอบไปด้วยหน่วยความจำแรม 2 KB โดยกำหนดเป็นหน่วยความจำแบบ 32 บิต จำนวน 512 ตัว นอกจากนี้ภายในโปรเซสเซอร์แต่ละตัวยังมีโมดูลเคาน์เตอร์แบบพิเศษพร้อมเฟสล็อกลูป 2 ตัว โมดูลสร้างสัญญาณวีดีโอ รีจิสเตอร์พอร์ตอินพุตเอาต์พุต รีจิสเตอร์กำหนดทิศทางของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต และรีจิสเตอร์ตัวอื่นๆ ซึ่งไม่ได้แสดงให้เห็นในบล็อกไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล็อกทั้ง 8 ตัวทำงานด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาหลัก ซึ่งค็อกแต่ละตัวจะอ้างอิงการทำงานกันได้ด้วยสัญญาณนาฬิกาและจะเริ่มต้นทำงานพร้อมกันและใช้ทรัพยากรด้วยกัน ค็อกแต่ละตัวสามารถสั่งให้ทำงานหรือหยุดทำงานได้ในขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม และสามารถควบคุมให้แต่ละค็อกทำงานไปพร้อมๆกันได้ โดยจะทำงานเป็นอิสระหรือ เชื่อมโยงถึงกันได้ผ่านหน่วยความจำแรมหลัก (Main RAM) ซึ่งแยกไปต่างหาก

หน่วยความจำภายในค็อกแต่ละตัว เรียกว่า ค็อกแรม (Cog RAM) โดยค็อกแรมจะแบ่งหน่วยความจำ เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 32 บิต จำนวน 512 ตัวสามารถใช้งานได้อย่างอิสระ ยกเว้นรีจิสเตอร์ 16 ตำแหน่งสุดท้าย ซึ่งสงวนไว้สำหรับรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ เช่น รีจิสเตอร์เคาน์เตอร์ รีจิสเตอร์พอร์ตอินพุตเอาต์พุต เป็นต้น



รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานภายในของโปรเซสเซอร์ทั้ง 8 ตัวของโพรเพลเลอร์

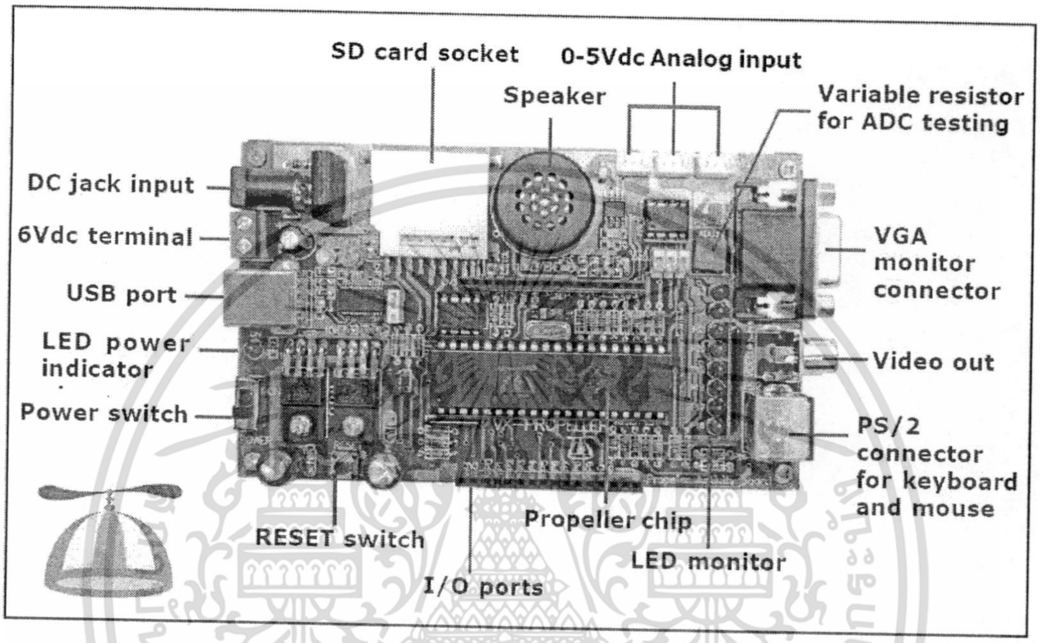
2. ฮับ (Hub) : ส่วนเชื่อมโยงหลัก

ฮับทำหน้าที่จัดระเบียบการทำงานของระบบทั้งหมด โดยจะยอมให้ค็อกทีละตัวเท่านั้นที่จะติดต่อกับทรัพยากรหลักของระบบ โดยจะหมุนเวียนติดต่อกับค็อกตั้งแต่หมายเลข 0 ถึง 7 แล้วกลับไปที่หมายเลข 0 ใหม่เป็นลักษณะวนรอบ ส่วนของฮับและระบบบัสของมันทำงานด้วยความเร็วครึ่งหนึ่งของสัญญาณนาฬิกาของทั้งระบบ ทำให้ค็อก 1 ตัว จะถูกติดต่อทุกๆ 16 ไซเคิลของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาฬิกา และใช้เวลา 7 ไซเคิลเพื่อเอ็กซิคิวซ์คำสั่ง ดังนั้น ฮับจะติดต่อกับค็อกตัวใดตัวหนึ่งได้ อาจใช้คาบเวลาเพียง 7 ไซเคิล หรือนานถึง 22 ไซเคิล เนื่องจากจะต้องรอให้ฮับวนมาจนครบรอบ

3. VX-Propeller บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โพรเพลเลอร์



รูปที่ 2.7 บอร์ด VX-Propeller และรายละเอียดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งบนบอร์ด

1.) **คุณสมบัติทางเทคนิค**

- ใช้ชิปโพรเพลเลอร์เบอร์ P8X32-D40 พร้อมคริสตอล 5 MHz สามารถรันด้วยความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 80 MHz ด้วยวงจรเฟสล็อกลูป (PLLx16) ภายในตัวชิป มีความเร็วในการประมวลผล 160 MIPS จาก 8 ค็อก แต่ละค็อกมีความเร็ว 20 MIPS
- หน่วยความจำอีอีพรอม 32 กิโลไบต์ จากไอซีอีอีพรอมภายนอกเบอร์ 24LC256
- หน่วยความจำแรมภายใน 32 กิโลไบต์
- มีจุดต่อพอร์ตสำหรับติดต่ออุปกรณ์ภายนอก 14 ขา
- ดาวน์โหลดข้อมูลและโปรแกรมผ่านทางพอร์ต USB
- ต้องการแรงดันไฟตรงในย่าน +6 ถึง +12 V บนบอร์ดมีวงจรควบคุมไฟเลี้ยงคงที่ที่ +5V และ +3.3V
- LED 8 ช่อง ทำงานด้วยลอจิก “1” (ต่อร่วมกับวงจรเชื่อมต่อจอภาพ VGA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีวงจรเชื่อมต่อจอภาพ VGA (ต่อร่วมกับ LED)

- มีวงจรเชื่อมต่อจอภาพด้วยสัญญาณวีดีโอ รองรับทั้งระบบ PAL และ NTSC

- มีลำโพง 8 โอห์ม 100 mW สำหรับขับเสียง

- มีวงจรเชื่อมต่อผ่านพอร์ต PS2 สามารถเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ดและเมาส์ได้

- มีวงจรเชื่อมต่อซ็อกเก็ตของ SD CARD

- เชื่อมต่อไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 10 บิต 4 ช่อง แบ่งเป็นจุดต่ออินพุตสัญญาณอนาลอก 3 ช่อง และมีตัวต้านทานปรับค่าได้บนบอร์ดเพื่อทดสอบสัญญาณอนาลอกอีก 1 ช่อง

2.) การทำงานของวงจร

บอร์ด VX-Propeller เป็นบอร์ดที่ดึงเอาความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ Propeller มาใช้อย่างเต็มที่ โดยแสดงรายละเอียดการเชื่อมต่อวงจรทั้งหมดดังรูปที่ 2.8สามารถอธิบายการทำงานในส่วนต่างๆได้ดังนี้

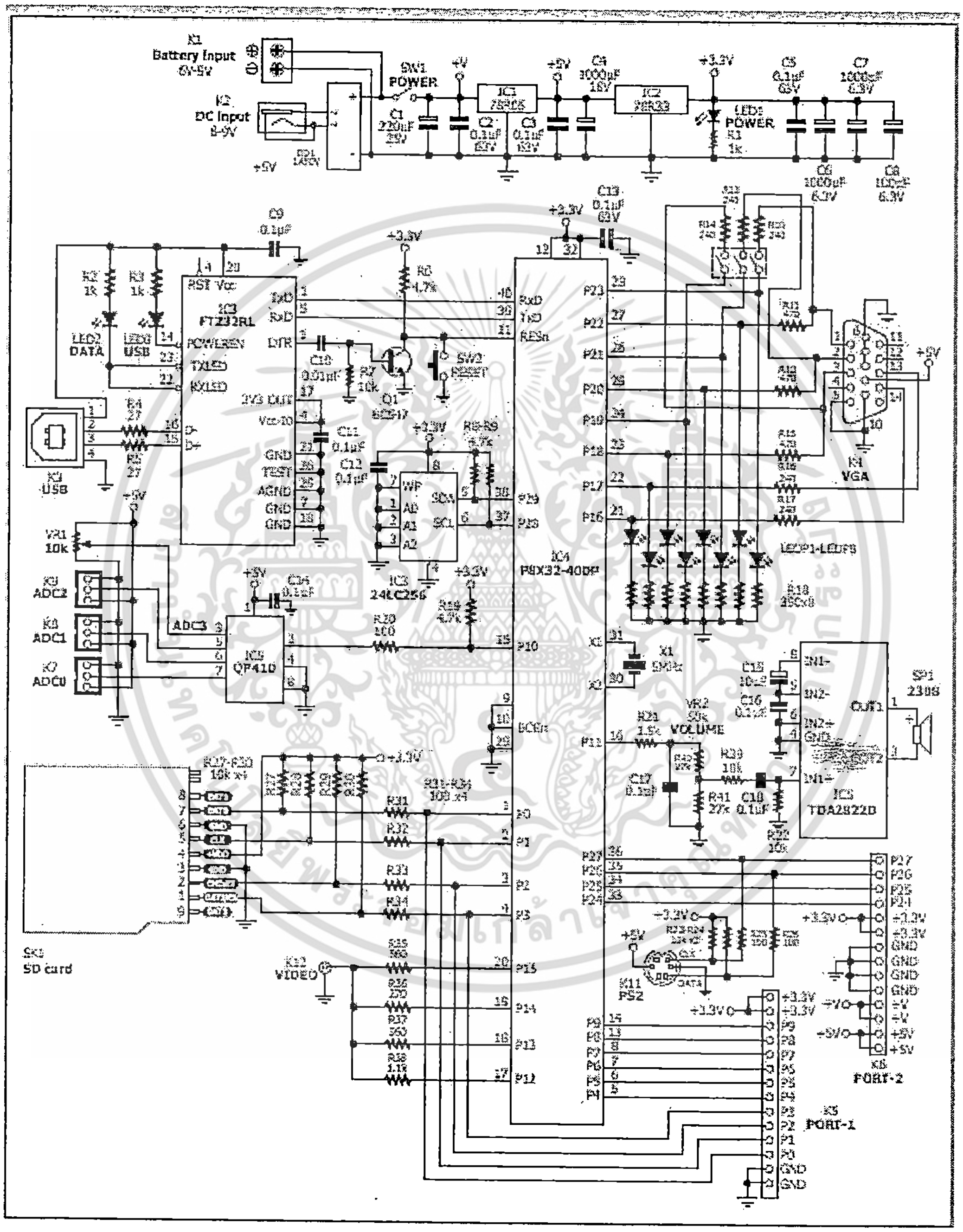
ภาคจ่ายไฟจะรับแรงดันอินพุตจากแหล่งจ่ายไฟตรงสองแหล่งด้วยกันคือ จากจุดต่อแจ็กอะแดปเตอร์และจุดต่อเทอร์มินอลบล็อก สำหรับจุดต่อแจ็กอะแดปเตอร์จะมีไดโอดบริดจ์ต่อไว้เพื่อป้องกันการกลับขั้วของวงจร ก่อนส่งให้กับไอซี 78R05 เพื่อเรกูเลตแรงดันให้เหลือ 5 โวลต์ใช้เลี้ยงวงจร ในส่วนแรงดัน 5 โวลต์เช่นจุดต่อ VGA และจุดต่อคีย์บอร์ด จากนั้นส่งเข้าไปยังเรกูเลเตอร์เบอร์ 78R33 เพื่อเรกูเลตให้เหลือ 3.3 โวลต์ เป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ

ภาคสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์และดาวน์โหลดโปรแกรม เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB โดยมีไอซี FT232RL ทำหน้าที่แปลงรูปแบบการสื่อสารข้อมูลจาก USB ให้เป็นการสื่อสารแบบอนุกรม ซึ่ง Propeller ต้องการสายสัญญาณในการเชื่อมต่อ 3 สาย ประกอบด้วย Tx , Rx และ DTR โดยขาสัญญาณ DTR จะต่อเข้ากับขา Reset ของ Propeller เพื่อรีเซตตัวมันและเข้าสู่โหมดโปรแกรม แต่เนื่องจากจะต้องป้อนสัญญาณรีเซตด้วยลอจิก “0” จึงจำเป็นต้องต่อทรานซิสเตอร์ Q1 ไว้เพื่อกลับสถานะลอจิกและจะรีเซตเมื่อขา DTR มีลอจิก “1” ไอซี FT232RL เมื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์เป็นที่เรียบร้อยจะแสดงสถานะที่ LED3 โดย LED3 (สีน้ำเงิน) จะติดสว่าง และเมื่อมีการส่งข้อมูล LED4 (สีเหลือง) ก็จะติดสว่าง

ส่วนหัวใจหลักของวงจรเป็นชิปโพรเพลเลอร์ทำงานด้วยคริสตอลภายนอก 5 MHz ซึ่งสามารถใช้วงจรคูณสัญญาณภายในให้ได้ความถี่สูงถึง 80 MHz ตัวมันจะมีขาอินพุตเอาต์พุตทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 32 ขา ถูกใช้งานเพื่อสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ 2 ขา คือขา Rx และ Tx ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำอีอีพรอมเพื่อเก็บข้อมูลโปรแกรมอีก 2 ขา นอกนั้นใช้งานได้เอนกประสงค์



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรสมบูรณ์ของบอร์ด VX-Propeller (version 1.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ด VX-Propeller ได้จัดการเชื่อมต่อขาพอร์ตกับอุปกรณ์ภายนอกไว้ดังนี้

P0 – P3	ต่อกับซ็อกเก็ต SD CARD
P10	ต่อกับไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเบอร์ QP410
P11	ต่อกับลำโพง
P12-P15	ต่อกับวงจรจัดสัญญาณวีดีโอ
P16-P23	ต่อกับวงจรจัดสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับมอนิเตอร์ VGA และต่อพ่วงเข้ากับ LED จำนวน 8 ดวง โดยมีสวิตซ์จั๊มเปอร์เลือกการทำงาน
P26-P27	ต่อกับจุดต่อ PS2 สำหรับต่อคีย์บอร์ดภายนอก

สำหรับขาที่เหลือต่อไปยังคอนเน็กเตอร์ PORT-1 และ PORT-2 ซึ่งออกแบบตำแหน่งให้สามารถสร้างบอร์ดเสริมในภายหลังได้โดยง่าย

2.1.10 ระบบการตรวจสอบตนเอง (Self-testing)

ระบบการตรวจสอบตนเอง คือ โปรแกรมที่ถูกฝังไว้ภายใน สำหรับการตรวจสอบความพร้อมโดยรวมของระบบ รวมไปถึงอุปกรณ์ที่สำคัญต่างๆ หากซีพียูกับอุปกรณ์ต่างๆในระบบนั้นไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีการทำงานผิดพลาด หรือเชื่อมถึงกันไม่ถูกต้อง ระบบจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบทันที เพื่อให้มีการแก้ไขอย่างถูกต้อง โดยการแจ้งเตือนนั้นมักจะอยู่ในรูปแบบของเสียงหรือข้อความต่างๆ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้ โดยทั่วไปแล้ว การตรวจสอบตนเองจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วยกเว้นในกรณีที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น

ในระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือนั้น อุปกรณ์ที่ทำการตรวจสอบคือ ปุ่มกด ทุกๆปุ่มในระบบ นั่นเอง หากซีพียูกับปุ่มกดในระบบไม่มีความสัมพันธ์กันหรือปุ่มกดปุ่มใดมีการทำงานผิดพลาด ระบบจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบผ่านทางจอภาพ VGA เพื่อให้มีการแก้ไขอย่างถูกต้อง แต่หากผู้ใช้งานต้องการใช้งานระบบในทันที ซีพียูของระบบจะตัดการเชื่อมต่อกับปุ่มกดที่มีการทำงานที่ผิดพลาดออกไป เพื่อให้ระบบนั้นสามารถทำงานต่อไปได้ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบเวลาตอบสนอง เป็นการทดสอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในทางการแพทย์และกีฬา ทางการแพทย์จิตแพทย์ ใช้เป็นปัจจัยบ่งชี้อย่างหนึ่งทางความบกพร่องของระบบประสาทตอบสนองที่แสดงออกมาในรูปแบบพฤติกรรม [2] นอกจากนี้ยังเป็นตัวบ่งชี้ความสมบูรณ์ของร่างกายในผู้สูงอายุ[3] ทางด้านกีฬาเวลาตอบสนองจะเกี่ยวข้องกับสมรรถนะของนักกีฬาในการเอาชนะคู่ต่อสู้ และความสามารถในด้านการหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บในกีฬาประเภทที่มีการประทะ[4] จึงทำให้มีการนำเสนอวิธีการทดสอบเวลาตอบสนองในรูปแบบต่าง ๆ เช่นเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงเป็นตัวกระตุ้นและรับการตอบสนอง[5] หรือในรูปแบบฮาร์ดแวร์ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

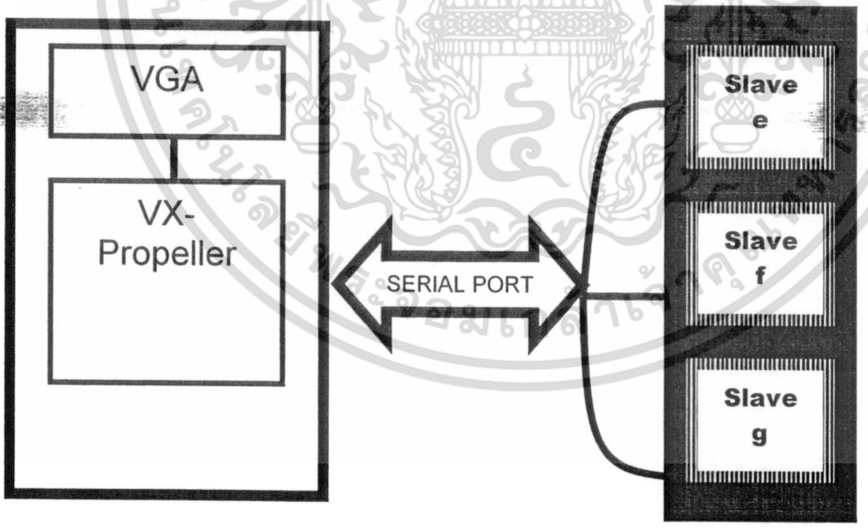
บทที่ 3
การออกแบบระบบ

ในบทนี้จะนำเสนอการออกแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์ตามแนวคิดที่ได้กล่าวถึงไว้ในบทที่หนึ่ง และ นำทฤษฎีที่รวบรวมไว้ในบทที่สองมาใช้ในการออกแบบด้วย

3.1 การออกแบบโหมดทดสอบนักกีฬา

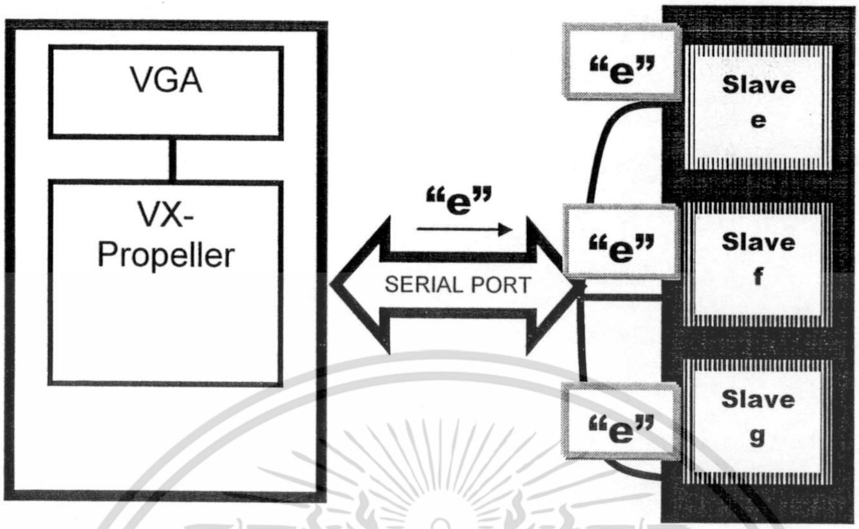
ระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือนั้นถูกแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ภาค ได้แก่ ภาคควบคุม (MASTER) และ ภาคถูกควบคุม (SLAVE) การทำงานทั้ง 2 ภาคนั้นจะถูกเชื่อมต่อเข้าถึงกันผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 โดยภาค MASTER จะประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ VX-Propeller และจอภาพ VGA ใช้สำหรับการแสดงผล ส่วนภาค SLAVE นั้นก็คือปุ่มกดแต่ละปุ่มนั่นเอง

เมื่อเริ่มต้นการทดสอบ VX-Propeller จะส่งรหัสตัวอักษรผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 ไปยังปุ่มกดทุกปุ่ม หากรหัสอักษรที่ส่งไปนั้นตรงกับรหัสประจำตัวของปุ่มกดปุ่มใด ปุ่มกดนั้นจะมีไฟติดขึ้นมา ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.2

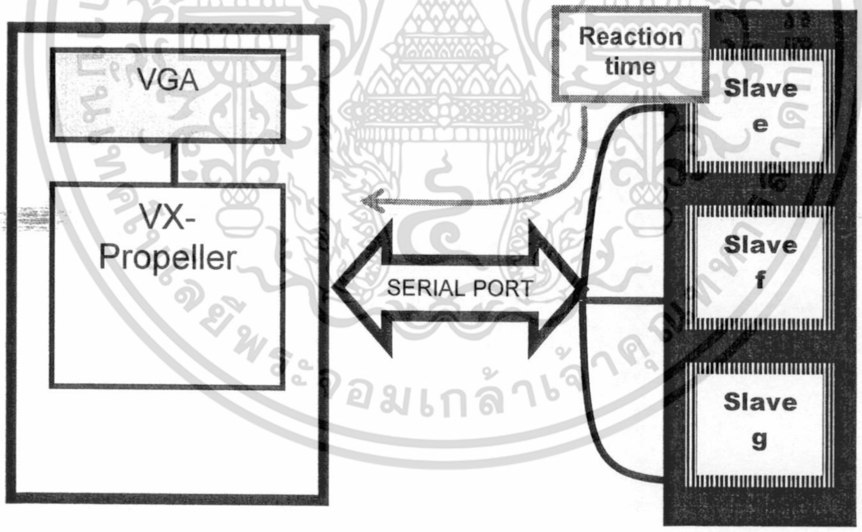


รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การติดไฟของปุ่มกด



รูปที่ 3.3 การส่งค่า Reaction time กลับมายังภาค MASTER และการแสดงผลทางจอภาพ VGA

ไมโครคอนโทรลเลอร์บนปุ่มกดจะทำการจับเวลา ตั้งแต่ตอนที่ไฟบนปุ่มกดสว่างขึ้น จนกระทั่งผู้ทดสอบได้กดปุ่มจนไฟบนปุ่มกดดับลง เมื่อเสร็จสิ้นการจับเวลาแล้ว ปุ่มกดจะส่งค่าเวลาที่จับได้กลับมายังภาค MASTER ผ่านทางพอร์ตอนุกรม ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 โดย VX –Propeller จะทำการรับค่าเวลา และส่งค่าเวลานี้ออกไปยังจอภาพ VGA เพื่อทำการแสดงผล เพื่อให้ผู้ทดสอบได้รับทราบว่าการทดสอบในรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

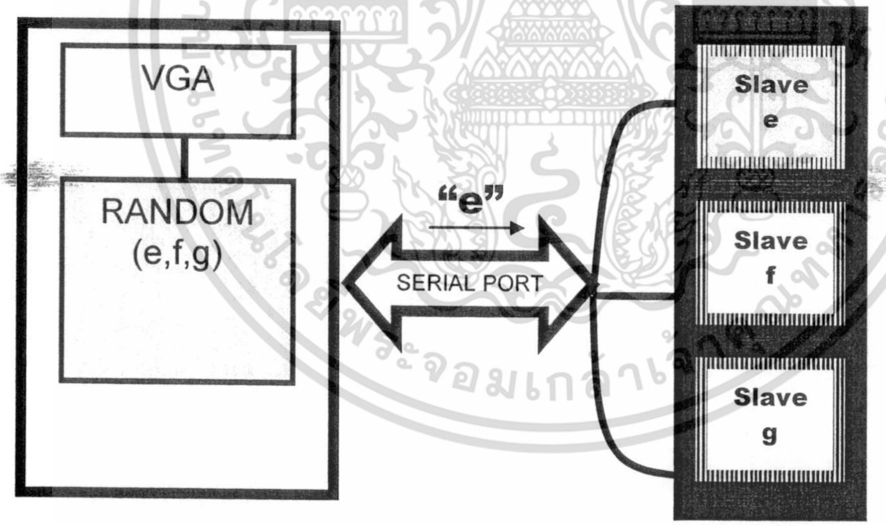
แรกนั้นได้เสร็จสิ้น หลังจากนั้น VX-Propeller จะทำการส่งรหัสตัวอักษรตัวต่อไป ออกไปยังปุ่มกด เพื่อทำการทดสอบในรอบต่อไป

รูปแบบในการทดสอบนักกีฬานั้นถูกแบ่งออกเป็น 3 โหมด ได้แก่

1. โหมดการทดสอบแบบสุ่มตำแหน่ง (RANDOM MODE)
2. โหมดการทดสอบรูปแบบเฉพาะ (PATTERN MODE)
3. โหมดการทดสอบแบบกำหนดเอง (MANUAL MODE)

3.1.1 โหมดการทดสอบแบบสุ่มตำแหน่ง (RANDOM MODE)

โหมดการทดสอบแบบสุ่มตำแหน่ง คือ โหมดการทดสอบนักกีฬาโดยการสุ่มเลือกปุ่มกดที่ต้องการให้ไฟติด ไม่มีรูปแบบของลำดับการติดไฟที่แน่นอน โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อเริ่มทำการทดสอบ VX-Propeller จะทำการสุ่มรหัสตัวอักษรที่จะส่งออกไปยังปุ่มกด เพื่อให้ปุ่มกดนั้นไฟติดขึ้น ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.4

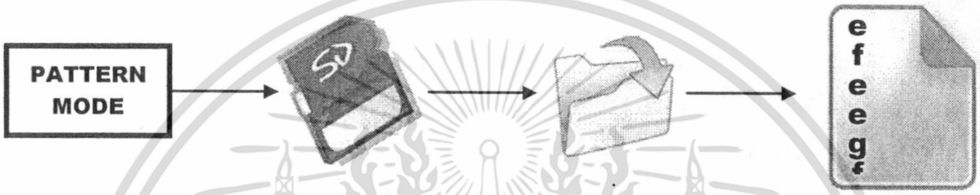


รูปที่ 3.4 การทำงานของระบบในโหมดการทดสอบแบบสุ่มตำแหน่ง

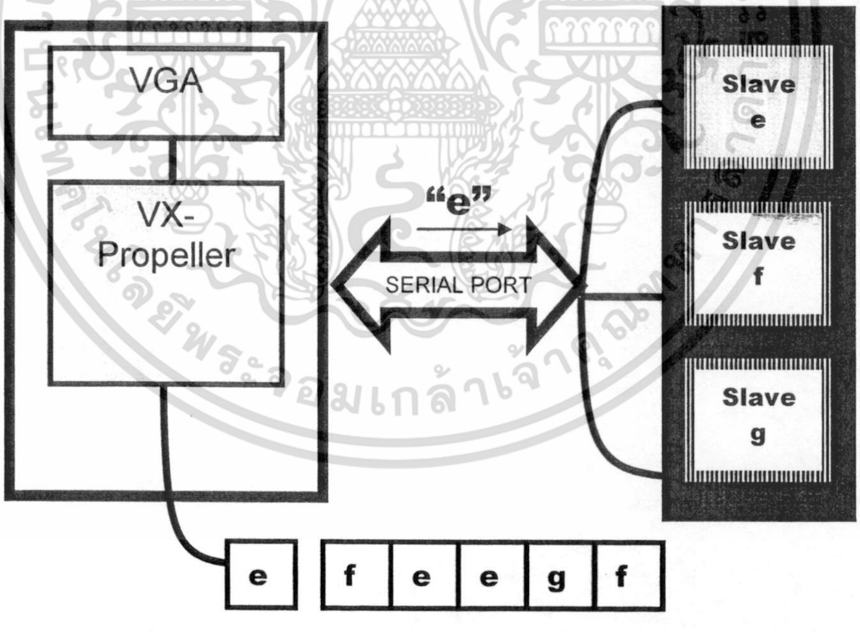
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 โหมดการทดสอบรูปแบบเฉพาะ (PATTERN MODE)

โหมดการทดสอบรูปแบบเฉพาะ คือ โหมดทดสอบนักกีฬาที่สามารถกำหนดลำดับการติดไฟของปุ่มกด ล่วงหน้าได้ โดยการสร้างไฟล์รูปแบบซึ่งบันทึกลำดับการติดไฟไว้ ทำการบันทึกไฟล์รูปแบบดังกล่าวลงใน SD CARD เพื่อนำไปใช้งานกับระบบ โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อเริ่มทำการทดสอบ VX-Propeller จะทำการเปิดไฟล์รูปแบบที่ผู้ทดสอบเลือกจาก SD CARD หลังจากนั้นจะส่งรหัสอักษรออกไปทีละตัวอักษรตามลำดับที่บันทึกไว้ในไฟล์รูปแบบ ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



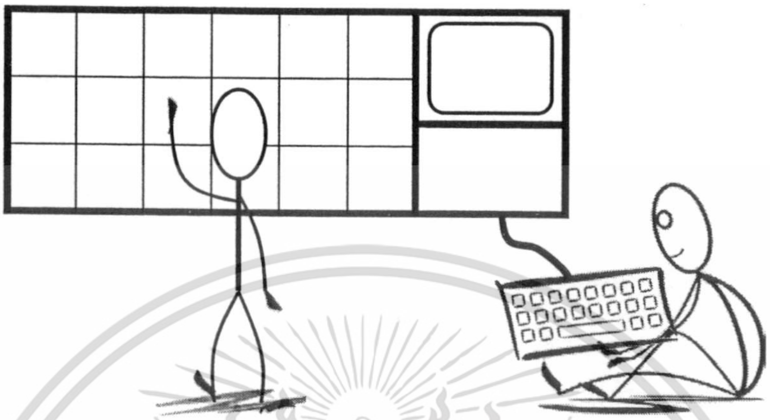
รูปที่ 3.5 การเปิดไฟล์รูปแบบเพื่อนำไปใช้ในโหมดการทดสอบรูปแบบเฉพาะ



