

การออกแบบและสร้างชุดเครื่องวัดเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกาย

The Design and Construct of Whole Body Reaction Time Instrument Set

ชาญชัย สุภกิจอมรพันธุ์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ตำบลหลักหก อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

E-mail: chan_rsu@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดเครื่องมือวัดเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกายเป็นเครื่องต้นแบบ โดยรวม 2 ชุดเครื่อง คือ เครื่องจับเวลาทดสอบปฏิกิริยาของการเคลื่อนไหวและเครื่องกระตุ้นปฏิกิริยา เครื่องนี้เป็น เครื่องแบบหิ้วถือได้ ไม่ยุ่งยากในการใช้งานและราคาถูก ใช้วัสดุและอุปกรณ์หาได้ทั่วไป ในการสร้างเครื่อง เครื่องต้นแบบนี้ประกอบด้วย 2 ระบบ คือ ระบบจับเวลาปฏิกิริยา และระบบการกระตุ้นปฏิกิริยา ระบบจับเวลาปฏิกิริยา เป็นเครื่องจับเวลาที่มีความละเอียดสูง เวลาปฏิกิริยาสามารถแสดงผลเป็นตัวเลขบนจอหน้าเครื่อง ระบบการกระตุ้นปฏิกิริยา มีให้เลือกตัวกระตุ้นได้ 3 แบบ คือ การมองเห็น การได้ยิน และการสัมผัส จากการทดสอบสมรรถภาพของงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบทางเทคนิคและการทดสอบทางหน้าที่การทำงาน ผลที่ได้แสดงในการทดสอบหน้าที่การทำงาน ได้เปรียบเทียบค่าที่อ่านได้โดยใช้นาฬิกาจับเวลา Casio Stopwatch Sporty รุ่น HS-70W มีเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความคลาดเคลื่อนการอ่าน 3 ช่วง 0.1, 0.01 และ 0.001 วินาที คือ 0.30%, 0.35% และ 0.45 % ตามลำดับ ความคลาดเคลื่อนการอ่านเฉลี่ยรวมทั้งสามช่วงคือ 0.37% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 0.04 ผลแสดงได้ว่าค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนการอ่านสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงแสดงได้ว่าเครื่องให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อย น่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้งานได้ เครื่องนี้มีต้นทุนในสร้างเครื่องต้นแบบ 28,859 บาท

คำสำคัญ: เวลาปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกาย เวลาการตอบสนอง เวลาการเคลื่อนไหว

Abstract

This research is about the design and construction of the whole body reaction time instrument set to a prototype instrument by integrating both reaction times of movement test and reaction stimulator equipment. This prototype is easy to operate and low cost. Locally available materials and components were used to construct the equipment. This instrument consists of 2 systems, the reaction timer system and the reaction stimulation system. The reaction timer system is a stopwatch which provides high resolution. The reaction time output is displayed on the panel of the device with numerical time. The reaction stimulation system has selected 3 forms of stimulus: visual,

auditory and touch. The performance test of the instrument were tested by using technical testing and functional testing. The results showed that the functional testing readout compared with the readout using the Casio stopwatch Sporty HS-70W model had the average percentage in reading error of 3 ranges 0.1, 0.01 and 0.001s which were 0.30% 0.35% and 0.45 %, respectively. The average measurement errors of 3 ranges was 0.37 % and the average standard deviation was 0.04. The results showed significantly difference statistical correlation and average reading error. Therefore, it is evident that the whole body reaction time instrument gives minimal allowable error and sufficient reliability. The production cost to construct the prototype was 28,859 baht.

Keywords: whole body reaction time, response time, movement time

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจทดสอบเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกาย มีส่วนสำคัญ ที่ใช้ประโยชน์เป็นเครื่องมือทดสอบจับเวลาของเวลาปฏิกิริยาและเวลาการเคลื่อนไหวจากการกระตุ้นของการตอบสนองประสาทรับความรู้สึกหรือปฏิกิริยารีเฟล็กซ์ ชุดเครื่องมือเหล่านี้ต้องมีตัวกระตุ้นประกอบด้วยชุดเครื่องใช้ป้อนสิ่งเร้าในการกระตุ้นการรับรู้ให้ปฏิกิริยาร่างกายมีการตอบสนองของร่างกายจนเกิดการเคลื่อนไหว (พิศมัย ประทุมทาน, 2549) โดยเครื่องจับเวลาปฏิกิริยานี้ต้องให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าน้อยและความละเอียดในการจับเวลาสูงเป็นมิลลิวินาทีหรือ 0.001 วินาที ที่มีผลผลิตขึ้นมาใช้ในประเศมีน้อยทั้งยังใช้วัสดุอุปกรณ์เทคโนโลยีไม่ทันสมัย และเครื่องแบบใหม่ทันสมัยต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง (ชูศักดิ์ เวชแพศย์, 2526) ซึ่งเครื่องมือทดสอบจับเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกาย จึงเป็นเครื่องมือมีตัวกระตุ้นและเครื่องจับเวลาปฏิกิริยาของร่างกายอยู่ในชุดเครื่องเดียวกัน เวลาปฏิกิริยา คือ ระยะเวลา นับตั้งแต่มีการกระตุ้นตัวรับรู้จนถึง เวลาที่ผู้ถูกทดสอบนั้นตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นเกิดการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นการนำสัญญาณการ

