



การพัฒนาเครื่องมือในการวัดเวลาปฏิบัติการในการตอบสนอง และเวลาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขาภายใต้การจำลองสถานการณ์ ในการขับขี่รถยนต์

โดย

นายชูชาติ ดวงหาญ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การพัฒนาเครื่องมือในการวัดเวลาปฏิภานในการตอบสนอง และเวลาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขาภายใต้การจำลองสถานการณ์ ในการขับขี่รถยนต์

โดย

นายชูชาติ ดวงหาญ



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



DEVELOPING AN INSTRUMENT TO MEASURE HUMAN REACTION
TIME AND MOVEMENT TIME OF THE LOWER LIMBS UNDER
A SIMULATION OF DRIVING SITUATION

BY

MR CHOOCHAT DUNGHARN



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING IN
INDUSTRIAL DEVELOPMENT
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การค้นคว้าอิสระ

ของ

นายชูชาติ ดวงหาญ

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องมือในการวัดเวลาปฏิกิริยาในการตอบสนองและเวลาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขา
ภายใต้การจำลองสถานการณ์ ในการขับซีรี่ย์นต์

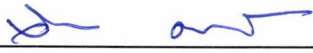
ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ


(รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภชัย สุรนันทน์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีรวรรณ คล้อยภยันต์)

กรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ


(รองศาสตราจารย์ ดร. ดนุพันธ์ วิสุวรรณ)

คณบดี


(รองศาสตราจารย์ ดร. ประภัสสร วังศากุญจน์)

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาเครื่องมือในการวัดเวลาปฏิภิกิริยาในการ ตอบสนอง และเวลาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขา ภายใต้การจำลองสถานการณ์ ในการขับขี่รถยนต์
ชื่อผู้เขียน	นายชูชาติ ดวงหาญ
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีรวรรณ คล้อยภยันต์
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

สมรรถภาพทางกายของบุคคลมีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ รวมทั้งกิจกรรมที่เสี่ยงต่ออันตรายอย่างเช่น การขับรถ เวลาปฏิภิกิริยาในการตอบสนองและเวลาในการเคลื่อนไหวของร่างกาย มีความสำคัญอย่างมากต่อสมรรถภาพของบุคคล ปัจจัยที่เกี่ยวกับความเมื่อยล้ามีหลายปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้เวลาปฏิภิกิริยาในการตอบสนองของแขนขาของคนคนขับรถช้าลงและอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการสร้างเครื่องมือในการวัดค่าเวลาปฏิภิกิริยาในการตอบสนองและเวลาในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขาของคนขณะขับรถ โดยมีกระบวนการผ่านการมองเห็น บนหน้าจอบนคอมพิวเตอร์ ทั้งขนาด และ สีของเป้าหมายในการกระตุ้น สีพื้นหลัง สามารถตั้งค่าให้แตกต่างกันได้จึงทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบได้ในหลายรูปแบบ เครื่องมือนี้ถูกออกแบบมาเพื่อทำการวัดเวลาปฏิภิกิริยาในการตอบสนอง ตั้งแต่ผู้ถูกทดสอบเริ่มมองเห็นการกระตุ้นจากจอภาพจนกระทั่งทำการขยับเท้าออกจากสวิทช์เท้าคันเร่ง และวัดเวลาในการเคลื่อนไหวของเขา ตั้งแต่ขยับเท้าออกจากสวิทช์เท้าคันเร่งมาเหยียบสวิทช์เท้าเบรก เครื่องมือทดสอบนี้มีประโยชน์อย่างมาก ในการศึกษาสมรรถภาพทางกายของมนุษย์และขีดจำกัดในการทำงานในภาวะที่เสี่ยง เช่น การขับรถยนต์ เป็นต้น

คำสำคัญ: เวลาปฏิภิกิริยาในการตอบสนอง; เวลาในการเคลื่อนไหว; การกระตุ้นผ่านการมองเห็น, ขับรถยนต์

Independent Study Title	DEVELOPING AN INSTRUMENT TO MEASURE HUMAN REACTION TIME AND MOVEMENT TIME OF THE LOWER LIMBS UNDER A SIMULATION OF DRIVING SITUATION
Author	Mr. Choochat Dungharn
Degree	Master of Engineering
Department/Faculty/University	Industrial Development Faculty of Engineering Thammasat University
Independent Study Advisor	Asst. Prof. Dr. Jirawan Kloypayan
Academic Years	2015