รูปที่ 3.6 การทำงานของระบบในโหมดการทดสอบรูปแบบเฉพาะ

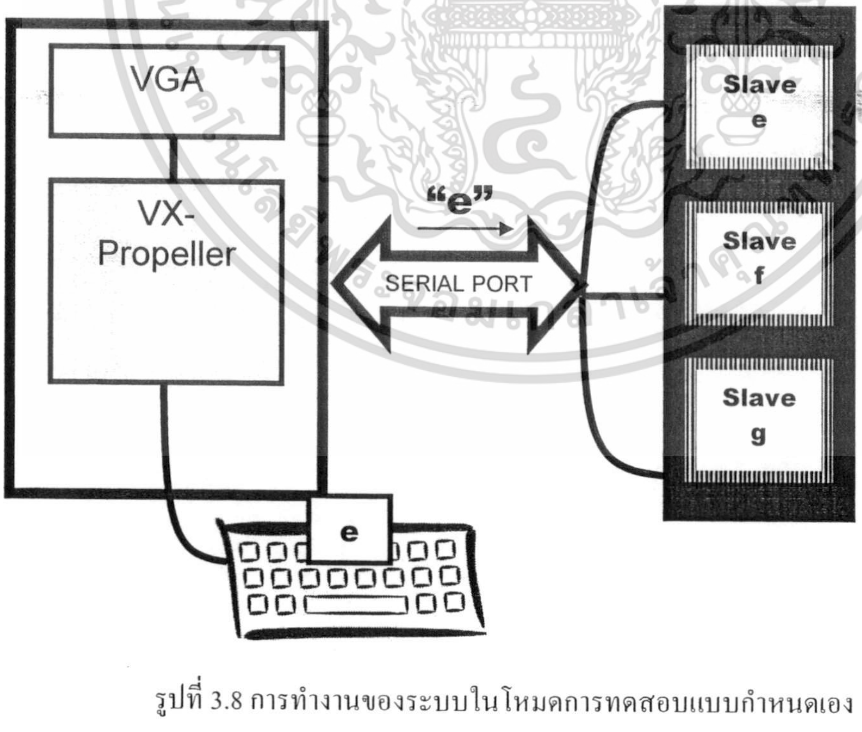
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 โหมดการทดสอบแบบกำหนดเอง (MANUAL MODE)



รูปที่ 3.7 แสดงการทดสอบในโหมดการทดสอบแบบกำหนดเอง

โหมดการทดสอบแบบกำหนดเอง คือ โหมดทดสอบนักกีฬาที่สามารถเลือกปุ่มกดที่ต้องการให้ไฟติดได้ โดยการสั่งการผ่านทางคีย์บอร์ด โหมดทดสอบนี้จะต้องมีผู้ร่วมทดสอบหนึ่งคน เพื่อทำหน้าที่ในการควบคุมการสั่งการทางคีย์บอร์ด ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.7 และ 3.8



รูปที่ 3.8 การทำงานของระบบในโหมดการทดสอบแบบกำหนดเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

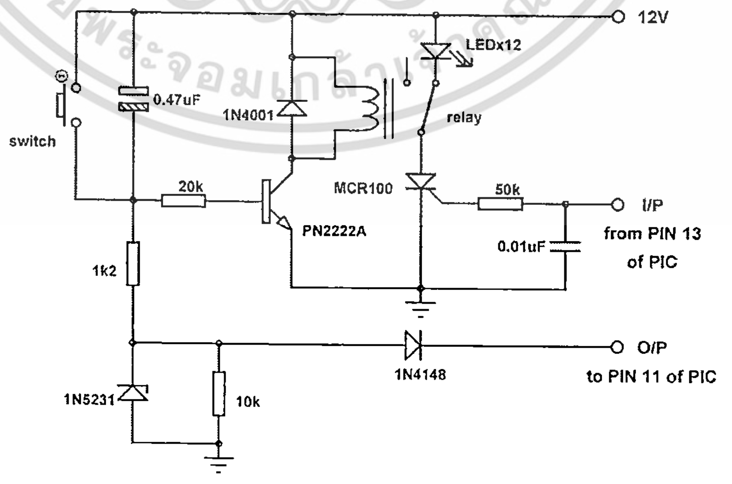
3.2 การออกแบบด้าน Hardware

จากที่กล่าวไว้ถึงการปรับปรุงแก้ไขระบบวัดเวลาการตอบสนองระหว่างตากับมือไว้ในบทที่ 1 ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการออกแบบดังนี้ โครงสร้างของระบบประกอบไปด้วยสามส่วนหลักคือ ส่วนกระตุ้น (ด้วยแสง) ส่วนรับการตอบสนอง สวิตซ์ และส่วนประมวลและแสดงผล ส่วนกระตุ้นและรับการตอบสนองจะอยู่ในโมดูลปุ่มกดเดียวกัน ส่วนการประมวลผลและแสดงผลนั้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ VX-Propeller ซึ่งทั้งสองส่วนเชื่อมโยงเข้าด้วยกันผ่านทางพอร์ตอนุกรม

3.2.1 การปรับปรุงวงจรโมดูลปุ่มกด

ในรูปที่ 3.9 แสดงวงจรโมดูลปุ่มกดที่ได้จัดทำขึ้นโดย [1] อุปกรณ์หลักจะเป็น LED สีขาว 12 ตัว เรียงเป็นวงแหวน ใช้เป็นส่วนกระตุ้นทางตา ปุ่มกดทำจากสวิตซ์กดติดปล่อยดับ วางในตำแหน่งตรงกลางของวงแหวน LED ตามหลักการทำงานของระบบมีดังนี้ วงแหวน LED จะไม่ติดสว่างจนกว่า จะมีการส่งสัญญาณเริ่มต้นออกมาจากคอมพิวเตอร์ และเมื่อไฟติดแล้วจะไม่ดับจนกว่าจะมีการกดที่ปุ่มสวิตซ์ จากหลักการดังกล่าวจึงได้เลือกใช้อุปกรณ์หลักๆ ดังนี้

1. Silicon Controlled Recitifier (SCR) จากหลักการทำงานของตัวอุปกรณ์นี้ จะทำงาน(นำกระแส) เมื่อมีสัญญาณ (แรงดัน) เข้าที่ขาเกต แล้วจะไม่หยุดทำงานจนกว่าจะเปิดวงจรที่ขาแอโนด จึงนำมาใช้ในการขับวงแหวน LED ซึ่งนำกระแสประมาณ 10 มิลลิโวลต์ ที่แรงดัน 12 โวลต์
2. รีเลย์ (Relay) ใช้หน้าสัมผัส Normal Closed ในการนำกระแสผ่าน LED และเปิดวงจรขาแอโนดเมื่อกดสวิทซ์ตอบสนอง รีเลย์จะถูกขับด้วยทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็น เบอร์ PN2222A
   เพื่อให้นำกระแส เมื่อสวิทซ์ถูกกดแรงดันที่ขาเบสเป็น 12 V ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ส่งผลให้หน้าสัมผัสของ Relay เป็น Normal Open และขาแอโนดของ SCR ถูกเปิดวงจร



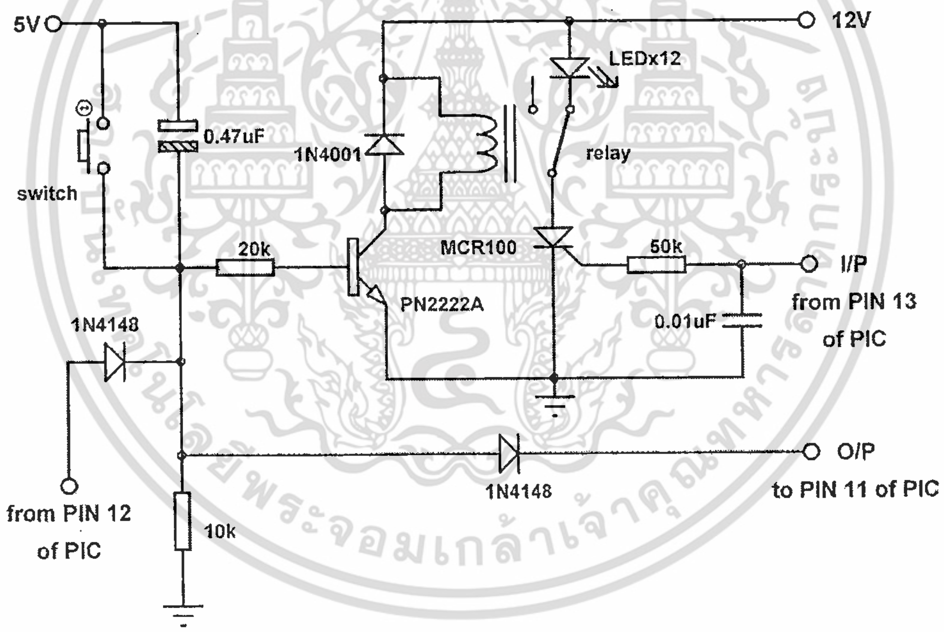
รูปที่ 3.9 วงจรของโมดูลปุ่มกดเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของวงจรคือ

1. เมื่อมีพัลส์เข้ามาทางขาเกตของ SCR จะกระตุ้นให้ SCR ทำงาน (ON) ไฟจะติดทันที
2. ถ้ายังไม่มีการกดสวิตช์ SCR จะไม่ OFF ไฟก็ยังคงติดต่อไป
3. เมื่อมีการกดสวิตช์ ทรานซิสเตอร์จะทำงาน กระแสไหลผ่าน Relay เมื่อ Relay ทำงาน จะทำให้วงจรที่ขาแอโนดของ SCR เปิด ทำให้ SCR หยุดการทำงาน (OFF) ไฟก็จะดับลงทันที

เนื่องจากเราได้มีการเพิ่มเติมระบบการตรวจสอบตนเองเข้าไป จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนวงจรโมดูลปุ่มกดเพื่อให้สามารถใช้งานกับระบบการตรวจสอบตนเองได้ โดยที่คุณสมบัติและหลักการทำงานที่สำคัญนั้นไม่เปลี่ยนไป รูปที่ 3.10 แสดงวงจรของโมดูลปุ่มกดที่ได้มีการปรับปรุงแล้ว



รูปที่ 3.10 วงจรของโมดูลปุ่มกดที่ได้มีการปรับปรุงแล้ว

วงจรโมดูลปุ่มกดแบบใหม่นี้สามารถนำไปใช้งานกับระบบการตรวจสอบตนเองได้ โดยที่คุณสมบัติและการทำงานของระบบนั้นยังคงเดิม เมื่อระบบมีการตรวจสอบตนเอง วงจรโมดูลปุ่มกดนั้น จะมีการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

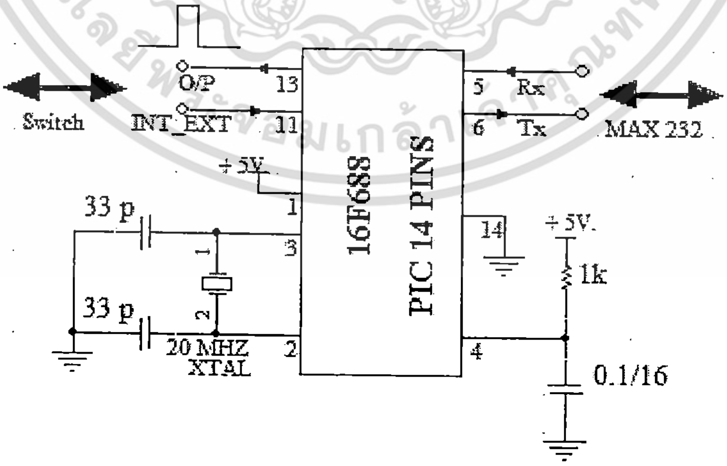
1. เมื่อมีพัลส์เข้ามาทางขาเกตของ SCR จะกระตุ้นให้ SCR ทำงาน (ON) ไฟจะติดเช่นเดิม
2. เมื่อไฟติดค้างได้ระยะเวลาหนึ่ง PIC16F688 จะสร้างพัลส์ออกมาทางขา 12 เข้ามาที่วงจร ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน
3. เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน จะมีกระแสไหลผ่าน Relay เมื่อ Relay ทำงาน จะทำให้วงจรที่ขาแอโนดของ SCR เปิด ทำให้ SCR หยุดการทำงาน (OFF) ไฟจะดับลงทันที

3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เลือกใช้ PIC เบอร์ 16F688 ประกอบเข้ากับโมดูลปุ่มกด เพื่อทำหน้าที่กระตุ้นให้ SCR ทำงานและรับพัลส์จากการกดสวิทช์ตอบสนอง พร้อมกับนับพัลส์ที่สร้างขึ้น 16F688 มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

- มี 14 ขา 12 I/O pins (รูปร่างค่อนข้างเล็ก)
- สามารถใช้ Oscillator จากภายนอกได้
- มีไทเมอร์0 และ ไทเมอร์1
- มี Power-on Reset (POR)
- รองรับการใช้งานพอร์ตอนุกรม RS-232
- รองรับการใช้งานอินเตอรรัปต์จากภายนอก (External Interrupt)
- สามารถลบและเขียนข้อมูลใหม่ได้มากกว่า 100,000 ครั้ง

จะได้รูปวงจรดังนี้

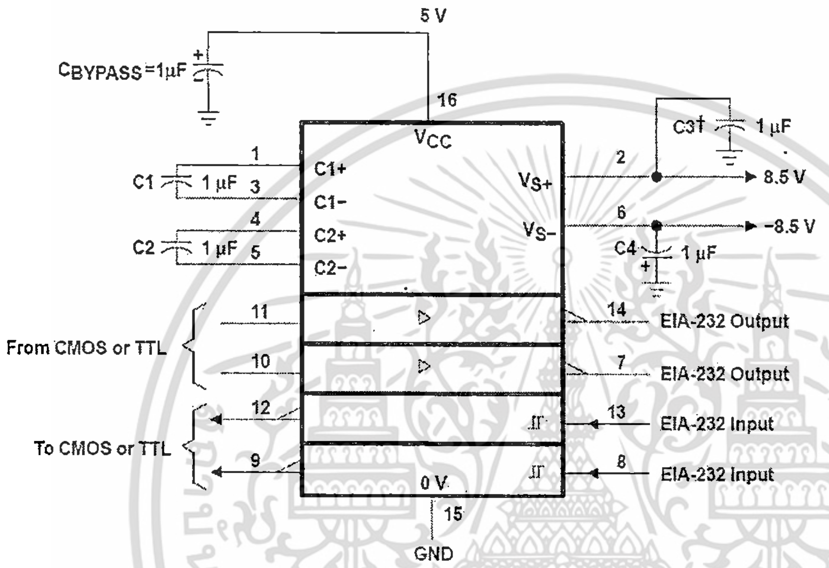


รูปที่ 3.11 วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

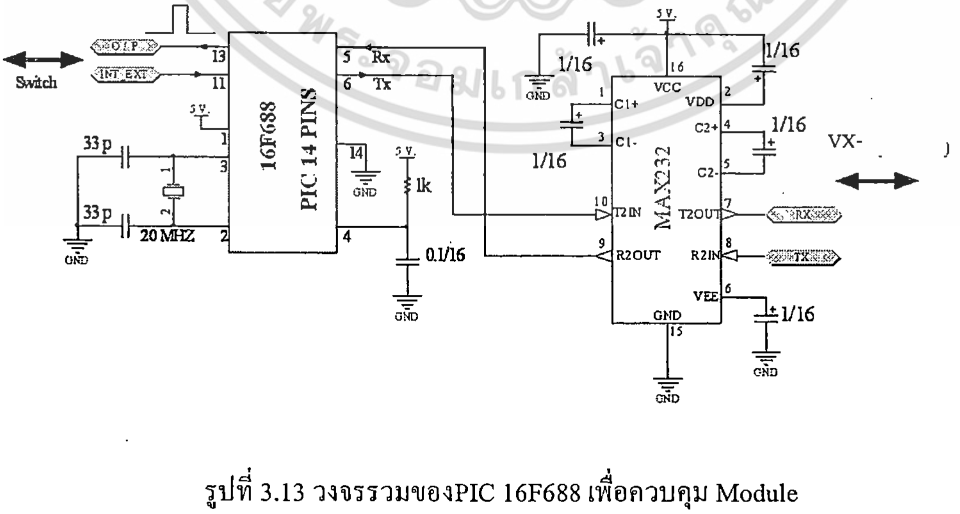
3.2.3 วงจรของ IC MAX 232

MAX232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL และใช้แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232 มีการต่อวงจร ดังรูป



รูปที่ 3.12 วงจรของ IC MAX232

3.2.4 วงจร PIC 16F688



รูปที่ 3.13 วงจรรวมของPIC 16F688 เพื่อควบคุม Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบด้าน Software