สั่งการประสาทจากตัวรับรู้ไปสู่สมองส่วนที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจ จากนั้นนำสัญญาณประสาทที่เป็นคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อในการตอบสนอง โดยที่เวลาปฏิกิริยาเป็นส่วนหนึ่งของเวลาการตอบสนอง (Response time) ซึ่งเวลาการตอบสนอง เท่ากับเวลาปฏิกิริยา (Reaction time; RT) รวมกับเวลาการเคลื่อนไหว (Movement time; MT) โดยเครื่องมือทดสอบจับเวลาปฏิกิริยามีการกระตุ้นประสาทการรับรู้ การมองเห็น การได้ยิน เสียง หรือ การสัมผัส เพื่อทดสอบหาเวลาปฏิกิริยาร่างกายในระบบประสาทของสั่งการของหน่วยประสาทยนต์ สั่งการผ่านระบบประสาทรอบนอกไปยังกล้ามเนื้อโครงร่างเกิดการหดตัวดึงเอ็นยึดข้อต่อกระดูกโครงร่างของร่างกายเกิดการเคลื่อนไหวตามมา ซึ่งในการทดสอบอาจผ่านระบบประสาทกลางไปยังสมอง หรืออาจผ่านระบบประสาทแต่ไม่ผ่านสมองก็ได้ เช่น การเกิดปฏิกิริยารีเฟล็กซ์ (พิศมัย ประทุมทาน, 2549) ชุดเครื่องมือการทดสอบและจับเวลาปฏิกิริยาส่วนมาก เป็นวิธีที่ไม่รู้กล้ำเข้าไปในร่างกาย สามารถนำมาประโยชน์ เช่น ใช้การวินิจฉัยประเมินการเคลื่อนไหวของร่างกายทางคลินิกใช้ในการศึกษาทางสรีรวิทยา ทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ ทางวิทยาศาสตร์การกีฬา และ ทางวิทยาศาสตร์สุขภาพอนามัย เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบสร้างชุดเครื่องการทดสอบวัดเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกายเป็นเครื่องต้นแบบ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้ คือ

1. เพื่อสร้างชุดเครื่องมือ ให้มีราคาไม่แพง ถูกกว่าต่างประเทศ ใช้วัสดุ อุปกรณ์ และอะไหล่ที่สามารถจัดหาได้ทั่วไป
2. เพื่อสร้างชุดเครื่องมือ มีขนาดเล็กพอเหมาะ เคลื่อนย้ายสะดวก ใช้งานง่าย
3. เพื่อสร้างชุดเครื่องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า แบตเตอรี่ชาร์จประจุไฟใหม่ได้ สามารถใช้ในภาคสนาม ต่อเนื่องได้มากกว่า 8 ชั่วโมง

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ในงานวิจัยทั้งหมดนี้ ใช้ต้นทุนการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ 28,859 บาท โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C52 หรือ AT89S52

3.1.2 บอร์ด ET-BASE51 V1.0 ใช้แร่คริสตอล (Xtal) 18.432 MHz

3.1.3 จอแสดงผลแบบผลึกเหลว ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด (LCD panel module 16X2)

3.1.4 โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language Program) ในตัวนับ/จับเวลา (Timer/Counter) ของหน่วยความจำ AT89C52

3.1.5 ตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุสายไฟ เชื่อมต่อวงจร และอื่นๆ

3.1.6 ตัวไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode: LED) แดง/เหลือง/เขียว กระตุ้นการมองเห็น: Visual)

3.1.7 ตัวลำโพงเสียง ชนิด Buzzer (กระตุ้นการได้ยิน: Auditory)

3.1.8 ตัวกระตุ้นสัมผัสด้วยปลายแกนขดลวดแม่เหล็ก ไฟฟ้า (กระตุ้นการสัมผัส: Touch)

3.1.9 ตัวสวิทช์ต่างๆ สวิทช์กดปุ่มเริ่มหยุดจับเวลาชนิดมือกดและชนิดเท้าเหยียบ สวิทช์เลือกแบบหมุน และสวิทช์กด ปิด/เปิด ฯลฯ

3.1.10 ตัวต่อเชื่อม และสายนำสัญญาณ (Connectors and signal Cables) ฯลฯ

3.1.11 แบตเตอรี่ชาร์จประจุไฟใหม่ได้ ชนิดตะกั่ว-กรด แห่ง 12Vdc ขนาด 2.3A/h

3.1.12 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ 12Vdc ขนาด 3 A

3.1.13 ก่อตั้งชุดเครื่อง ขาดังชุดแสดงผลตัวกระตุ้น และกระเป๋าสตอปกรณ์ชุดเครื่องทั้งหมด

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

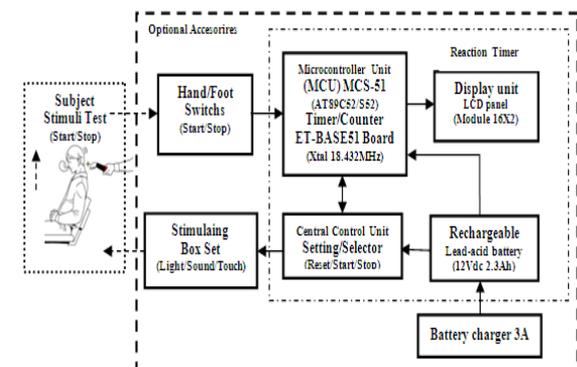
วิธีดำเนินงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน มีดังนี้

3.2.1 ดำรวจสืบค้นข้อมูล จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ ใช้ ออกแบบ สร้างเครื่องต้นแบบ

3.2.2 การออกแบบสร้างวงจรและเขียน โปรแกรมใช้งาน และประกอบสร้างชุดเครื่องต้นแบบ

3.2.3 ทดสอบประสิทธิภาพ โดยการทดสอบทางเทคนิค และหน้าที่การทำงานชุดเครื่องเก็บข้อมูลบันทึกผล

3.2.4 นำข้อมูลที่ได้นบันทึกผล ประเมินผล สรุปผล ดำเนินวิจัยและจัดทำรายงาน



รูปที่ 1 แผนภูมิส่วนประกอบชุดเครื่องต้นแบบ

แผนภูมิส่วนประกอบชุดเครื่องต้นแบบ เป็นชุดเครื่องเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกาย ซึ่ง

สามารถเลือกตัวกระตุ้นได้ ที่ละแบบบนสวิทช์เลือกบน Central control unit โดยมีตัวกระตุ้นอยู่ 3 แบบให้เลือก คือ ด้วยแสง LED และ เสียงด้วยลำโพง Buzzer และ สัมผัสสายด้วยปลายแกนตัวขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหนีบติดไว้ที่คอเสื้อ การกระตุ้น เมื่อกดเริ่มกระตุ้นเวลาก็จะเริ่มนับไปพร้อมกับสัญญาณที่เชื่อมต่อ Stimulating box set ในการแสดงผลตัวกระตุ้น ไปยังผู้ถูกทดสอบ เมื่อถูกกระตุ้นผู้ทดสอบแล้วก็จะไปหยุดการจับเวลาที่ชุดจับเวลาปฏิบัติหาค่าการจับเวลา โดยการกดปุ่มสวิทช์มือหรือสวิทช์เท้า