ABSTRACT

Human abilities are very important for performing many activities. Human body reaction time and movement time are the key components of human abilities. Several factors related to physiological fatigue can increase reaction time and movement time of driver that may cause the accidents. The objective of this research was to develop an instrument for measuring a reaction time and a movement time of driver's lower limbs. The visual stimuli with different color targets, backgrounds, and size could be set up in several situations to measure abilities of human reaction time and movement time. The instrument was designed to record this visual reaction time starting from the subject detected the color stimulus on the computer screen until the subject removed the leg from the accelerator foot pressure switch. Movement time of the leg, when the subject removed the leg from the accelerator foot switch and pressed on the brake foot pressure switch, was also recorded. This instrument would be very useful for learning human abilities and limitation to perform serious tasks such as driving.

Keywords: reaction time, movement time, visual stimuli, driving

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีรวรรณ คล้อยภยันต์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นริศ เจริญพร ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ เสนอแนะ แนวทางในการศึกษาค้นคว้าวิจัย ทำให้การค้นคว้าอิสระนี้เสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านคณะกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภชัย สุรพันธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. ดนุพันธ์ วิสุวรรณ ที่ร่วมให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยนี้ ทำให้งานวิจัยนี้ มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท แมกเนคอมพิวเตอร์ ฟริชชั่น เทคโนโลยี ที่ กรุณาให้ความ เอื้อเฟื้อ สถานที่ในการทดลองและเก็บข้อมูลการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว รวมถึงเพื่อน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา และผู้วิจัยคาดหวังว่า การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ จะเป็น ประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการ ศึกษา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงต่อไป

นายชูชาติ ดวงหาญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนในการทำวิจัย	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การรับรู้และการตอบสนอง	3
2.2 เวลาปฏิกิริยาตอบสนอง	4
2.2.1 ชนิดของเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง	4
2.2.2 ปัจจัยต่างๆ ในเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง	6
2.3 การตอบสนองต่อการมองเห็น	7

2.4 การแนวทางในทดลองการสนองต่อการมองเห็น	11
2.4.1 รูปร่างของวัตถุ	11
2.4.2 ลักษณะการวางของวัตถุ	11
2.4.3 ทิศทางการวางวัตถุ	12
2.4.4 ระยะของวัตถุ	12
2.4.5 ขนาดของวัตถุ	13
2.4.6 พลังงานสเปกตรัมของแสง	14
2.4.7 ความเข้มของแสงแวดล้อม	15
2.5 ความเมื่อยล้า	18
2.5.1 สาเหตุของความเมื่อยล้าในการทำงาน	18
2.5.2 ผลกระทบของความเมื่อยล้า	19
2.6 เวลาปฏิกิริยาตอบสนองกับการขับชี้รถยนต์	19
2.6.1 เวลาที่ผู้ตอบสนองรับรู้ถึงสิ่งที่มากระทบและทำการตัดสินใจ	19
2.6.2 เวลาในการเคลื่อนที่	20
2.6.3 เวลาในการตอบสนองของรถ	20
2.6.4 การศึกษาเวลาในการตอบสนองของเบรก	21
2.7 รูปแบบทั่วไปในการทดสอบการตอบสนอง	24
2.7.1 การทดสอบแบบง่าย	24
2.7.2 เครื่องมือทดสอบที่มีจำหน่ายในท้องตลาด	25
2.7.3 เครื่องมือทำการออกแบบตามลักษณะการทดลอง	27
2.8 การแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงแบบที (T – Distribution)	29
2.9 การทดสอบสมมุติฐาน	31
2.9.1 การตั้งสมมุติฐาน	31
2.9.2 การทดสอบสมมุติฐาน	34
2.9.3 ขั้นตอนการทดสอบสมมุติฐาน	35
2.9.4 การทดสอบสมมุติฐานค่าเฉลี่ยของประชากรเดียว	35
2.10 การประเมินคุณสมบัติด้านไบอัส (Bias) การประเมินการประเมินคุณสมบัติทางด้านเสถียรภาพ (Stability) และการประเมินคุณสมบัติทางเส้นตรง (linearity) ของเครื่องมือการประเมินผลคุณสมบัติด้านไบอัส	37