3.3.1 หลักการทำงานของโครงงานด้าน Software

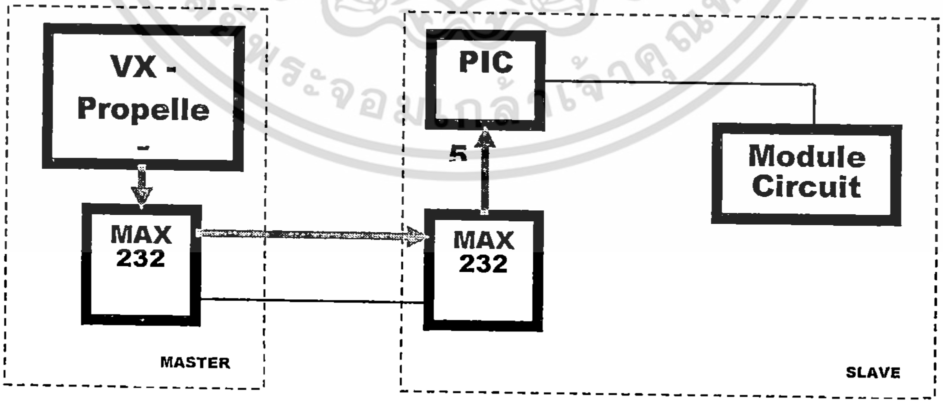
อธิบายหลักการทำงานอย่างละเอียดได้ดังนี้

- เริ่มแรกระบบจะทำการตรวจสอบก่อนว่า SD CARD นั้นได้เชื่อมต่ออยู่หรือไม่ หากพบว่าไม่ได้เชื่อมต่อ ระบบจะแสดงข้อความแจ้ง และหยุดการทำงานของระบบ เมื่อเชื่อมต่อ SD CARD แล้ว ผู้ใช้งานจะต้องทำการรีเซตระบบใหม่

- หากพบว่า SD CARD ได้ถูกเชื่อมต่อแล้ว ระบบจะเปิดหน้าเมนูหลักสำหรับการเลือกโหมดการทดสอบขึ้นมา โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกโหมดการทดสอบได้ผ่านทางคีย์บอร์ด

- เมื่อผู้ใช้งานได้เลือกโหมดการทดสอบแล้ว ระบบจะให้ผู้ใช้งานได้เซ็ตค่าต่างๆ ก่อนการทดสอบ เช่น จำนวนรอบในการทดสอบ เป็นต้น

- เมื่อผู้ใช้งานยืนยันคำสั่งแล้ว ก็จะเริ่มการทดสอบโดย VX-Propeller จะส่งสัญญาณออกมาผ่านทางพอร์ตอนุกรม ผ่าน IC MAX232 และส่งต่อไปยัง PIC 16F688 ดังแสดงได้รูปที่ 3.14 โดยสัญญาณนี้จะเข้าที่ขา 5 ของ PIC คือ ขา Rx ซึ่งใช้ในการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมของ VX-Propeller

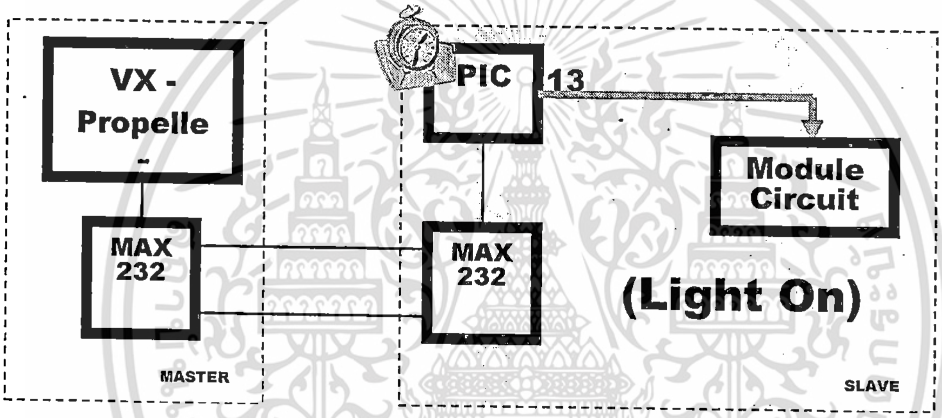


รูปที่ 3.14 หลักการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อสัญญาณถูกส่งเข้ามาที่ขา 5 ของ PIC จะเป็นการกระตุ้นให้เกิดการทำงานของอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม (INT_RDA) ซึ่งเมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม จะทำให้ PIC เริ่มการทำงานของ TIMER0 (เริ่มจับเวลา)

- เมื่อ TIMER 0 เริ่มทำงาน TIMER 0 จะนับจำนวนของโอเวอร์โฟลว์จาก TIMER0 ไปเรื่อยๆ ในขณะเดียวกัน PIC ก็จะส่งสัญญาณพัลส์ออกทางขา 13 (ขา RA0) ส่งไปยังวงจรของโมดูลปุ่มกด ซึ่งจะทำให้ไฟที่ปุ่มกดติด

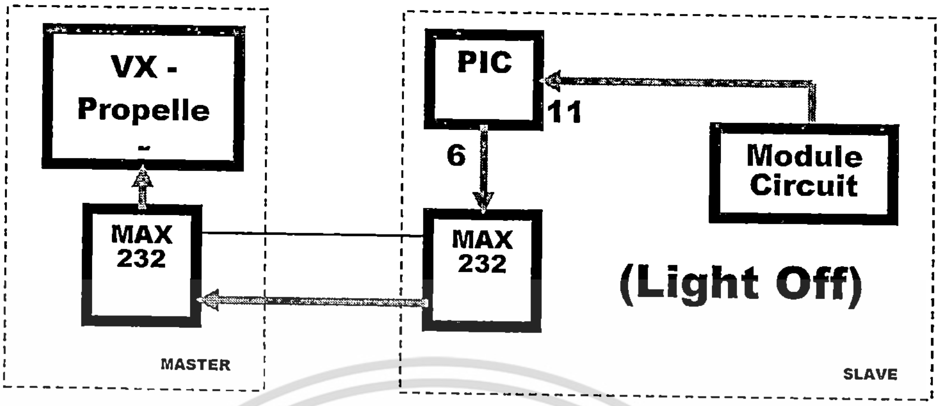


รูปที่ 3.15 หลักการทำงานของระบบ (ต่อ)

- เมื่อมีการกดปุ่มสวิตช์จะทำให้ไฟดับลง พร้อมกับเกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจาก High เป็น Low และส่งสัญญาณนี้ไปเข้าที่ขา 11 ของ PIC คือ ขา INT ซึ่งใช้ในการตรวจจับการเกิดอินเตอร์รัปต์จากภายนอก (INT_EXT)

- เมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์จากภายนอก จะทำให้ PIC หยุดการทำงานของ TIMER0 (หยุดจับเวลา) และส่งค่าโอเวอร์โฟลว์ที่แปลงค่าแล้วออกไปทางขา 6 คือ ขา Tx ที่ใช้ในการส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตอนุกรมของ VX-Propeller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 หลักการทำงานของระบบ (ต่อ)

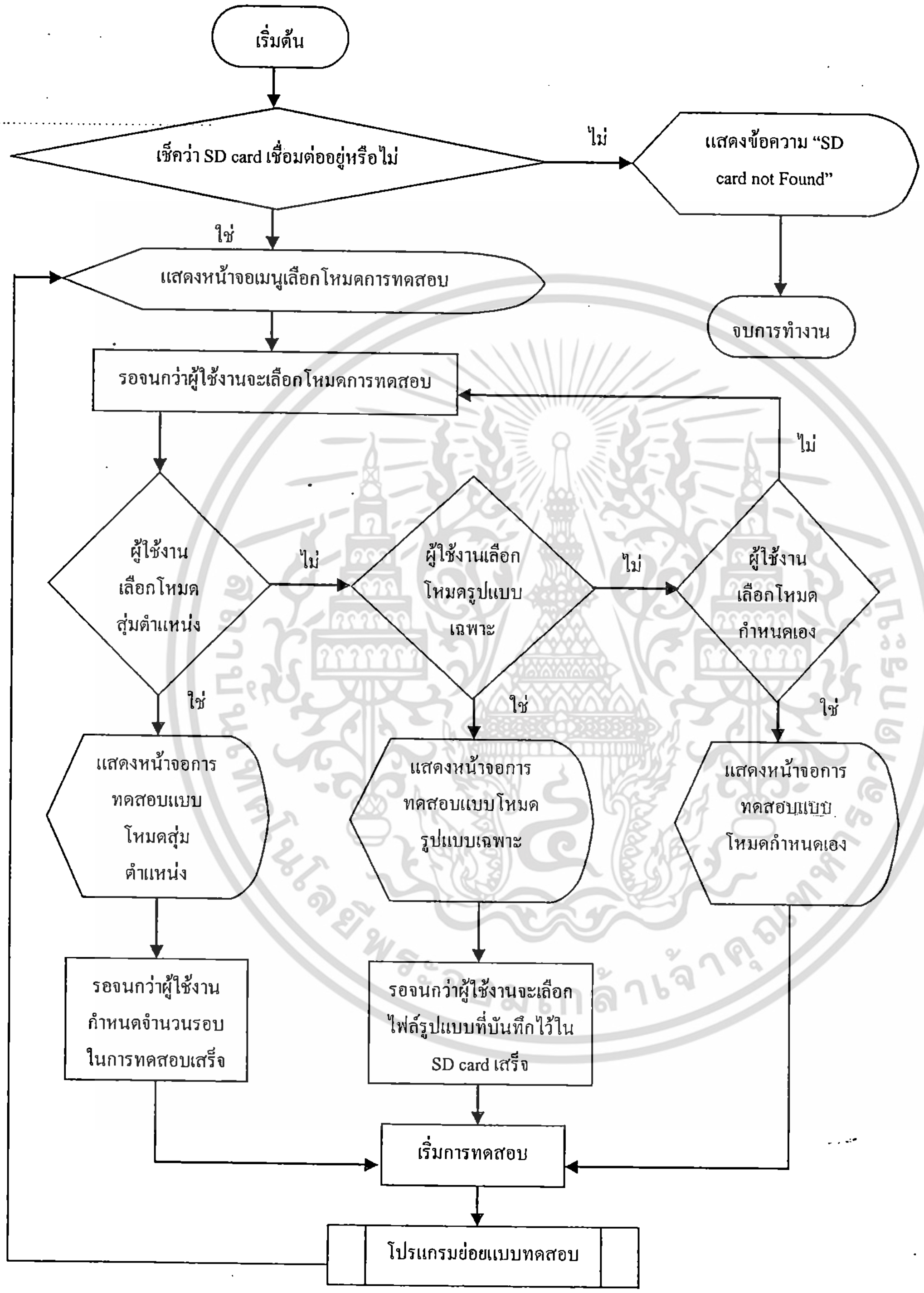
- VX-Propeller จะทำการแปลงค่าที่ได้มาให้เป็นค่าเวลา Reaction time พร้อมบันทึกค่าที่ได้ลงบน SD CARD นั่นคือเสร็จสิ้นการทดสอบ 1 รอบ

- หลังจากนั้น VX-Propeller จะส่งสัญญาณออกไปยังปุ่มกดผ่านทางพอร์ตอนุกรมอีกครั้ง จนกว่าจะครบจำนวนรอบที่กำหนดไว้ เมื่อครบจำนวนรอบที่กำหนดไว้แล้ว การทดสอบจะสิ้นสุดลง VX-Propeller จะทำการแสดงค่า Reaction Time ทั้งหมดออกทางจอภาพ VGA

- ในระหว่างการทดสอบ ผู้ใช้งานสามารถยกเลิกการทดสอบกลางคันได้ โดยหากผู้ใช้งานไม่ทำการกดปุ่มภายในเวลา 5 วินาที ระบบจะถามผู้ใช้งานว่าต้องการทำการทดสอบต่อหรือไม่ หากต้องการให้กดปุ่มพร้อมทำการทดสอบรอบต่อไป แต่ถ้าไม่ต้องการ ระบบจะหยุดการทดสอบ พร้อมทั้งแสดงค่า Reaction Time ออกทางจอภาพ VGA

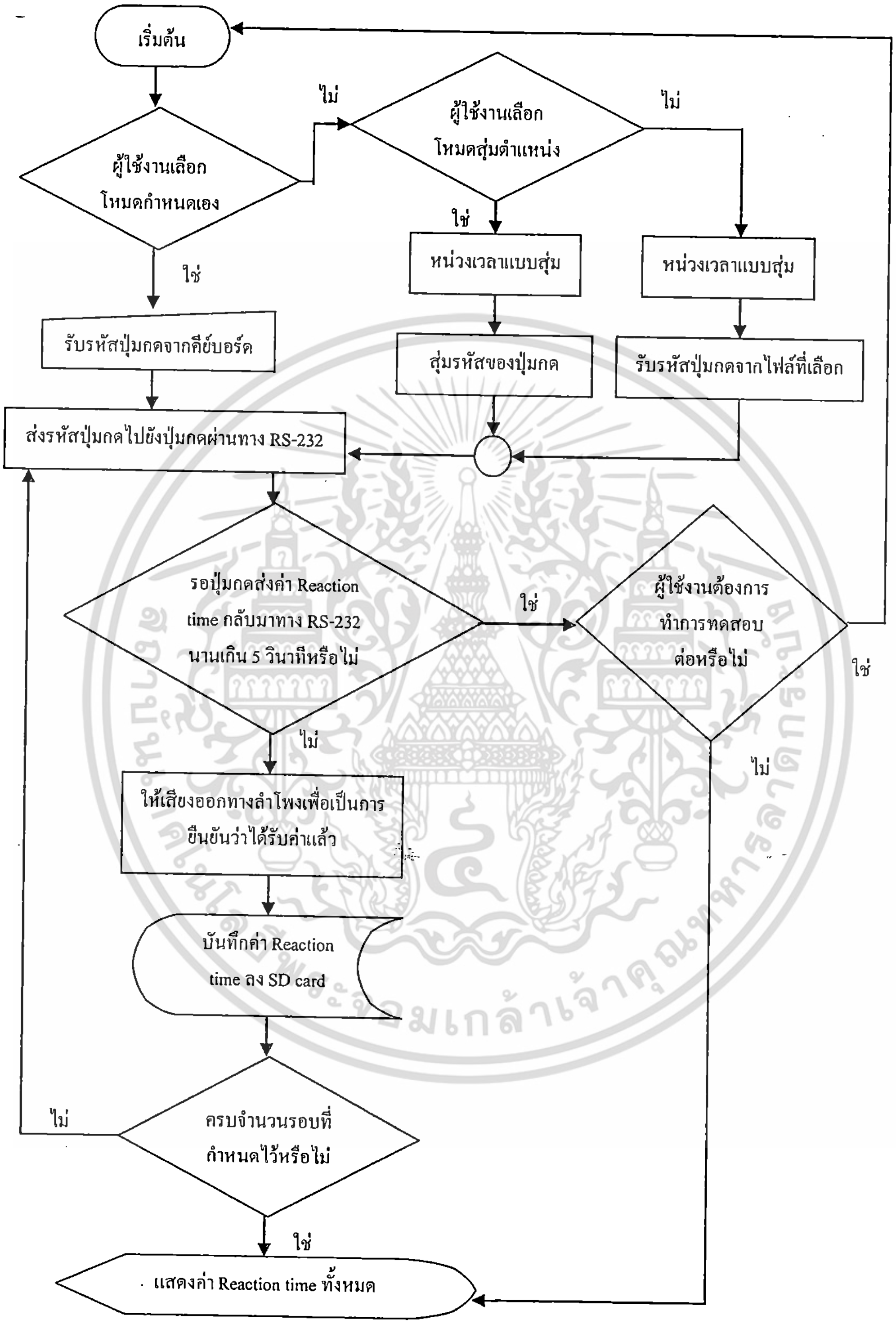
จากหลักการการทำงานข้างต้น สามารถนำมาเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ตของการทำงานได้ดังรูปที่ 3.17 , 3.18 และ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