3.3 ขอบเขตการดำเนินวิจัย

ขอบเขตการดำเนินวิจัย ได้ออกแบบและสร้างชุดเครื่องต้นแบบนี้ เป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนตัวเครื่องจับเวลาปฏิบัติหาค่าตอบสนอง (Reaction timer) และ 2) ส่วนอุปกรณ์สนับสนุนการทำงาน (Optional accessories) ดังรูปที่ 1 แสดงเป็นแผนภูมิส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบชุดเครื่องทดสอบปฏิบัติหาค่าตอบสนองของร่างกาย ซึ่งมีตัวกระตุ้นเลือกใช้ในการทดสอบอยู่ 3 แบบ คือ ตัวกระตุ้นการมองเห็นจากไดโอดเปล่งแสง การได้ยินเสียงจากลำโพง Buzzer และสัมผัสสายจากปลายแกนขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าที่หนีบไว้บนคอเสื้อ โดยเลือกใช้ตัวกระตุ้นทดสอบได้ที่ละแบบ จากผู้ทดสอบเป็นผู้ปรับเลือกสวิทช์เลือกบนศูนย์ควบคุม (Central control unit) ของเครื่องจับเวลาปฏิบัติหาค่าตอบสนอง เมื่อกดสวิทช์เวลาเริ่มนับทำการจับเวลาไปพร้อมกับการจับตัวกระตุ้นให้ทำงาน สัญญาณที่จับไปแสดงผลจับตัวกระตุ้นบนชุดกล่องแสดงผลตัวกระตุ้น ทำการกระตุ้นผู้ถูกทดสอบ เมื่อถูกกระตุ้นแล้วก็จะไปกดปุ่มสวิทช์มือหรือสวิทช์เท้า หยุดการจับเวลาบนเครื่องจับเวลาปฏิบัติหาค่าการจับเวลา ผู้ทดสอบเป็นผู้เลือกประเภทสวิทช์มือหรือสวิทช์เท้าในการทดสอบ

ในงานวิจัยสร้างชุดเครื่องทดสอบวัดเวลาปฏิบัติหาค่าตอบสนองของร่างกายนี้ มีส่วนประกอบดังนี้

3.3.1 ตัวเครื่องจับเวลาปฏิบัติหาค่าตอบสนอง ได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1) ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller unit: MCU) มีตัวบอร์ด ET-BASE 51 V1.0 โดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C52 หรือ AT89S52 8 Bits หน่วยความจำ 8 Kbytes แบบ Flash ใช้แรมคริสตอล 18.432 MHz สร้างฐานเวลาให้กับส่วนของ ตัวนับ/จับเวลา (Timer/Counter) ร่วมกับโปรแกรมที่เขียนเก็บในหน่วยความจำบนที่ลงใน AT89C52

2) ส่วนแสดงผลการจับเวลา (Display unit)) เป็นตัวเลข 4 หลัก บนจอแบบผลึกเหลว ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด เชื่อมต่อบอร์ด ET-BASE51 V1.0 โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวจับ

3) ส่วนศูนย์ควบคุม (Central control unit) เป็นตัวควบคุมปรับตั้งและตัวปรับเลือกค่าต่างๆ ซึ่งสามารถเลือกตั้งความละเอียดในการจับเวลาได้ 3 ระดับ คือ 0.1, 0.01 และ 0.001 วินาที ทั้งยังมีตัวปรับเลือกใช้ตัวกระตุ้นทดสอบได้ที่ละแบบ จากผู้ทดสอบเป็นผู้ปรับเลือกสวิทช์ เวลาเริ่มนับทำการจับเวลาไปพร้อมกับการกดสวิทช์จับตัวกระตุ้นให้ทำงาน สัญญาณที่จับไปแสดงผลจับตัวกระตุ้นบนชุดกล่องแสดงผลตัวกระตุ้น และมีสวิทช์ครีเซต เริ่มต้นการทำงานใหม่ และเริ่ม/หยุด การจับเวลา และเชื่อมสวิทช์เลือกในระบบควบคุมอุปกรณ์สนับสนุนต่างๆภายนอก (Optional accessories)

4) ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้าเครื่องทั้งหมด ใช้แบตเตอรี่ชาร์ตประจุไฟใหม่ได้ ชนิดตะกั่วกรดแห้ง ขนาด 12Vdc ขนาด 2.7A/h ใช้งานได้ต่อเนื่องประมาณ 10 ชั่วโมง

3.3.2 อุปกรณ์สนับสนุน (Optional accessories) มี 3 ส่วน ดังนี้

1) ชุดกล่องแสดงผลตัวกระตุ้น (Stimulating box set) เป็นชุดกล่องแสดงผลมีวงจรจับตัวกระตุ้น เครื่องจับเวลาเริ่มการนับจับเวลาไปพร้อมกัน ซึ่งสามารถเลือกตัวกระตุ้นได้ที่ละแบบในการทดสอบ มีอยู่ 3 แบบให้เลือก คือ การมองเห็นจากแสงจากไดโอดเปล่งแสง และการได้ยินเสียงจากลำโพง Buzzer และตัวกระตุ้นการสัมผัสจากปลายแกนตัวขดลวดเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnet coil) ที่ทำตัวเหนี่ยวนำไว้คอยให้ผู้ถูกทดสอบ