2.10.1 ค่าไบอัส	37
2.10.2 การประเมินคุณสมบัติทางด้านเสถียรภาพ	37
2.10.3 การประเมินคุณสมบัติทางเส้นตรง	39
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	42
3.1 หลักการทำงานของเครื่องมือทดสอบปฏิกิริยาตอบสนองสำหรับผู้ขับซีรยนต์	42
3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Reaction Time Tester	44
3.1.2 การทำงานของปุ่มต่างๆ	45
3.2 การออกแบบกล่องวัดเวลา	47
3.2.1 ขั้นตอนการทำงานของกล่องวัดเวลา	49
3.3 ทฤษฎีพื้นฐานการในการออกแบบกล่องวัดเวลา	49
3.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	50
3.3.2 การสื่อสารอนุกรม	56
3.3.3 อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง	63
3.3.4 สวิตช์	67
3.4 การประกอบกล่องจับเวลา	68
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	71
4.1 การประเมินคุณสมบัติด้านไบอัสและประเมินเสถียรภาพของเวลาตอบสนอง	71
4.2 การประเมินคุณสมบัติด้านไบอัสและประเมินเสถียรภาพของค่าเวลาในการเคลื่อนที่	75
4.3 การประเมินคุณสมบัติทางเส้นตรงของเวลาตอบสนอง	78
4.4 การประเมินคุณสมบัติทางเส้นตรงของวัดเวลาในการเคลื่อนที่	80
4.5 การทดสอบการใช้งานเครื่องมือทดสอบปฏิกิริยาการตอบสนองสำหรับผู้ขับซีรยนต์	82
บทที่ 5 สรุปผลข้อเสนอแนะ	88

5.1 สรุปผล	88
5.2 ข้อเสนอแนะ	88
รายการอ้างอิง	89
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การปรับบอร์ด ET-OPTO DC-IN4	92
ภาคผนวก ข การใช้งานโปรแกรม AVR Studio 4	98
ภาคผนวก ค การโหลดข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์	102
ภาคผนวก ง ค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุมความผันแปร	106
ภาคผนวก จ ตารางค่า F ความน่าจะเป็น 0.05	107
ประวัติผู้เขียน	109

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การศึกษาเวลาในการตอบสนองของเบรก (Brake reaction time) และเครื่องมือในการทดสอบ	21
2.2 การตั้งสมมุติฐาน สถิติที่ใช้ในการทดสอบ และบริเวณวิกฤต	36
2.3 ANOVA ทดสอบความมีนัยยะสำคัญของตัวแปรแบบเชิงเส้นตรง	40
4.1 ข้อมูล Response time ที่วัดได้ในย่าน 300 มิลลิวินาที	73
4.2 ข้อมูล Movement time ที่วัดได้ในย่าน 300 มิลลิวินาที	76
4.3 ค่าที่ทำการทดสอบ Response time ในย่าน 100, 300, 500, 800 มิลลิวินาที	79
4.4 ค่าที่ทำการทดสอบ Movement time ในย่าน 100, 300, 500, 800 มิลลิวินาที	81
4.5 ผลการทดสอบจากผู้ถูกทดสอบ 8 คน	84