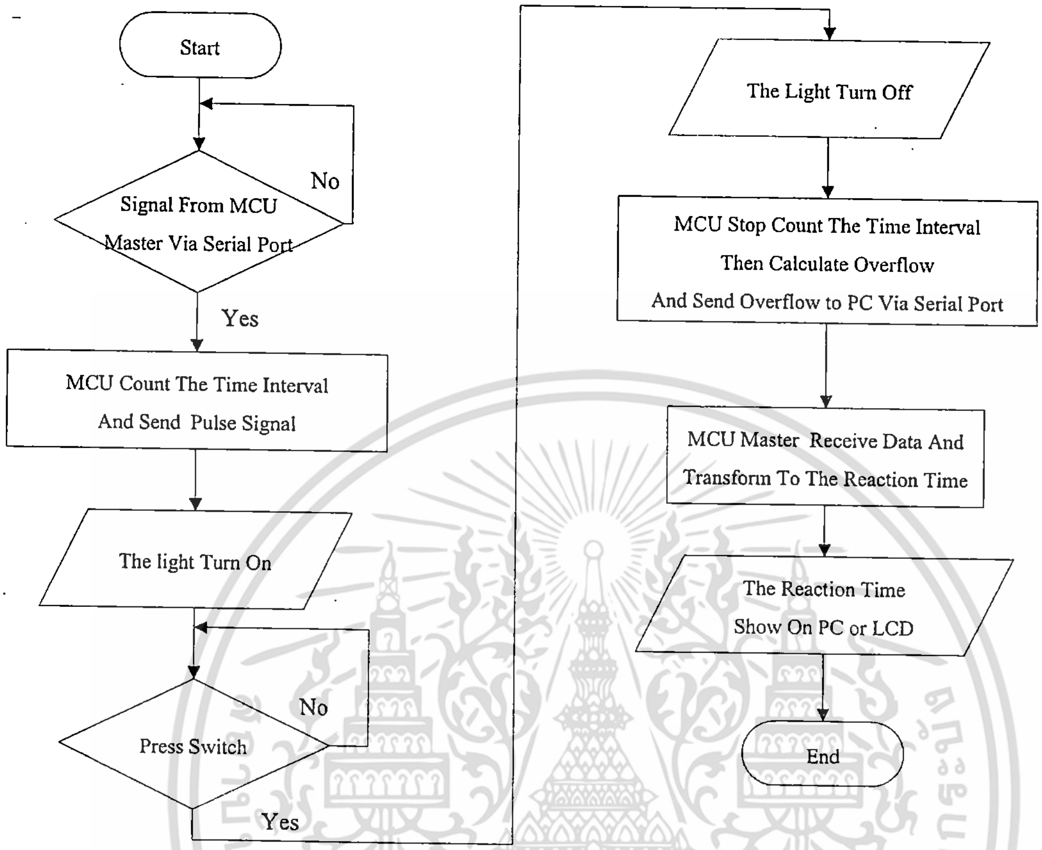
รูปที่ 3.17 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม VX-Propeller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมย่อยแบบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ของโมดูลปุ่มกด (Slave 16F688)

3.3.2 การคำนวณการนับโอเวอร์โฟลว์โดยใช้ TIMER 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

- TIMER0 นับได้สูงสุด 256 ครั้ง (0-255)
- ใช้ปรีสเกลเลอร์ = 1
- ใช้ External Oscillator = 20 MHz

จะได้ คาบเวลาในการนับ 1 ครั้ง $(T) = \frac{1}{\left(\frac{f}{4\times 1}\right)}$

$$T = \frac{1}{\left(\frac{20M}{4\times 1}\right)}$$

$$= 0.2\ \mu s$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นการเกิดโอเวอร์โฟลว์ 1 ครั้ง จะใช้เวลา = 256 × 0.2 μs

= 51.2 μs

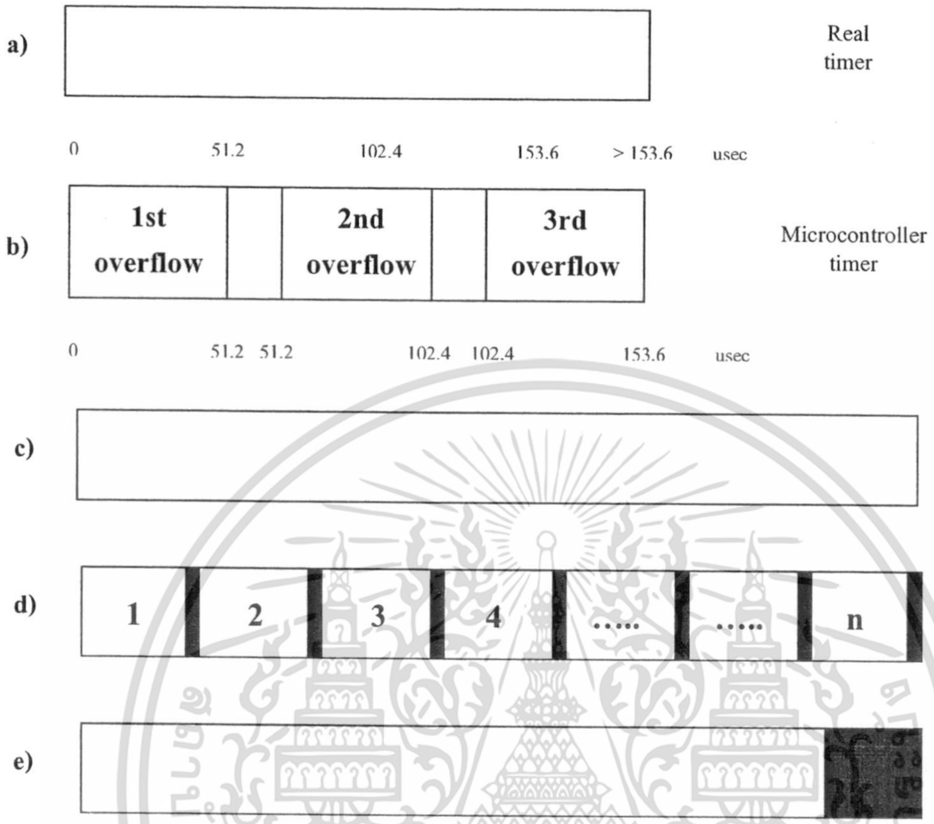
จะได้	เวลา	51.2 μs	เกิดโอเวอร์โฟลว์	1	ครั้ง
เพราะฉะนั้น	เวลา	1 ms	เกิดโอเวอร์โฟลว์	19.5	ครั้ง

ดังนั้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์นับค่าโอเวอร์โฟลว์ได้ทุกๆ 19 ครั้ง ก็จะเพิ่มค่าตัวแปรทีละหนึ่งไปเรื่อยๆ แล้วส่งค่าเวลาที่ได้ออกมาให้กับ VX-Propeller แล้วแสดงผลทางจอภาพ VGA เช่น นับค่าโอเวอร์โฟลว์ได้ 95,000 ครั้ง นำมาหารด้วย 19 จะได้ 95000/19 = 5000

3.3.3 การปรับปรุงแก้ไขความแม่นยำในการจับเวลา

ค่าเวลาที่อ่านได้นั้นยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก สามารถอธิบายสาเหตุได้ดังนี้ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการนับค่าโอเวอร์โฟลว์ได้ครบในแต่ละครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการเสียเวลาส่วนหนึ่งไปกับการเช็คเงื่อนไข การเพิ่มค่าตัวแปร การเซ็ตค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทำให้การจับเวลานั้นไม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือ จะมีการเสียเวลาส่วนหนึ่งไปก่อนที่จะเริ่มนับค่าโอเวอร์โฟลว์ใหม่ ทำให้ค่าเวลาที่อ่านได้นั้น มีค่าน้อยกว่า ค่าเวลาที่จับได้จริง ซึ่งสามารถแสดงการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 3.20 a) และ 3.20 b) เราจึงทำการปรับปรุงแก้ไขโดยการบวกเวลาชดเชยเพิ่มเข้าไปให้กับค่าเวลาที่อ่านได้ ก่อนที่จะส่งค่าเวลาออกไปยัง VX-Propeller ซึ่งจะต้องทราบก่อนว่าค่าเวลาที่สูญเสียไปทั้งหมดนั้นมีค่าเท่าใด จึงจะทราบได้ว่าค่าเวลาชดเชยที่จะนำมาบวกเพิ่มเข้าไปนั้นมีค่าเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดงการอธิบายสาเหตุของความผิดพลาดในการจับเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์ a) – b) แสดงความผิดพลาดในการนับโอเวอร์โฟลว์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ c) – e) แสดงความผิดพลาดทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการจับเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนในรูปที่ 3.20 c) และ 3.20 d) นั้นเป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างค่าเวลาที่จับได้จริงกับค่าเวลาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านได้ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นที่สีขาวในรูปที่ 3.20 d) ทั้งหมดรวมกันนั้นมีค่าน้อยกว่าพื้นที่สีขาว ในรูปที่ 3.20 c)