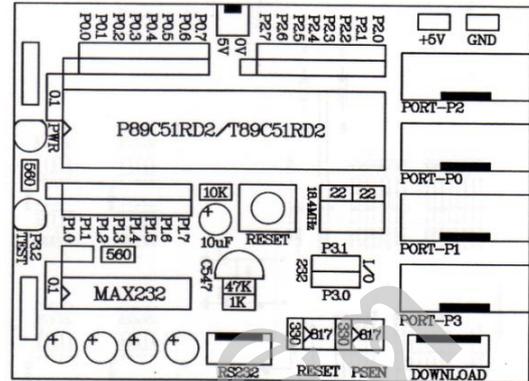
2) ชุดสวิทช์มือกด/เท้าเหยียบ เมื่อกดหรือเหยียบสวิทช์ ก็หยุดการจับเวลาเครื่องจับเวลาทดสอบ โดยผู้ทดสอบสามารถเลือกสวิทช์นี้ได้ทีละแบบ เป็นสวิทช์มือหรือสวิทช์เท้า ในการใช้งานมีสายต่อเชื่อมไปยังเครื่องจับเวลาปฏิบัติการของร่างกาย

3) เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ใช้สำหรับชาร์จประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ 12 Vdc มีขนาด 3 A

3.4 การออกแบบสร้างวงจรและ โปรแกรมใช้งาน

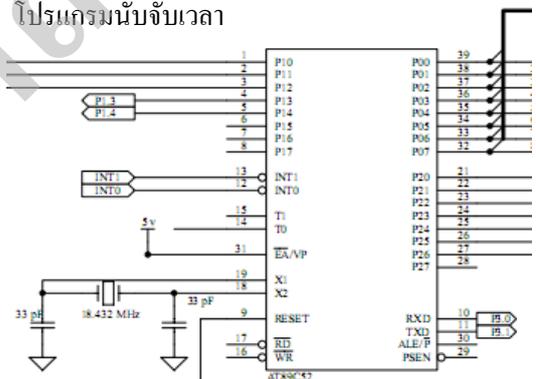
3.4.1 การออกแบบและสร้างตัวเครื่องจับเวลาปฏิบัติการตอบสนองมีดังนี้

1) การออกแบบและสร้างตัวเครื่องจับเวลาปฏิบัติการตอบสนองใช้ AT89C52 หรือ AT89S52 ลงบนบอร์ด ET-BASE 51 V1.0 เป็นตัวหลักสำคัญของตัวเครื่องจับเวลาปฏิบัติการ ดังรูปที่ 2 โดยใช้แร่คริสตอล 18.432 MHz กำหนดฐานเวลาให้ตัวนับ/จับเวลาร่วมกับโปรแกรมภาษาแอสแซมบลีที่เขียนเก็บในหน่วยความจำภายใน AT89C52 เชื่อมต่อกับพอร์ตต่างๆ ขาเข้า/ขาออกกับวงจรต่างๆและอุปกรณ์สนับสนุนทั้งภายในและภายนอก ดังรูปที่ 3



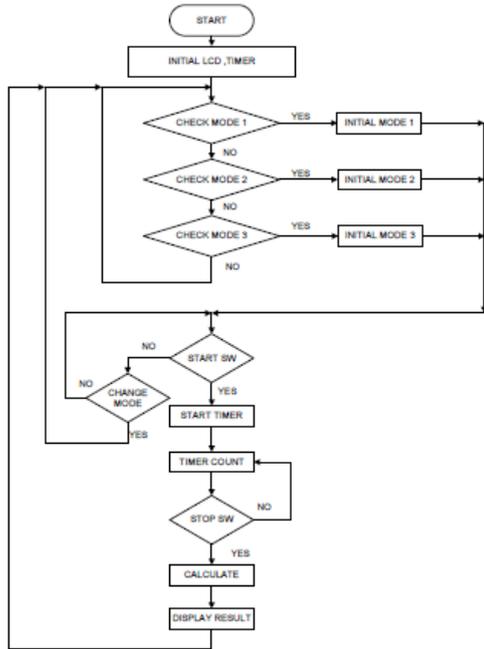
รูปที่ 2 แสดงตัวบอร์ด ET-BASE51 V1.0

การแสดงผล ตัวบอร์ด ET-BASE51 V1.0 เป็นตัวหลักสำคัญของตัวเครื่องต้นแบบ โดยใช้แร่คริสตอล 18.432 MHz กำหนดฐานเวลาตัวนับ/จับเวลาไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C52 และโปรแกรมจับเวลา

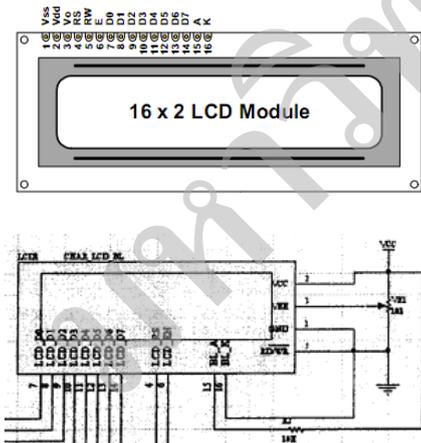


รูปที่ 3 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 เบอร์ AT89C52 การเชื่อมต่อพอร์ตกับแร่คริสตอล 18.432 MHz ลงบน ตัวบอร์ด ET-BASE51 V1.0

การประมวลผลแสดงผลของตัวนับ/จับเวลาในการจับเวลาของเครื่องต้นแบบนี้ ได้เขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลีจากเครื่องบันทึกภายนอกจัดเก็บหน่วยความจำ AT89C52 ซึ่งสามารถกำหนดการทำงานประมวลผลและแสดงผลตัวนับ/จับเวลาของ AT89C52 ในเครื่องจับเวลาได้ ดังรูปที่ 4 แสดงไดอะแกรมผังงานของโปรแกรมการทำงานชุดเครื่องจับเวลา (Flow chart reaction timer program)



รูปที่ 4 โค้ดโปรแกรมทำงานของโปรแกรมการทำงานชุดเครื่องจับเวลา โดยเริ่มต้นตั้งแต่การปรับเลือกค่าความละเอียด การเริ่มการนับและจับเวลา ไปจนถึงการสิ้นสุด แสดงผลการจับเวลา



รูปที่ 5 วงจรจับจอแสดงผลการจับเวลา (LCD panel module 16X2) <http://www.8051projects.net/lcd-interfacing/lcd-4-bit.php>

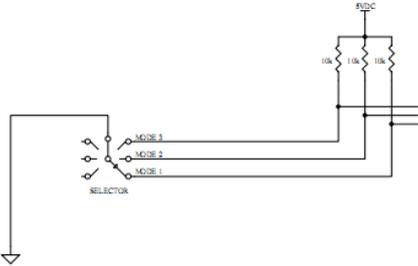
2) การออกแบบวงจรส่วนแสดงผล (Display unit) แสดงค่าการจับเวลา เป็นตัวเลข 4 หลักบนจอ LCD Panel module ขนาด 16X2 เชื่อมต่อกับวงจรจับ

จอแสดงผลการจับเวลาจับด้วย โปรแกรมตัวนับ/จับเวลา ที่เขียนเก็บไว้ในหน่วยความจำ AT89C52 บนบอร์ด ET-BASE-51 รูปที่ 5 และตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดตำแหน่งการจัดขา สัญญาณส่วนของการแสดงผลแสดงบนจอแสดงผลบนเครื่องเวลา

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งการจัดขาของ LCD Panel Module 16X2 ที่ไปเชื่อมต่อบอร์ด ET-BASE51 V1.0

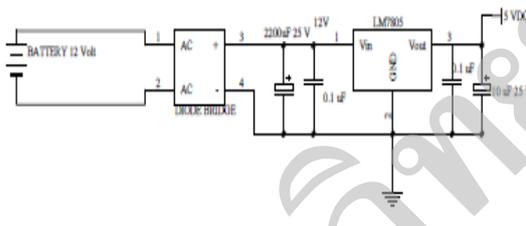
Pin No	Name	Function
1	Gnd	ขาแรงดันไฟ 0V หรือ Ground
2	Vcc	ขาแรงดันไฟเลี้ยง 5V
3	Vo	ขาแรงดันปรับความเข้มจอแสดงผล
4	RS	ขาสัญญาณเลือกรีจิสเตอร์ (RS)
5	RW	ขาสัญญาณควบคุมการอ่านเขียนข้อมูล
6	E	ขาสัญญาณ Enable
7	D4	ขาสัญญาณ Data bit-4
8	D5	ขาสัญญาณ Data bit-5
9	D6	ขาสัญญาณ Data bit-6
10	D7	ขาสัญญาณ Data bit-7

3) การออกแบบส่วนศูนย์ควบคุม (Central control unit) ได้ออกแบบตัวปรับตั้งตัวเลข โดยใช้สวิทช์เลือกแบบหมุนปรับเลือกตั้งค่าความละเอียดในการจับเวลามี 3 ระดับ คือ 0.1, 0.01 และ 0.001 วินาที ดังรูปที่ 6 ผู้ทดสอบสามารถปรับเลือกใช้ ตัวกระตุ้นทดสอบได้ทีละแบบ มี 3 แบบ ผู้สอบเป็นผู้ปรับเลือกแบบตัวกระตุ้น การทำงานเวลาเริ่มการนับ จับเวลา ซึ่งทำงานไปพร้อมกับการกดสวิทช์จับตัวกระตุ้นให้ทำงาน จับสัญญาณแสดงผลตัวกระตุ้นแสดงบนชุดกล่องแสดงผลตัวกระตุ้นระบบตัวเครื่องทำการจับเวลา เชื่อมกับ AT89C52 ประมวลผลตัวนับจับเวลา ร่วมกับโปรแกรมที่เขียนในหน่วยความจำ ส่งข้อมูลการนับจับเวลาไปบนจอแสดงผล ซึ่งมีสวิทช์กดรีเซตค่า เริ่มการทำงานใหม่ และสวิทช์กด เริ่ม/หยุด จับเวลาบนตัวเครื่องจับเวลา



รูปที่ 6 แสดงวงจรปรับเลือกใช้งาน 3 ระดับ 0.1, 0.01 และ 0.001 วินาที บนส่วนศูนย์กลางควบคุม (Central Control Unit) ในเลือกความละเอียดการจับเวลาของเครื่องที่ออกแบบสร้าง

4) การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าเครื่อง ได้ออกแบบใช้แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแห้ง (Lead-Acid) 12Vdc เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าชุดเครื่องทั้งหมด โดยมีวงจร Regulator 5 Vdc ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ 5 Vdc สำหรับภายในตัวเครื่อง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า 5Vdc ที่ใช้แหล่งจ่ายวงจรและบนของเครื่องต้นแบบนี้

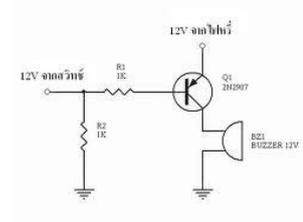
3.4.2 การออกแบบสร้างอุปกรณ์สนับสนุน (Optional accessories) แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1) ส่วนชุดกล่องแสดงผลตัวกระตุ้น (Stimulating Box Set) เป็นกล่องมีวงจรจับแสดงผลสัญญาณตัวกระตุ้นการมองเห็นแสง ใช้ไดโอดเปล่งแสง มี 3 สีแดง/เหลือง/เขียว ดังรูปที่ 8 และตัวกระตุ้นการได้ยินเสียง ด้วยลำโพง Buzzer และมิกเซอร์จับเสียงลำโพงออกดังรูปที่ 9 ในส่วนตัวกระตุ้นการสัมผัสที่ใช้ตัวขดลวดเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสร้างให้มีปลายแกนขดลวด เมื่อกดสวิทช์ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าทำงาน

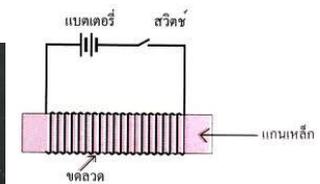
ปลายแกนจะดีดออกมากระตุ้นสัมผัสที่ร่างกาย ซึ่งทำเป็นตัวหนีบติดตั้งคอผู้ทดสอบดังในรูปที่ 10 การใช้งานตัวกระตุ้นสามารถเลือกใช้ทดสอบได้ทีละแบบตัวกระตุ้น โดยการปรับเลือกใช้สวิทช์หมุนเลือกบนตัวเครื่องจับเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง จะเชื่อมต่อสัญญาณจับตัวตัวกระตุ้นตามที่ผู้ทดสอบเลือกใช้ทดสอบ