ขั้นตอนการหาค่าเวลาสูญเสีย

1. เปิดโค้ดโปรแกรมแอสแซมบลีในส่วนของอินเตอร์รัปต์ไทม์เมอร์ 0
2. นับจำนวน instruction cycles ที่ใช้ในการทำคำสั่งแต่ละคำสั่ง (ในที่นี้คือคำสั่งในบรรทัด a) , b) , c) และ d))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#INT_TIMER0                          //Function Interrupt TIMER0
void Timer0_ISR()
{
      if(int_count++>19)                    --------------------------- a)
      {
            ++i;                            --------------------------- b)
            int_count =0;                   --------------------------- c)
      }
      if(i>5000)                            --------------------------- d)
      {
            fprintf(PC,"xxxx");             --------------------------- e)
            disable_interrupts(INT_TIMER0); --------------------------- f)
            n = 1;                          --------------------------- g)
      }
}
```

อธิบายการทำงานของโปรแกรมได้ดังนี้ (เฉพาะส่วนของอินเตอร์รัปต์ไทม์เมอร์ 0)

- int_count คือตัวแปรที่ใช้ในการนับโอเวอร์โฟลว์ โดยเริ่มต้นกำหนดให้ int_count = 0 (เมื่อ int_count มีค่าเกิน 19 หรือนับโอเวอร์โฟลว์ได้ 19 ครั้ง จะได้เวลา 1 ms)
- i คือตัวแปรที่ใช้ในการนับเวลา (ms) กล่าวคือตัวแปร i จะเพิ่มขึ้น 1 ทุกๆ เวลา 1 ms โดยเริ่มต้นจะกำหนดให้ i = 0
- ใช้ External Oscillator = 20 MHz ดังนั้นจะได้ 1 instruction cycle = $\frac{1}{\left(\frac{20M}{4\times 1}\right)}$ = 200 ns
- คำสั่งในบรรทัด a) ใช้เวลาในการทำคำสั่ง 6 instruction cycles = 6 x 200 = 1200 ns
- คำสั่งในบรรทัด b) ใช้เวลาในการทำคำสั่ง 3 instruction cycles = 3 x 200 = 600 ns
- คำสั่งในบรรทัด c) ใช้เวลาในการทำคำสั่ง 1 instruction cycle = 1 x 200 = 200 ns
- คำสั่งในบรรทัด d) ใช้เวลาในการทำคำสั่ง 14 instruction cycles = 14 x 200 = 2800 ns
- เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์นับโอเวอร์โฟลว์ครบในแต่ละครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกอินเตอร์รัปต์โดยไทม์เมอร์ 0 โปรแกรมจะข้ามกระโดดเข้ามาทำงานในส่วนของ #INT_TIMER0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อ int_count มีค่าไม่เกิน 19 (ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังนับโอเวอร์โฟลว์ไม่ครบ 19 ครั้งหรือยังไม่ครบ 1 ms) โปรแกรมจะทำคำสั่งเฉพาะบรรทัด a) และ บรรทัด d) เท่านั้น ซึ่งจะสูญเสียเวลาไปกับการทำคำสั่งทั้งหมด = 1200 + 2800 = 4000 ns
- เมื่อ int_count มีค่าเกิน 19 (ไมโครคอนโทรลเลอร์นับโอเวอร์โฟลว์ครบ 19 ครั้งหรือครบเวลา 1 ms) โปรแกรมจะทำคำสั่งตั้งแต่บรรทัด a) , b) , c) จนถึงบรรทัด d) ซึ่งจะสูญเสียเวลาไปกับการทำคำสั่งทั้งหมด = 1200 + 600 + 200 + 2800 = 4800 ns
- ดังนั้นในเวลา 1 ms ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสูญเสียเวลาไปกับการทำคำสั่งต่างๆทั้งหมด = (4000 x 18) + 4800 = 76800 ns = 0.0768 ms
- กล่าวคือ หากค่าเวลาที่จับได้จริงคือ 1 ms แล้ว ค่าเวลาที่อ่านได้ จะมีค่าเท่ากับ = 1 − 0.0768 = 0.9232 ms ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเวลาที่อ่านได้นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าเวลาที่จับได้จริง
- ในทางกลับกัน หากค่าเวลาที่อ่านได้นั้นเป็น 0.9232 ms ค่าเวลาที่จับได้จริงจะมีค่าเท่ากับ = 0.9232 + 0.0768 = 1 ms นั่นเอง
- สามารถเขียนเป็นสูตรคำนวณได้ดังนี้

$$W = (0.0768\, i) + i$$
$$= 1.0768\, i$$

โดยที่ i คือ ค่าเวลาที่อ่านได้ก่อนทำการปรับปรุง (ms)

W คือ ค่าเวลาที่อ่านได้หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว ซึ่งมีค่าใกล้เคียง หรือมีค่าเท่ากับค่าเวลาที่จับได้จริง (ms)

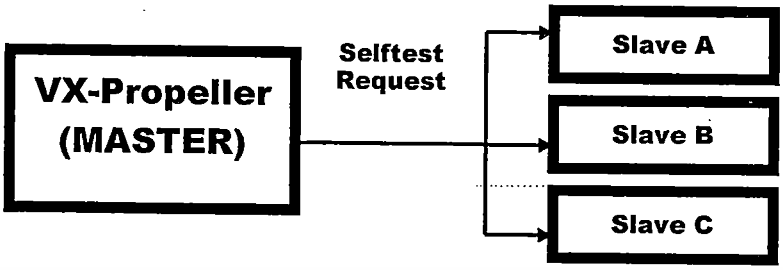
ดังนั้นเมื่อการจับเวลาสิ้นสุดลง ค่า i ที่ได้ จะต้องถูกนำมาคำนวณอีกครั้งหนึ่ง โดยการใช้สูตรคำนวณข้างต้น เพื่อให้ได้ค่า W ซึ่งเป็นค่าเวลาใหม่ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ก่อนที่จะส่งค่าเวลาใหม่นี้ออกไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ VX-Propeller พร้อมแสดงค่าเวลาออกทางจอภาพ VGA

3.3.4 หลักการทำงานของระบบการตรวจสอบตนเอง

สามารถอธิบายหลักการทำงานได้ดังนี้

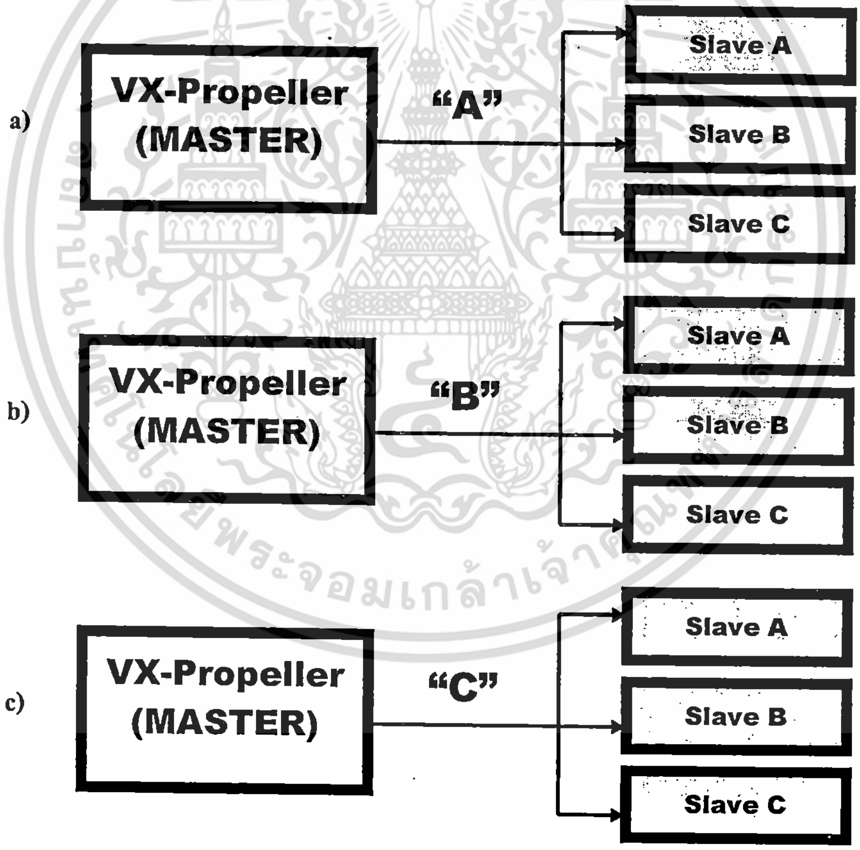
- เริ่มแรก VX-Propeller จะส่งสัญญาณร้องขอไปยังปุ่มกดทุกปุ่ม เพื่อให้ปุ่มกดทุกปุ่มนั้นเตรียมความพร้อมสำหรับการตรวจสอบตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 หลักการทำงานของระบบตรวจสอบตนเอง

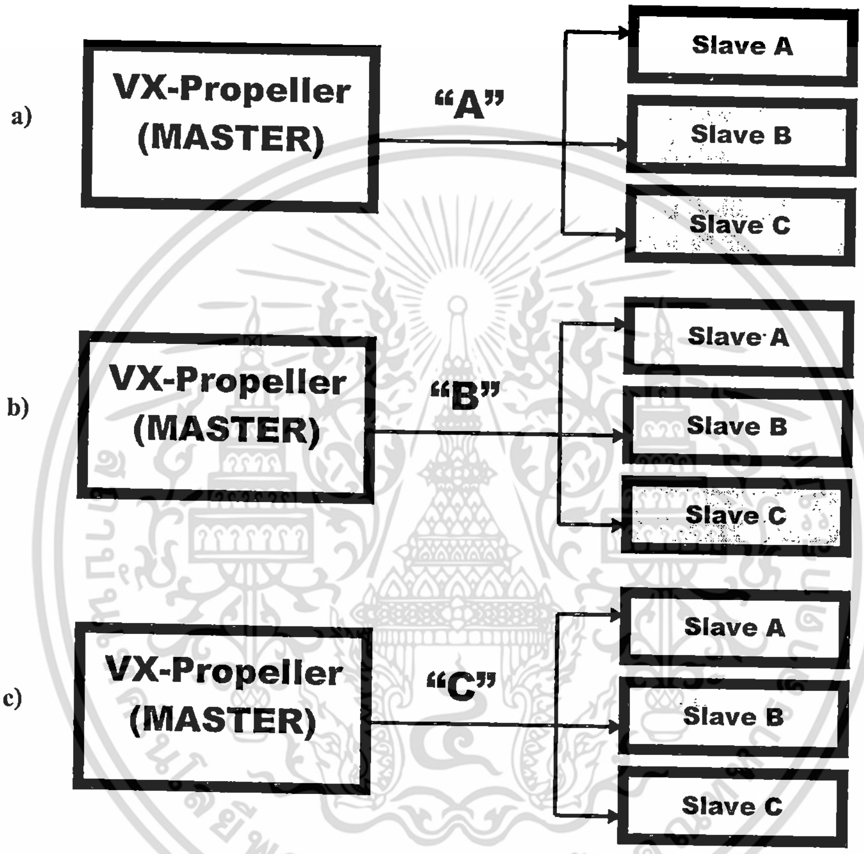
- หลังจากนั้น VX-Propeller จะส่งสัญญาณไปยังปุ่มกด เพื่อให้ไฟติดทีละปุ่ม โดยเริ่มจากปุ่มกด Slave A , Slave B , Slave C ตามลำดับ ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 หลักการทำงานของระบบตรวจสอบตนเอง (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

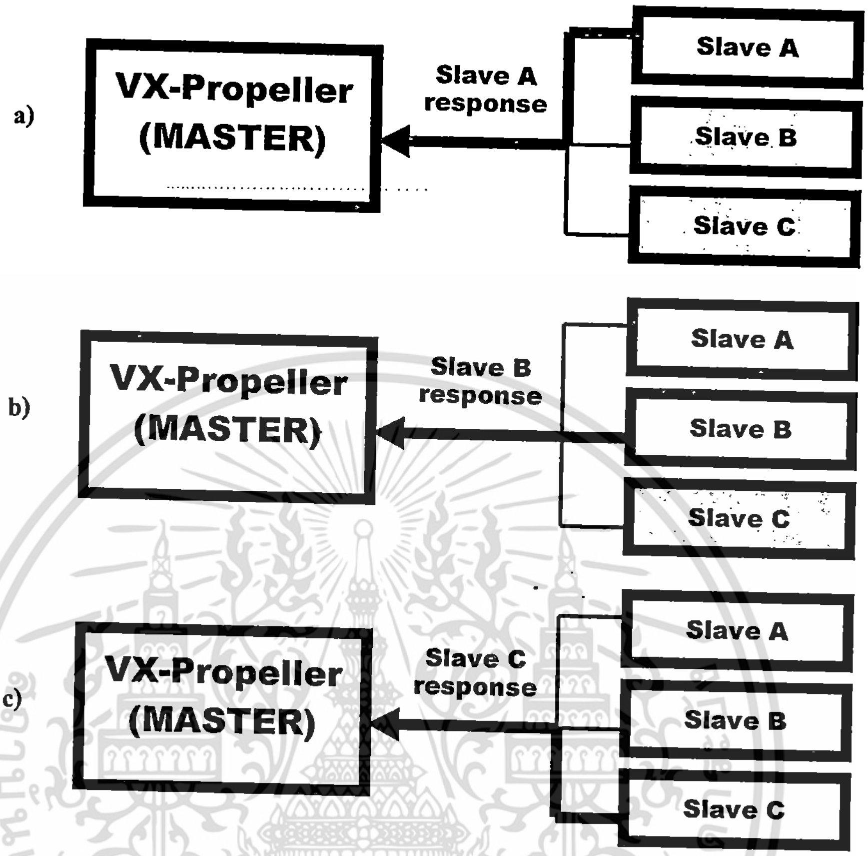
- หลังจากนั้น VX-Propeller จะส่งสัญญาณไปยังปุ่มกดอีกครั้ง เพื่อให้ไฟดับทีละปุ่ม โดยเริ่มจากปุ่มกด Slave A , Slave B , Slave C ตามลำดับ ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.23 เมื่อไฟบนปุ่มกดทุกปุ่มได้ดับลง ระบบจะแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบว่าการตรวจสอบตนเองนั้นได้สิ้นสุดลงแล้ว



รูปที่ 3.23 หลักการทำงานของระบบตรวจสอบตนเอง (ต่อ)

- เมื่อปุ่มกดปุ่มใดไฟดับแล้ว ปุ่มกดจะส่งสัญญาณตอบกลับไปยัง VX-Propeller เพื่อให้ทราบว่าปุ่มกดนั้นยังสามารถทำงานได้ตามปกติ ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 หลักการทำงานของระบบตรวจสอบตนเอง (ต่อ)

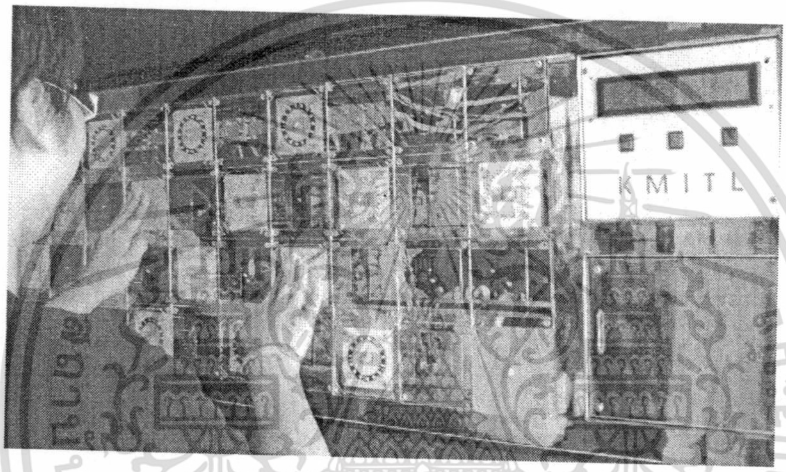
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะนำเสนอผลที่ได้จากการสร้างอุปกรณ์ที่ออกแบบตามแนวคิดที่ได้นำเสนอในบทที่ 3 และการทดลองและผลการทดลอง ในการทดสอบการทำงานที่สำคัญบางจุด

4.1 ระบบวัดเวลาตอบสนองแสดงผลด้วย LCD



รูปที่ 4.1 ระบบวัดเวลาตอบสนองตากับมือต้นแบบ

ระบบต้นแบบเดิม เป็นระบบติดผนัง ออกแบบให้มีโมดูลเรียงติดกันได้ 40 ชุด แต่ใส่ไว้เพียง 20 ชุด เพื่อการทดสอบเบื้องต้น การแสดงผลเป็น จอLED ขนาด 3x15 ซ.ม.แสดงผลเป็นตัวอักษร ห้าแถวเก็บผลใน SD การ์ด การทดสอบการวัดเวลาใช้เปรียบเทียบกับ ออสซิโลสโคป Tektronix™ TDS 3000 Series ได้ผลแสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

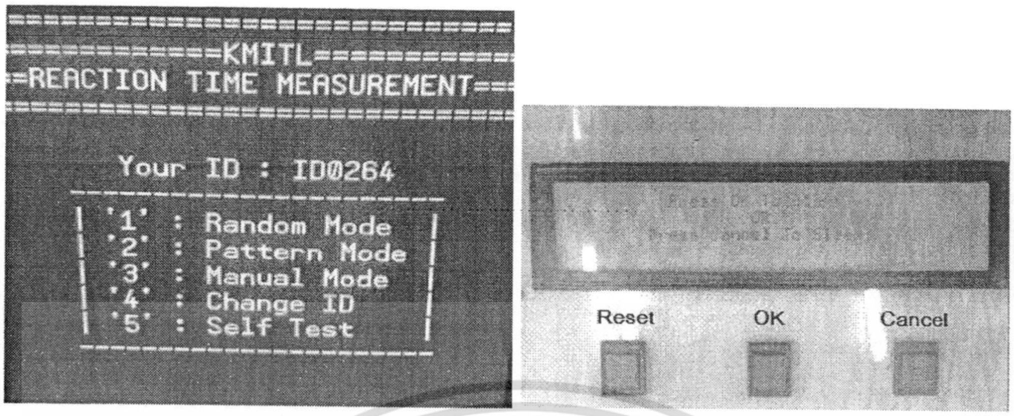
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการจับเวลา

ค่าเวลาที่อ่านได้จากความกว้างของสัญญาณ Pulse จาก Oscilloscope (เวลาที่จับได้จริง) (ms)	**ค่าเวลาที่อ่านได้จากจอภาพ VGA (เวลาที่อ่านได้) (ms)**	**เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)**
130	120	7.692
404	375	7.178
791	734	7.206
972	903	7.099
1042	967	7.198
1289	1197	7.137
1818	1690	7.041
2093	1946	7.023
2346	2180	7.076
3070	2853	7.068
3512	3265	7.033
4244	3947	6.998
4755	4420	7.045

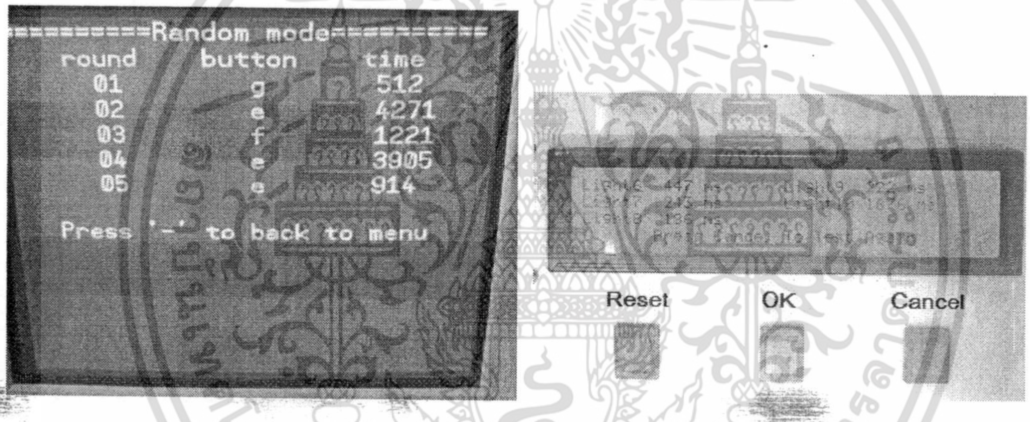
4.2 การปรับปรุงแสดงผลโดยใช้จอภาพ VGA แทนจอ LCD

การใช้จอภาพ VGA แทนจอแสดงผล LCD มีจุดประสงค์เพื่อให้สะดวกต่อการมองเห็นของผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถสร้างเมนูการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบจอภาพ VGA (ซ้าย) และจอ LCD (ขวา)

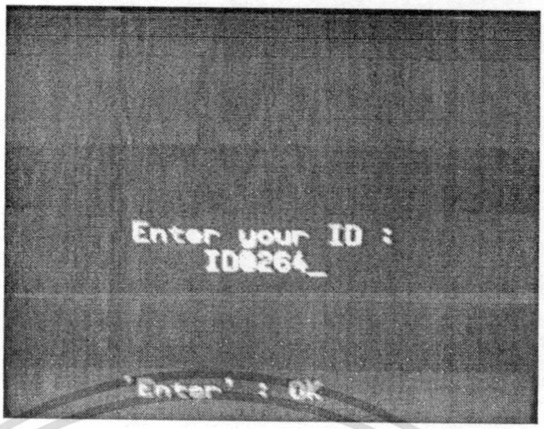


รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบการแสดงผลการทดสอบโดยใช้จอภาพ VGA (ซ้าย) และจอ LCD (ขวา)

4.3 การบันทึกข้อมูลลง SD CARD

เนื่องด้วยระบบที่พัฒนาใหม่นี้ ได้ยกเลิกการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ภายนอกออกไป การเก็บบันทึกข้อมูลจึงจำเป็นที่จะต้องใช้ SD CARD แทน ซึ่ง VX-Propeller ได้มีอุปกรณ์ที่รองรับการเชื่อมต่อกับ SD CARD ไว้เรียบร้อยแล้ว การเก็บข้อมูลนั้น ได้เก็บไว้ในโฟลเดอร์ที่ชื่อว่า RECORD โดยรูปแบบไฟล์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลเป็นสกุลไฟล์ .csv ซึ่งเป็นสกุลไฟล์ที่ใช้งานกับ Microsoft Excel ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆต่อไปได้ โดยได้กำหนดให้ไฟล์ดังกล่าวมีชื่อไฟล์เป็น REC_xxxx.CSV (xxxx คือตัวเลขตั้งแต่ 0001 ถึง 9999) การบันทึกข้อมูลนั้นจะบันทึกทั้งข้อมูลที่เป็นค่าเวลา Reaction time รวมไปถึงรหัสประจำตัวของผู้ทำการทดสอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



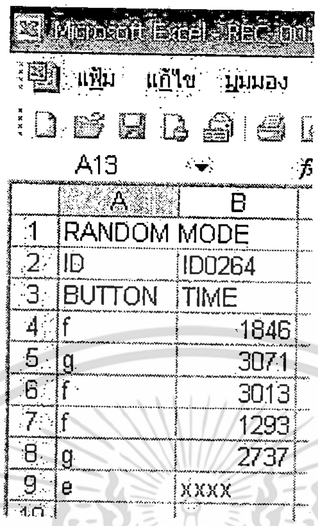
รูปที่ 4.4 การป้อนรหัสประจำตัวของผู้ทำการทดสอบ

รูปที่ 4.5 แสดงโฟลเดอร์ RECORD

รูปที่ 4.6 โฟลเดอร์ย่อยที่ถูกสร้างขึ้นภายในโฟลเดอร์ RECORD

รูปที่ 4.7 ไฟล์ข้อมูลผลการทดสอบต่างๆ ที่ถูกบันทึกไว้ในโฟลเดอร์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 รูปแบบการบันทึกข้อมูลของไฟล์ REC_xxxx.CSV

จากรูปที่ 4.6 ได้แสดงโฟลเดอร์ย่อยต่างๆภายในโฟลเดอร์ RECORD ชื่อของโฟลเดอร์ย่อยแต่ละโฟลเดอร์เป็นรหัสประจำตัวของผู้ทำการทดสอบแต่ละคนนั่นเอง ระบบจะทำการสร้างโฟลเดอร์ย่อยให้โดยอัตโนมัติ ผู้ใช้งานไม่ต้องเสียเวลาสร้างเอง

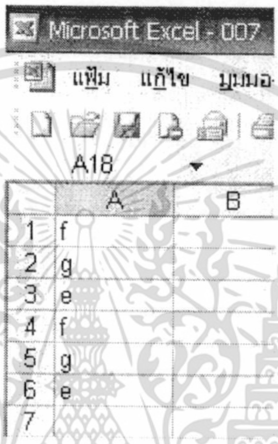
4.4 การสร้างไฟล์รูปแบบ สำหรับการทดสอบโหมดรูปแบบเฉพาะ (Pattern mode)