รูปที่ 8 แสดงตัวกระตุ้นและแผ่นวงจรการกระตุ้นมองเห็นแสงด้วยไดโอดเปล่งแสง บนชุดกล่องแสดงผลตัวกระตุ้น



รูปที่ 9 แสดงตัวกระตุ้นทางเสียงและวงจรจับตัวลำโพง Buzzer <http://img715.imageshack.us/img715/7730/14057522.jpg>



รูปที่ 10 วงจรตัวกระตุ้นการสัมผัสและวงจรจับขดลวดเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnet) โดยออกแบบให้มีปลายแกนข้างหนึ่งเมื่อทำงานจะดีดออกมาสัมผัสที่กายผู้ทดสอบ ซึ่งทำเป็นคตัวหนีบไว้ที่คอเสื้อ

แผ่นวงจรจับไดโอดเปล่งแสงขนาด 5 มิลลิเมตร มี สีแดง สีเหลืองและสีเขียว วงจรทำงานทิศทางเดียวจับแสงที่ละสีแล้ว ขึ้นอยู่กับผู้ทดสอบเลือกปรับจากตัวเครื่องจับเวลาปฏิกิริยาเชื่อมต่อกับชุดกล่องแสดงผล ไดโอดเปล่งแสงใช้แหล่งจ่ายไฟ 12Vdc ขับกินกระแสสูงสุดประมาณ 16 mA ได้ออกแบบจัดเรียงตัว ไดโอดเปล่งแสง จัดเรียงให้คล้ายไฟสัญญาณจราจร เพื่อให้เหมาะในการใช้งาน

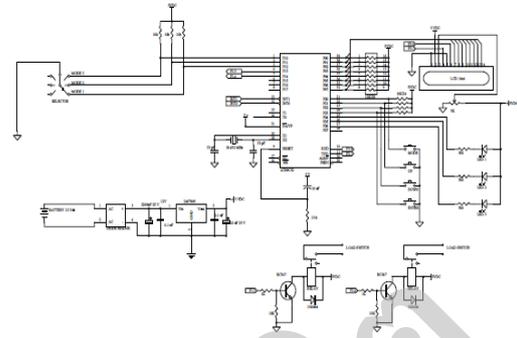
2) ส่วนชุดสวิทช์มือ/เท้า ออกแบบเป็นชุดสวิทช์กดปุ่มและแบบเหยียบ เมื่อกดหรือเหยียบ จะไปหยุด การจับเวลาของเครื่องจับเวลาปฏิกิริยา ซึ่งออกแบบให้ผู้ทดสอบเลือกใช้งานที่ละแบบในการทดสอบ

3) ส่วนเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ เป็นชุดเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 12 Vdc /3A โดยออกแบบโดยการจัดหาเครื่องมาใช้งานร่วม เพื่อใช้ในการเก็บประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ใช้งานที่อยู่ภายในตัวเครื่องจับเวลาปฏิกิริยา ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงชุดเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ 12 Vdc/3A

ได้แสดงวงจรรวมได้ออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 12 และตัวเครื่องจับเวลาปฏิกิริยาที่สร้างเสร็จ เป็นเครื่องต้นแบบงานวิจัยนี้ ดังในรูปที่ 13



รูปที่ 12 วงจรรวมได้ออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบงานวิจัยนี้



รูปที่ 13 เครื่องจับเวลาปฏิกิริยาที่ได้ออกแบบและสร้างเสร็จเป็นเครื่องต้นแบบ

3.5 การทดสอบเครื่องต้นแบบ

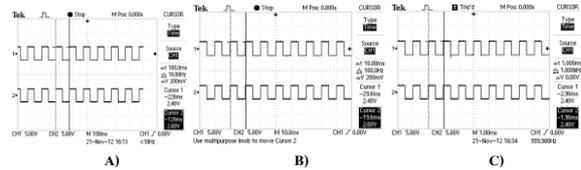
การทดสอบงานวิจัยนี้ เป็นการทดสอบ เพื่อทวนสอบเทียบประสิทธิภาพ (Performance Testing) ของเครื่องต้นแบบนี้ ได้แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วน คือ 1) การทดสอบทางเทคนิค และ 2) การทดสอบหน้าการทำงาน โดยใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบมาตรฐาน ดังนี้คือ

- 1) เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Function Generator) DDS MCP SG1003
- 2) เครื่องวัดรูปสัญญาณทางไฟฟ้า (Digital Storage Oscilloscope) Tektronix TDS1001B
- 3) ดิจิตอลมิลลิเมตร (Digital Millimeter) Fluke75
- 4) นาฬิกาจับเวลาความละเอียดสูง (Stopwatch) Casio HS-70W

3.5.1 การทดสอบทางเทคนิค เป็นทดสอบค่าของเวลาและจำนวนของสัญญาณนาฬิกา (Clock Time) ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 แบบแฟลชบอร์ด

ET-BASE 51 V1.0 ที่ติดตั้ง AT89C52 ส่วนนี้มีความสำคัญภายในตัว AT89C52 มีวงจรตัวนับ/จับเวลา 3 ตัว คือ มีไทมเมอร์ 0 ไทมเมอร์ 1 และไทมเมอร์ 2 โดยมีรีจิสเตอร์ไทมเมอร์ของตัวนับ/จับเวลา 3 ตัวการออกแบบใช้ตัวไทมเมอร์ 0 มีขนาด 16 บิต ใช้เป็นตัวทำงาน การตั้งเวลาไทมเมอร์ ตัวนับและจับเวลา โดยการสร้างฐานเวลาสัญญาณนาฬิกา กำหนดจากแรม์คริสตอล 18.432 MHz ให้สัญญาณพัลส์ความถี่ 18.432 MHz ส่งเข้าไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาและค่าการนับของตัวนับ/จับเวลาไทมเมอร์ 0 AT89C52 รีจิสเตอร์ไทมเมอร์ ทุกๆ Machine Cycle มีช่วงเท่ากับ 12 คาบสัญญาณนาฬิกาที่ถูกสร้างขึ้นจากคริสตอลที่ต่อใช้งาน ในการคำนวณค่า Machine cycle และสัญญาณพัลส์ให้ Time cycle ที่ต้องการ ใช้ตัวนับ/จับเวลากับรีจิสเตอร์ไทมเมอร์ 0 ร่วมกับ Code คำสั่ง Timer โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่ได้เขียนบันทึกไว้ในหน่วยความจำ AT89C52 ดังนั้นการทดสอบจะทำการวัดเปรียบเทียบรูปสัญญาณพัลส์ที่ขับออกจาก AT89C52 ที่พอร์ต P01 บนบอร์ด ET-BASE51 ด้วยเครื่องวัดรูปสัญญาณทางไฟฟ้า (Tektronix TDS1001B) กับการสร้างสัญญาณพัลส์จากเครื่องกำเนิดความถี่ (DDS MCP SG1003) และนำสัญญาณพัลส์ทั้งสองของ AT89C52 กับเครื่องกำเนิดสัญญาณ มาเปรียบเทียบรูปสัญญาณไดอะแกรมเวลาการสร้างพัลส์ได้ทดสอบ 3 ช่วงตามความละเอียดการใช้งาน คือ 0.1, 0.01 และ 0.001 วินาที ซึ่งวัดได้สัญญาณพัลส์ตรงกัน จากสมการที่ใช้คำนวณ คือ $Time = 1 / Frequency$ ดังนั้นจากรูปที่ 14 ได้บันทึกผลรูปสัญญาณพัลส์ที่ได้ทดสอบ โดยวัดที่ช่วง 0.1 วินาที = 1000 มิลลิวินาที วัดสัญญาณพัลส์ได้ 10 Hz ที่ช่วง 0.01 วินาที = 10 มิลลิวินาที สัญญาณพัลส์ได้ 100 Hz และที่ช่วง 0.001วินาที=100 มิลลิวินาที วัดสัญญาณพัลส์ 1kHz ตามลำดับ ซึ่งผลในทดสอบการวัดรูปสัญญาณได้ที่เปรียบเทียบกับเครื่องกำเนิดสัญญาณ ได้

ค่าใกล้เคียงกับและได้ตรงกับค่าที่ต้องการจากการคำนวณ



รูปที่ 14 รูปไดอะแกรมเปรียบเทียบสัญญาณพัลส์ AT89C52 กับ Function Generator วัดด้วยเครื่องTektronix TDS1001B ที่ช่วง 0.1 วัดได้สัญญาณพัลส์ 10 Hz, B) ที่ช่วง 0.01 วัดได้สัญญาณพัลส์ 100 Hz และ C) ที่ช่วง 0.001 วินาที วัดได้สัญญาณพัลส์ 1 kHz

การทดสอบทางเทคนิค ส่วนศูนย์ควบคุม (Central Control Unit) เป็นการทดสอบการเชื่อมต่อสัญญาณเข้าออกกับตัวอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สวิตช์ ปรับตั้ง สวิตช์หมุนเลือก สวิตช์กดต่างๆ ที่ใช้ การรีเซ็ตค่า สวิตช์การเริ่มการทำงานใหม่ และสวิตช์การเริ่ม/หยุด การจับเวลา ที่ได้ติดตั้งบนตัวเครื่องจับเวลา ปฏิบัติการ ซึ่งการเชื่อมต่อสัญญาณเข้าออกกับสวิตช์วัดด้วยเครื่องดิจิตอลมัลติมิเตอร์ Fluke75 เพื่อการปรับตั้ง การเชื่อมต่อ สวิตช์ที่ขับวงจรนับจับเวลา เชื่อมต่อพอร์ตขาเข้าและขาออก (Input/Output Ports) ของตัวเครื่องจับเวลาปฏิบัติการ ผลที่ได้ทดสอบอุปกรณ์และวงจรสามารถขับวงจรและแสดงผลการจับเวลาได้ดี

3.5.2 การทดสอบการทำงาน (Functional Testing) ซึ่งการทดสอบส่วนนี้มีความสำคัญมาก เป็นทดสอบการทำหน้าที่ เพื่อการจับเวลาความคลาดเคลื่อนของการอ่านค่าแสดงผลและเป็นการทวนสอบเครื่องต้นแบบ จึงใช้นาฬิกาจับเวลามาตรฐาน Casio Stopwatch Sporty รุ่น HS-70W ซึ่งมีความละเอียด 0.001 วินาทีและความเที่ยงตรง 99.998% (ค่าความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่า 0.001%) การทดสอบด้วยการต่อสายขนานปุ่มกดสวิตช์ Start/Stop นาฬิกาจับเวลาและกดปุ่มเครื่องที่ได้สร้างเพื่อให้เริ่มและหยุดการจับเวลาอ่านค่าแสดงผลไปพร้อมกัน โดยจำนวนทำการทดสอบ 10 ครั้ง การทดสอบเปรียบเทียบ

เครื่องประเภทเดียวกันที่มีใช้งานอยู่ทั่วไปในประเทศปัจจุบัน ไม่สามารถเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบนี้ได้ เนื่องจากเครื่องทั่วไปที่ผลิตสร้างขึ้นใช้วัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ 18 ปีมาแล้ว ยังไม่มีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้สร้างเครื่องประเภทเดียวกัน ส่วนการสร้างสัญญาณนาฬิกาของเครื่องในประเทศนี้ใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ ต่างใช้แร่คริสตอลสัญญาณนาฬิกาไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ความคลาดเคลื่อนของเครื่องในการอ่านแสดงผลเวลาน้อยกว่ามาก ผู้ทำการวิจัยทดสอบจึงใช้เป็นเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับนาฬิกาจับเวลาที่มีค่าความละเอียดสูงและความคลาดเคลื่อนน้อยเช่นกัน ดังผลที่ได้แสดงข้อมูลในตารางที่ 2 ซึ่งให้ค่าการอ่านแสดงผลการจับเวลาได้ เป็น 3 ช่วงให้ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าเป็น 3 ช่วงใช้งาน (0.1, 0.01 และ 0.001 วินาที) คือ 0.30%, 0.35% และ 0.45 % ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนในการอ่านเฉลี่ยรวมทั้งสามช่วงได้เป็น 0.37% และได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.04