โหมดรูปแบบเฉพาะได้ถูกออกแบบใหม่ โดยให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างไฟล์รูปแบบการทดสอบในรูปแบบไฟล์ .csv ได้ โดยตั้งชื่อไฟล์เป็น xxx.CSV (xxx คือ ตัวเลขตั้งแต่ 001 ถึง 999) บันทึกไฟล์นี้ลงโฟลเดอร์ PATTERN เมื่อต้องการใช้งาน ระบบจะให้ผู้ใช้งานกรอกชื่อไฟล์ลงไป ดังรูปที่ 4.11 ระบบจะทำการตรวจสอบไฟล์ว่ามีชื่อไฟล์ดังกล่าวอยู่ในโฟลเดอร์ PATTERN หรือไม่ หากพบระบบจะแจ้งว่า file found แต่ถ้าหากไม่พบชื่อไฟล์ดังกล่าว ระบบจะแจ้งว่า file not found ดังรูปที่ 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ

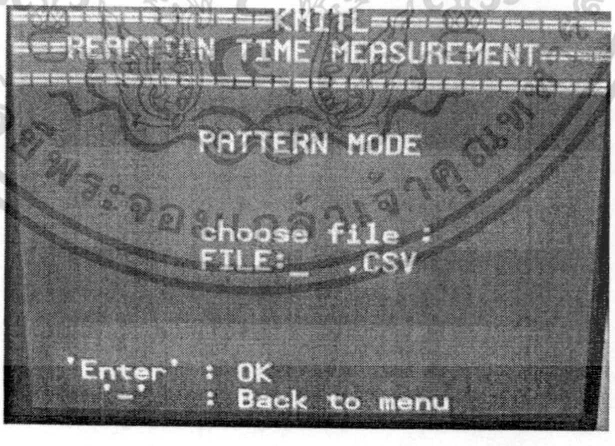
รูปที่ 4.9 แสดงโฟลเดอร์ PATTERN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 ไฟล์รูปแบบที่สร้างขึ้นในโฟลเดอร์ PATTERN

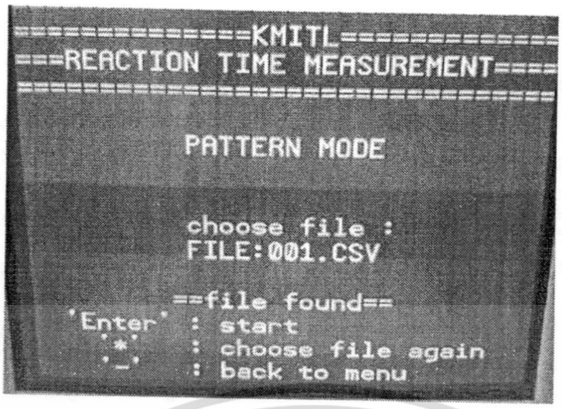


รูปที่ 4.11 วิธีการสร้างไฟล์รูปแบบ

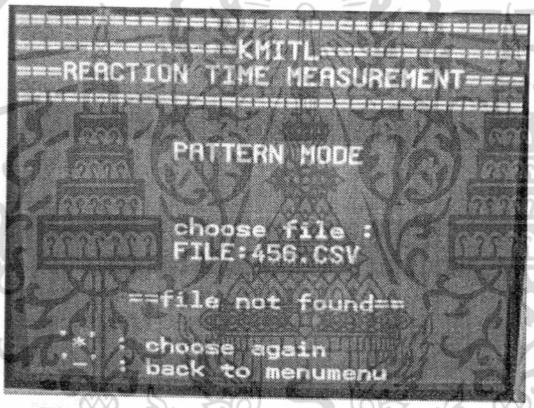


รูปที่ 4.12 การใช้งานไฟล์รูปแบบ

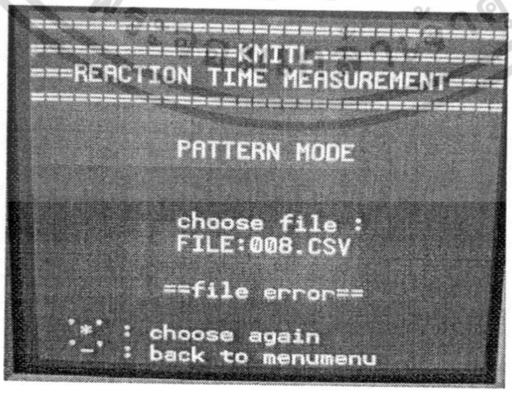
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 การแสดงผลของระบบเมื่อพบไฟล์รูปแบบที่ต้องการ



รูปที่ 4.14 การแสดงผลของระบบเมื่อไม่พบไฟล์รูปแบบที่ต้องการ



รูปที่ 4.15 การแสดงผลเมื่อไฟล์รูปแบบที่ตรวจพบมีข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 แสดงการสร้างไฟล์รูปแบบที่ถูกต้อง หากผิดเงื่อนไขจากที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อนำไปใช้กับระบบ ระบบจะฟ้องว่า file error ขึ้นมาทันที ดังแสดงได้ดังรูปที่ 4.15วิธีการและเงื่อนไขในการสร้างไฟล์รูปแบบนั้นจะกล่าวถึงในภาคผนวก

4.5 การแก้ไขปรับปรุงความแม่นยำในการจับเวลา

ระบบวัดเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองเป็นระบบที่ต้องการความแม่นยำในการจับเวลาเป็นอย่างมาก การลดความผิดพลาดในการจับเวลานั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งพบว่า ความผิดพลาดในการจับเวลานั้นมีสาเหตุมาจากการทำงานของโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ที่อยู่บนโมดูลปุ่มกด ซึ่งได้ถูกกล่าวไปแล้วในข้างต้น การตรวจสอบความแม่นยำในการจับเวลาภายหลังการปรับปรุงแก้ไข สามารถทำได้ดังนี้

1.เลือกขาใดขาหนึ่งของ PIC16F688 ที่ยังไม่ได้ถูกใช้งาน เพื่อใช้สำหรับเป็นขาในการทดสอบ

2.เมื่อเริ่มทำการจับเวลา ให้เซ็ตลอจิกเป็นลอจิก 1 (5V) ที่ขาทดสอบ ของ PIC (ทำได้โดยวิธีการเขียนโปรแกรม)

3.เมื่อหยุดจับเวลา ให้เซ็ตลอจิกเป็นลอจิก 0 (0V) ที่ขาทดสอบ ของ PIC (ทำได้โดยวิธีการเขียนโปรแกรม)

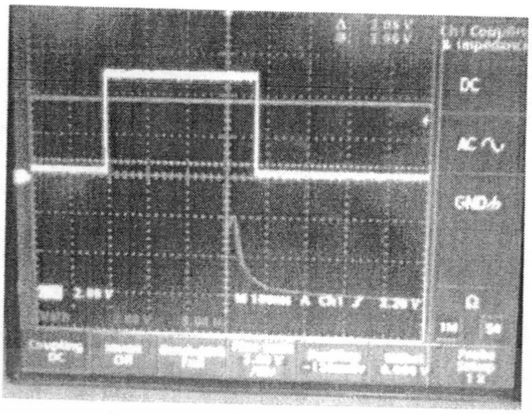
4.ทำการทดสอบระบบโดยใช้งานโหมดการทดสอบ Manual Mode

5.วัดสัญญาณที่ขาทดสอบ ของ PIC โดยการใช้ออสซิลโลสโคป จะได้สัญญาณ Pulse ออกมาหนึ่งลูก ค่าเวลาที่จับได้จริงจะมีค่าเท่ากับค่าความกว้างของสัญญาณ Pulse ดังแสดงได้ดังรูปที่ 4.16

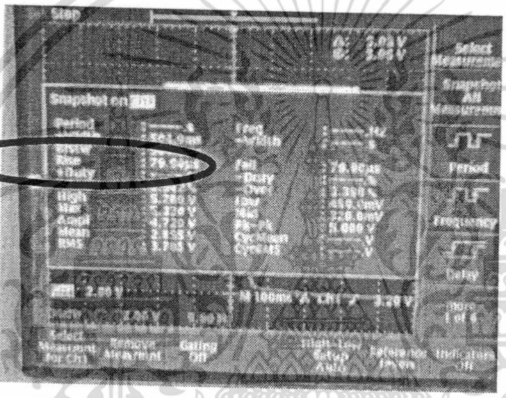
6.อ่านค่าความกว้างของสัญญาณที่ได้โดยการกดปุ่ม Measure -> Snapshot All Measurement โดยสามารถอ่านค่าได้จากค่า +Width ที่แสดงออกทางจอภาพออสซิลโลสโคป ดังแสดงได้ดังรูปที่ 4.17 เปรียบเทียบกับค่าเวลาที่แสดงออกทางจอภาพ VGA บันทึกผล

รูปที่ 4.18 และ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบการตรวจสอบความแม่นยำในการจับเวลาก่อนการปรับปรุงและภายหลังการปรับปรุงตามลำดับ จะเห็นได้ว่าก่อนทำการปรับปรุง ค่าเวลาที่แสดงออกทางจอภาพ VGA มีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าเวลาที่จับได้จริง อยู่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 จอภาพออสซิลโลสโคปแสดงรูปสัญญาณ Pulse ที่วัดได้ที่ขาทดสอบของ PIC



รูปที่ 4.17 แสดงการวัดค่าความกว้างของสัญญาณ Pulse

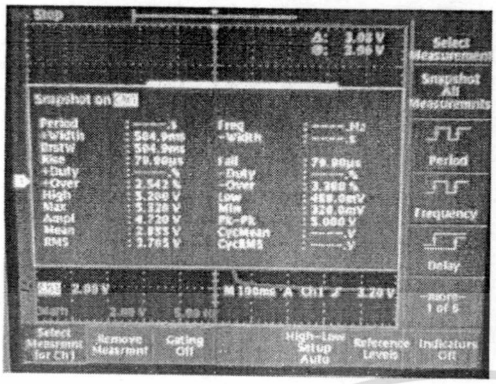
a) b)

รูปที่ 4.18 การทดสอบความแม่นยำในการจับเวลาก่อนทำการปรับปรุง

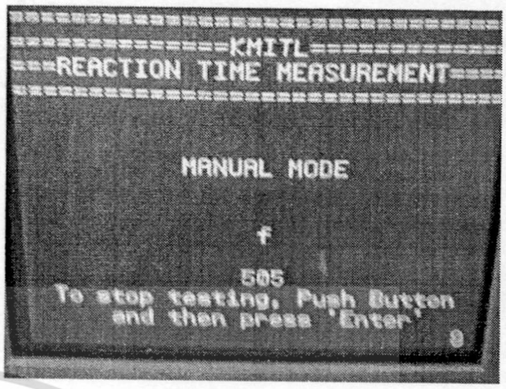
a) แสดงค่าเวลาที่จับได้จริงโดยการอ่านค่าความกว้างของสัญญาณ

b) แสดงค่าเวลาที่แสดงออกทางจอภาพ VGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a)



b)

รูปที่ 4.19 การทดสอบความแม่นยำในการจับเวลาภายหลังการปรับปรุง
a) แสดงค่าเวลาที่จับได้จริงโดยการอ่านค่าความกว้างของสัญญาณ
b) แสดงค่าเวลาที่แสดงออกทางจอภาพ VGA

4.6 การพัฒนาเป็นระบบวัดการตอบสนองตากับศีรษะ

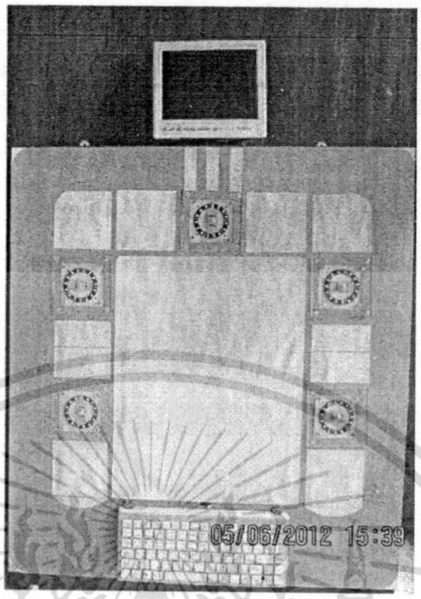
เพื่อให้ระบบที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้มากขึ้น ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ระบบสามารถใช้งานได้นอกเหนือจากการวัดเวลาตอบสนองตากับมือตามวัตถุประสงค์เดิม โดยการเพิ่มดหมดในการทดสอบการตอบสนองระหว่างตากับศีรษะ เพื่อใช้ในการฝึกสอนในกีฬาประเภทการต่อสู้เช่นกีฬามวย และอื่นกีฬาที่ใช้เป้าหมายเป็นศีรษะ ในโหมดนี้ ระบบจะมีสองส่วนคือ บอร์ดไฟ-สวิทช์ สำหรับการวัดเวลาตอบสนองตากับมือ และส่วนตรวจจับการเคลื่อนไหวของศีรษะ เพื่อตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยแสงไฟตามจังหวะที่โปรแกรมไว้ ในกรณีมวยสากล ส่วนตรวจจับจะติดไว้ที่หมวกกันกระแทก (head guard) แสงไฟที่บอร์ดไฟ-สวิทช์ สว่างจะกระตุ้น ให้ผู้รับการทดสอบ โยกศีรษะหลบในทิศทางที่ถูกต้อง เวลาในการตอบสนองจะถูกบันทึกไว้ใน หน่วยความจำ ในรูปที่ 14.20 แสดงระบบที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ นอกจากนี้ยังได้สร้างต้นแบบเซ็นเซอร์ ติดตั้งบนหมวกป้องกันการกระแทกสำหรับกีฬาต่อสู้ ดังแสดงในรูปที่ 14.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

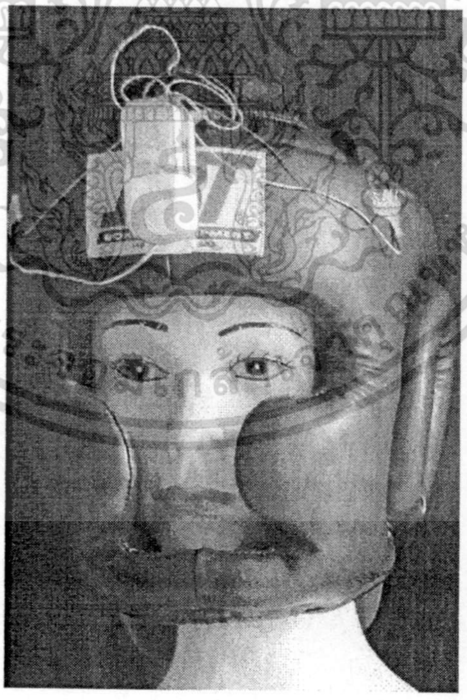
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบผลการทดสอบการจับเวลาการปรับปรุงแก้ไข ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการจับเวลานั้นลดลง

ค่าเวลาที่อ่านได้จากความกว้างของสัญญาณ Pulse จาก Oscilloscope (ms)	**ค่าเวลาที่อ่านได้จากจอภาพ VGA (ms)**	**เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)**
401	400	0.249
569	568	0.176
617	615	0.324
704	703	0.142
801	800	0.125
912	912	0
1212	1212	0
1430	1429	0.070
1632	1632	0
2306	2308	0.087
2718	2721	0.110
2972	2975	0.101
3291	3293	0.061
3740	3744	0.107
4410	4414	0.091
4700	4704	0.085

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ระบบวัดเวลาตอบสนองตากับมือที่พัฒนาขึ้นใหม่



รูปที่ 4.21 ต้นแบบเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับการโยกศีรษะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

การวัดเวลาการตอบสนอง เป็นกระบวนการสำคัญอย่างหนึ่งในการตรวจสอบสมรรถภาพของนักกีฬาเนื่องจาก เป็นปัจจัยสำคัญในการนำชัยชนะมาสู่การแข่งขันในกีฬาเกือบทุกประเภท ระบบการวัดเวลาในการตอบสนองที่นำเสนอในรายงานฉบับนี้ เน้นไปที่การตอบสนองระหว่างตากับมือ ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับกีฬาประเภทใช้มือแขน ประสานกับตา เช่น เทนนิส แบดมินตัน มวย และผู้รักษาประตูในกีฬาฟุตบอล เป็นต้น ระบบวัดการตอบสนองที่นำเสนอนี้ ใช้แสงจาก LEDs ในการกระตุ้นให้นักกีฬาตอบสนองและจะต้องตอบสนองโดยการกดปุ่มที่โมดูลปุ่มกด กล่าวคือ รับรู้สิ่งกระตุ้นทางสายตา และตอบสนองผ่านทางมือในรายงานฉบับนี้ ได้นำเสนอการแนวคิดในการออกแบบระบบวัดเวลาในการตอบสนองตากับมือเพื่อใช้ในการกีฬา ระบบที่ได้ออกแบบขึ้นมีหลักการดังนี้ ใช้แสงจาก LED เป็นตัวกระตุ้น ผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องเอื้อมมือไปดับไฟที่สวิทช์ติดตั้งไว้กับ LED เป็นโมดูลเดียวกัน เรียกว่าโมดูลไฟ-สวิทช์ เมื่อแสงจาก LED ดับจะถือว่าเป็นการตอบสนองอย่างสมบูรณ์ เวลาที่วัดโดยไมโครคอนโทลเลอร์ในโมดูลไฟ-สวิทช์จะคำนวณเวลาตอบสนองตั้งแต่ไฟติดสว่างจนกระทั่งไฟดับเป็นเวลาตอบสนองระหว่างตากับมือของผู้เข้ารับการทดสอบ ระบบที่ออกแบบไว้แต่แรกเป็นระบบติดตั้งบนผนังสามารถลดเพิ่มโมดูลไฟ-สวิทช์ ขนาด 8x8 ซ.ม.ได้มากที่สุด 40 ชุด แสดงผลบนจอ LED แบบอักษรสองบรรทัดเก็บข้อมูลใน หน่วยความจำแบบ SD การ์ด และสามารถอินเตอร์เฟสควบคุมจากไมโครคอมพิวเตอร์ภายนอกได้

ระบบที่ได้พัฒนาต่อมาได้เปลี่ยน การแสดงผลเป็นจอ VGA เพื่อให้การอ่านผลทำได้ง่ายเข้า และได้ทำการปรับปรุงซอฟต์แวร์ให้คำนวณได้ถูกต้องมากขึ้น รูปแบบการใช้งานสามารถนำมาใช้งานได้หลากหลายมากขึ้นอีกเช่น นำมาใช้ในการฝึกการตอบสนองตากับศีรษะของนักกีฬาการต่อสู้เช่นกีฬามวยเป็นต้น โดยเพิ่มเซ็นเซอร์ในการตรวจสอบการโยกศีรษะเพิ่มเข้าไป ได้นำเสนอผลการทดสอบทางเทคนิคในห้องปฏิบัติการ ไว้ในรายงานด้วยแล้ว

1.2 วิจารณ์

การทดสอบในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่า ระบบทำงานได้ตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ อย่างไรก็ดีจนถึงวันที่รายงานผลนี้ยังไม่ได้ นำระบบไปทดสอบภาคสนาม ซึ่งจะได้นำเสนอต่อหน่วยงานต่างซึ่งเกี่ยวข้องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

1. วิรุฬน์ แพทย์สุวรรณ วีรศักดิ์ กำมหยี กิติพลชิตสกุล และ สุรเดช ตรีไตลักษรณะต้นแบบระบบวัดเวลาตอบสนองตากับมือ การประชุมวิชาการประจำปี การกีฬาแห่งประเทศไทย เขต 2 ชลบุรี 2554

2. Chris Palmer, Shao-Ying Cheng, and Eyal Seidemann, Linking Neuronal and Behavioral Performance in a Reaction-Time Visual Detection Task , J. Neuroscience, 27(30), pp 8122-8137, 2007.

3. U. Kanjanapatranun, LOCALIZATION OF ADAPTATION SITES IN THE FASTER REACTION NEURONAL CIRCUITS OF SOME ATHLETES, Master Thesis, Graduate School, Mahidol University. Bangkok (Thailand), 2541.

4. Z. Radoslaw and D. Nowak, Simple and complex reaction time measurement , Computers in Biology and Medicine, 12(37), pp 1724-1730, 2007.

5. Catena RD, van Donkelaar P, Halterman CI, Can A Clinical Test Of Reaction Time Predict A Functional Head-Protective Response?, 2nd International Conference on Concussion in Sport, Prague 2004.