ตารางที่ 2 แสดงผลข้อมูลที่ได้ทำการทดสอบหน้าการทำงานในการจับเวลาแสดงผลอ่านค่าเปรียบเทียบ เครื่องต้นแบบที่สร้างกับนาฬิกาจับเวลา

เครื่องที่ออกแบบสร้าง Casio stop watch HW-70 (หน่วยวินาที)						
ครั้งที่ทดลอง	ที่ช่วง 0.1	วินาที	ที่ช่วง 0.01	วินาที	ที่ช่วง 0.001	วินาที
1	0.3	0.296	0.36	0.358	0.423	0.418
2	0.3	0.299	0.38	0.379	0.392	0.399
3	0.3	0.302	0.41	0.409	0.352	0.349
4	0.3	0.301	0.43	0.432	0.328	0.321
5	0.3	0.302	0.38	0.378	0.341	0.335
6	0.3	0.301	0.32	0.323	0.319	0.321
7	0.4	0.400	0.34	0.341	0.412	0.424
8	0.3	0.297	0.37	0.367	0.433	0.430
9	0.3	0.307	0.32	0.328	0.381	0.389
10	0.4	0.401	0.41	0.412	0.373	0.377
ค่าเฉลี่ย	3.2	3.206	3.72	3.727	3.754	3.763
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
% ค่าความคลาดเคลื่อน	0.30		0.35		0.45	
% ความถูกต้อง	99.70		99.65		99.55	

% ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรวม = 0.37
% ความถูกต้องเฉลี่ยรวม = 99.63

4. ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัยในการออกแบบและสร้างชุดเครื่องมือเวลาปฏิบัติการตอบสนองของร่างกายให้เป็นเครื่องต้นแบบนี้ จากข้อมูลที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง โดยการทดสอบทางเทคนิคและหน้าที่การทำงาน ที่ได้แสดงในรูปแบบที่ 14 และจากข้อมูลในตารางที่ 2 ได้แสดงให้เห็นค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าและได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นค่าเฉลี่ยการอ่านค่าเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงแสดงได้ว่า เครื่องให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อย ชุดเครื่องต้นแบบสามารถใช้งานได้ด้วยความมั่นใจ ซึ่งงานวิจัยนี้มีต้นทุนสร้างเครื่องต้นแบบ 28,859 บาท

5. การอภิปราย

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเครื่องต้นแบบ การทดสอบเปรียบเทียบเครื่องที่มีอยู่ทั่วไปปัจจุบันในประเทศ เครื่องที่ผลิตขึ้นมาที่ยังใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยี 18 ปีที่แล้วยังไม่มีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาสร้างเครื่องประเภทเดียวกัน ซึ่งถ้าทำการทดสอบอาจต้องจัดหาเครื่องที่ผลิตในประเทศเดียวกันที่มีเทคโนโลยีคล้ายกันมีผลิตสร้างในต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงมากในการจัดหามาเปรียบเทียบเพิ่มเติม จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเครื่องต้นแบบนี้กล่าวได้ว่า เป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้ อาจไม่ครบถ้วนทั้งหมดอาจต้องมีการพัฒนางานเพิ่มต่อไป แต่ผลที่ทดสอบเครื่องจับเวลาปฏิบัติการนี้ให้ความเชื่อมั่นในการนำไปใช้งานการจับเวลาที่เป็นชุดเครื่องมือเวลาปฏิบัติการตอบสนองของร่างกายได้และมีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบการใช้งานครบถ้วน

6. บทสรุป

สรุปผลงานวิจัยของการออกแบบและสร้างชุดเครื่องมือเวลาปฏิบัติการตอบสนองของร่างกายเป็นเครื่องต้นแบบนี้ ซึ่งได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพ

ต่างๆ และการจับเวลาเปรียบเทียบกับนาฬิกาจับเวลาได้
ค่าที่อ่านมีความคลาดเคลื่อนน้อยมากสามารถนำไปใช้
งานได้ ในงานวิจัยได้สร้างเครื่องต้นแบบนี้ ใช้ต้นทุน
เพียง 28,859 บาท ซึ่งมีราคาต่ำกว่าเครื่องประเภท
เดียวกันมาก และต้องจัดหาเครื่องนำเข้าจากต่างประเทศ

พิศมัย ประทุมทาน. (2549). เอกสารประกอบการสอน
สำหรับนักศึกษาแพทย์ สรีรวิทยาคณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ ในงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วง
ได้ ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.
ทัศนีย์ ปัญจานนท์ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัย
รังสิต ที่ให้การสนับสนุนในงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ
สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้การสนับสนุนการ
ทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณอย่างสูง ได้รับความกรุณาจาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศมัย ประทุมทาน หมวดีวิชา
สรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้การ
สนับสนุน เป็นที่ปรึกษาด้านวิชาการ ในการดำเนินการ
ทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณอย่างสูง ได้รับความกรุณาจาก
อาจารย์ประภาส ภูมิภักดิ์ ภาควิชาวิศวกรรม สาขาวิชา
วิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมโทรคมนาคม วิทยาลัย
วิศวกรรม มหาวิทยาลัยรังสิต ช่วยให้คำปรึกษา
ข้อเสนอแนะการเขียนโปรแกรมการใช้งานวิจัย และช่วย
จัดหาอุปกรณ์ การทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ภาควิชา
ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่เป็น
กำลังใจและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านในงานวิจัยนี้

8. เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ เวชแพศย์. (2526). หลักการออกแบบและการ
นำไปใช้. นครปฐม: โครงการวิจัยและพัฒนา
อุปกรณ์ชีวการแพทย์, มหาวิทยาลัยมหิดล.