6. Kim, Eckner, Richardson and Ashton-Miller, A Novel Portable Visuomotor Manual Reaction Time Test , ASB Annual Meeting, State College, PA, 2009.

7. J. Eichstaedt, An Inaccurate-timing Filter for Reaction Time Measurement by JAVA Applet Implementing Internet-Based Experiments, Behavior Research Method, Instruments and Computers, 33(2) pp 179-186, 2001.

8. คู่มือการทดสอบสมรรถภาพทางกายประชาชนไทย กองวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย กรุงเทพ 2545

9. www.raykellyfitness.com/Home/tabid/39/Default.aspx

10. www.pacificu.edu/optometry/ce/courses/15876/sportsvisionpg2.cfm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ผลงานวิจัยที่เผยแพร่ในการประชุมวิชาการประจำปี 2554
การกีฬาแห่งประเทศไทย บางแสน จ.ชลบุรี

ต้นแบบระบบวัดเวลาตอบสนองตากับมือ
A PROTOTYPE OF REACTION TIME ASSESSMENT SYSTEM FOR EYE-HAND COORDINATION

วีรุตม์ แพทย์สุวรรณ วุฒิศักดิ์ กำมะหยี่ กิติพล ชิตสกุล สุรเดช ตรีไตรลักษณะ
สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

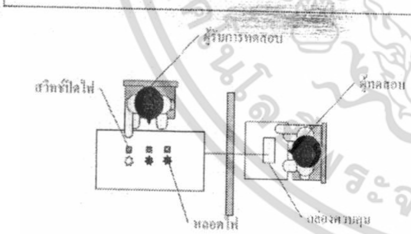
BMCL

บทคัดย่อ

การตอบสนองตากับมือเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งอย่างหนึ่งในการแข่งขันกีฬาหลายชนิด เช่นมวย เทนนิส ปิงปอง เทควันโดคาราเต้ การวัดเวลาการตอบสนองอย่างง่าย คือการใช้นาฬิกาจับเวลาในการใช้มือรับวัตถุเมื่อปล่อยในตกจากที่สูง ระบบอิเล็กทรอนิกส์มีบทบาทขึ้นเมื่อต้องการความถูกต้องในการจับเวลา โดยใช้แสงจากหลอดไฟในการกระตุ้นและผู้เข้ารับการทดสอบ ตอบสนองโดยการเอื้อมมือจากตำแหน่งที่กำหนดไปปิดไฟ การวัดเวลาเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบที่นำเสนอนี้ใช้หลักการข้างต้น ประกอบด้วยแผงหลอดไฟ-สวิตช์จำนวน 36 ชุดเรียงเป็นเมตริกซ์ขนาด 4 x 9 ทำงานได้ 3 โหมด คือแบบทำงานได้ด้วยตัวเองและสุ่มให้หลอดไฟติดแสดงผลบนจอภาพขนาดเล็ก และควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์แบบกำหนดเอง และเก็บผลเป็นฐานข้อมูล

บทนำ

มนุษย์มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกอยู่แล้วตามธรรมชาติจากการเรียนรู้เพื่อเอาตัวรอดตั้งแต่ในวัยทารก การตอบสนองต่อสิ่งเร้าจะเร็วหรือช้านั้นขึ้นอยู่กับสามปัจจัยหลักได้แก่ การรับรู้ถึงการมีสิ่งเร้ามากระตุ้น สมองรับรู้และสั่งการให้ตอบสนอง และความสามารถในการรับรู้และปลดปล่อยพลังงานของกล้ามเนื้อเพื่อตอบสนองตามการสั่งการ การบกพร่องในส่วนใดส่วนหนึ่งจากความพิการแต่กำเนิด โรคภัยไข้เจ็บและความชรา หรือจากอุบัติเหตุในอดีต จะทำให้การตอบสนองช้าลง ในตรงกันข้ามหากคนปกติได้รับการฝึกฝนอยู่เป็นประจำอย่างกรณีของนักกีฬา จะทำให้มีการพัฒนาการตอบสนองได้มากกว่าในคนปกติทั่วไป ดังนั้นการทดสอบและฝึกฝนด้านการตอบสนองจึงเป็นกระบวนการสำคัญอย่างหนึ่งทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา[1] และในการทดสอบและฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วย ผู้พิการและคนชรา [2] การทดสอบและฝึกฝนด้านการตอบสนองมีหลายรูปแบบ [3] ตั้งแต่ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วงร่วมกับซอฟต์แวร์[4] ฮาร์ดแวร์ล้วน ๆ[5] ในลักษณะของเล่นจนถึง เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบให้ใช้กับการทดสอบนักกีฬาโดยเฉพาะดังแสดงในรูปที่ 1



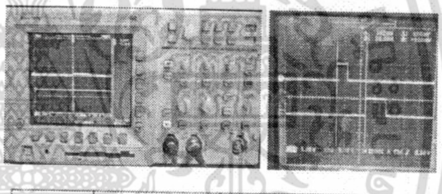
รูปที่ 1 แสดงแนวคิดของระบบวัดเวลาตอบสนองอย่างง่าย

ระบบที่นำเสนอ

ในรูปที่ 2 แสดงแนวคิดของระบบทดสอบการตอบสนองตากับมือที่ได้พัฒนาขึ้นมา ประกอบด้วยโมดูล ไฟ-สวิตช์จำนวนไม่ต่ำกว่า 32 โมดูลเรียงเป็นกระดาน โดยผู้รับการทดสอบหันหน้าเข้ากระดานคล้ายกับการเขียนบนกระดานดำ รูปแบบการทดสอบ(การเปิดไฟ)ส่งมาจากไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเชื่อมต่อกับแต่ละโมดูลด้วยบัส การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการควบคุม จะสามารถเชื่อมต่อกับโมดูลจำนวนมากได้ทำให้สามารถ กำหนดรูปแบบการทดสอบได้หลากหลาย ทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลเป็นฐานข้อมูลได้ง่ายเพื่อใช้ในการวิจัยด้านพัฒนาการของนักกีฬา นอกจากนี้ ยังสามารถใช้เป็นระบบตั้งโปรแกรมให้ผู้ทดสอบได้ฝึกฝนได้อย่างเป็นระบบด้วยตนเองโดยง่าย การออกแบบให้เป็นระบบโมดูลจะทำให้เพิ่ม-ขยายระบบได้โดยง่าย ทั้งยังใช้งานได้หากมีโมดูลเสียบางส่วน การซ่อมแซมจะทำได้ง่ายด้วยเช่นกัน

การสร้างและทดสอบ

โมดูลหลอดไฟ-สวิตช์จำนวน 20 ชุดติดตั้งบนตู้โครงสร้างเป็นสแตนเลสขนาด 1.8x0.4 เมตร สามารถเพิ่มโมดูลได้ถึง 40 ชุด ด้านขวาของชุดโมดูลเป็นจอแสดงผลแบบผลึกเหลว มีคีย์สวิตช์ 3 ตัวสำหรับป้อนข้อมูล (รูปที่ 5) หลอดไฟบนโมดูลเป็น LED เรียงเป็นรูปวงแหวน มีสวิตช์ติดตั้งตรงกลาง ตู้สามารถติดตั้งบนขาตั้งบนขาตั้งแบบเคลื่อนย้ายได้หรือติดตั้งถาวรบนผนัง ด้านข้างของตู้มีจุดเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์แบบอนุกรม ระบบสามารถทำงานแบบอิสระจากคอมพิวเตอร์ หรือใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมคือ สามารถเก็บผลการทดสอบในฐานข้อมูลได้ การทดสอบเชิงเทคนิคแสดงผลในรูปที่ 4

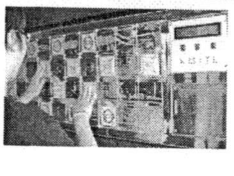


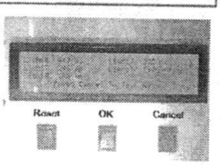
เวลาที่อ่านได้จากออสซิลโลสโคป (second)	เวลาที่แสดงบน LCD (second)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)	เวลาที่อ่านได้จากออสซิลโลสโคป (second)	เวลาที่แสดงบน LCD (second)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
1.36	1.25	[illegible]	[illegible]	7.45	6.27
1.16	1.02	6.90	4.03	4.06	5.52
1.16	1.05	9.48	3.22	3.04	7.71
0.96	0.87	9.37	3.26	2.74	4.15
0.52	0.47	9.64	2.32	2.12	8.62
0.42	0.44	8.33	2.56	1.99	7.27
0.32	0.29	9.37	1.96	1.21	7.65
0.22	0.26	7.16	1.72	1.60	6.96
0.24	0.23	4.17	1.72	1.59	7.56
0.16	0.15	6.25	1.69	1.48	6.27

รูปภาพที่ 4 อุปกรณ์การสอบเทียบ Tektronix™ Digital Oscilloscope และผลการทดสอบ

ทดสอบใช้งานระบบ

การทดสอบใช้งานแบบไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 5 การใช้งานในโหมดนี้ หลอดไฟกระตุ้นจะติดสว่างแบบสุ่มจนครบจำนวนผู้เข้ารับการทดสอบ จะตอบตอบสนองจนครบ ค่าความเร็วตอบสนองจะแสดงออกทาง จอ LED หากต่อไมโครคอมพิวเตอร์ ผู้ควบคุมสามารถกำหนดการติดสว่างของโมดูลได้โดยการคลิกเม้าส์บนหน้าจอ เวลาการตอบสนองจะถูกบันทึกในฐานข้อมูล พร้อมรายละเอียดของผู้เข้ารับการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 6





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นาย กิติพล ชิตสกุล

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ	**วิศวกรรมไฟฟ้า**	**สจล.**	**2523**
วศ.ม	**วิศวกรรมไฟฟ้า**	**สจล.**	**2529**
D.E.A	**Biomedicale**	**Universite Technologie de Compiegne, France**	**2532**
Docteurat	**Biomedicale**	**Universite Paris XII, France**	**2536**

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) **Medical Instrumentation and Signal processing**

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. กิติพล ชิตสกุล และ มนัส สังวรศิลป์ เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วยคลื่นอัลตร้าซาวด์ เอกสารการประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 5 สจล กรุงเทพ 2524
2. กิติพล ชิตสกุล และ มนัส สังวรศิลป์ เครื่องกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงเร่งให้กระดูกหักติดเร็ว เอกสารการประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 2527
3. Microprocessor Based Arrthymias Monitor Regional Conference on Biomedical Electronics, Bandung, Indinesia, 1994.
4. ระบบตรวจวัดและติดตามสัญญาณไฟฟ้าหัวใจและการหายใจแบบรวมศูนย์ผ่านคลื่นอินฟราเรดม วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง กรุงเทพ 2540.
5. A. Rerkraten, K. Chitsakul and M. Sangw, “32- Electrodes Electrical Impedance Tomography”, 2000 TENCON, Kuala lumpeur, Malaysia, 2000.
6. C. Makhun, K. Chitsakul and M. Sangworasilp, "Editing Charater of Curve by Wavelets", Proceeding of Reginal Symposium on Telecomunications Electroni and System, KMITL, Bangkok, July 1996
7. เทอดศักดิ์ ลิ่วหาทอง ชินภัทร นันทจิวากรชัย กิติพล ชิตสกุล และ มนัส สังวรศิลป์ “วิธีใหม่ในการแสดงภาพสีเทียมบนจอภาพระบบVGA ”การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าประจำปี 2536” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2536 หน้า 248-254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. C. Makhun, P. Koosirivanichakorn K. Chitsakul and M. Sangworasilp, "Editing Details of Image by Wavelets", Proceeding of International Conference on Robotic, Vision and Parallel Processing for Industrial Automation , Ipoh, Malaysia July 1996.

9. V. Jitvutichot, K.Chitsakul, and M. Sangworasilp, "Heart Rate Variability Analysis System", Proceeding of the First International Conference on mechatronics- ICOM 01, Kuala Lumpur, Malaysia 12-13, Febuary, 2001.

10. S. Claydokjan , K. Chitsakul, M. Sangworasil, and S. Kondo, "Real Time Electrocardiogram Compression Technique Using Wavelet Teransform on MSC-51, 16th biennial international EURASIP conferrence: BIOSIGNAL 2002, Brno, Czech Republic, June 26 to 28, 2002.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
กรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้