สารบัญภาพ

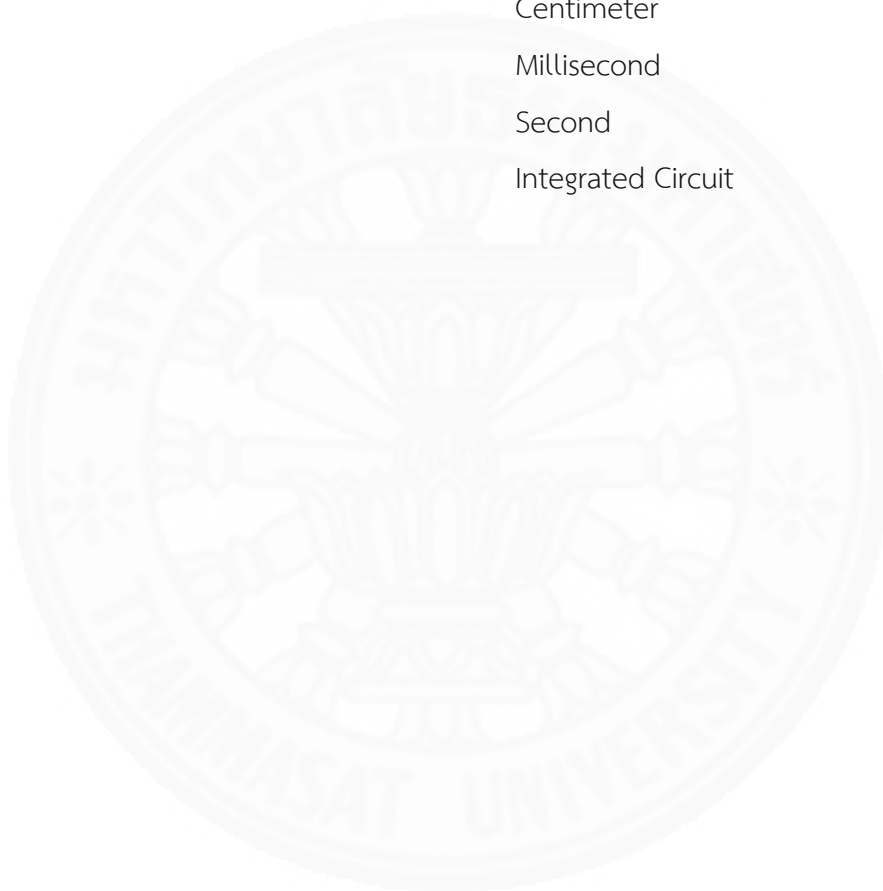
ภาพที่	หน้า
2.1	3
2.2	4
2.3	5
2.4	5
2.5	8
2.6	9
2.7	9
2.8	10
2.9	10
2.10	11
2.11	12
2.12	13
2.13	14
2.14	15
2.15	21
2.16	25
2.17	26
2.18	26
2.19	27
2.20	28
2.21	28
2.22	30
2.23	32
2.24	32
2.25	39

3.1	แผนผังการทำงานของโปรแกรม Reaction time tester	43
3.2	ลักษณะของโปรแกรมที่เขียนเรียบร้อยแล้ว	44
3.3	หน้าจอสำหรับกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง	45
3.4	หน้าจอรองทำหน้าที่ในการกระตุ้นทางสายตา	46
3.5	แผนผังการทำงานของกล่องวัดเวลา	48
3.6	ลักษณะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8535 แบบ DIP	51
3.7	ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8535	51
3.8	โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8535	52
3.9	บอร์ด AVR ไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-AVR V3.0 ผลิตโดยบริษัท ETT	53
3.10	การต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของบอร์ด CP-AVR V3.0	54
3.11	การต่อวงจรในส่วนของการติดต่อสื่อสารแบบ RS232 บอร์ด CP-AVR V3.0	54
3.12	พอร์ต I/O ขนาด 34 ขาของบอร์ด CP-AVR V3.0	55
3.13	หัวต่อสัญญาณ RS-232 ของบอร์ด CP-AVR V3.0	56
3.14	การสื่อสารทางเดียว (Simplex)	57
3.15	การสื่อสารสองทาง (Half-duplex)	57
3.16	การสื่อสารสองทาง (Full-duplex)	57
3.17	การรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous)	58
3.18	การรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)	58
3.19	ระดับแรงดันในมาตรฐาน RS-232C	60
3.20	การจัดขา ของคอนเน็กเตอร์ อนุกรมแบบ DB9	61
3.21	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem	62
3.22	การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น	62
3.23	อุปกรณ์ แปลงจาก USB Port เป็น Serial Port	63
3.24	ตัวอย่างอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่ใช้ตัวถังแบบต่างๆ	64
3.25	สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าและตัวถังของแสง ออปโตคัปเปลอร์เบอร์ 4N35 แบบ 6 ขา	64
3.26	วงจรใช้งานออปโตคัปเปลอร์เบื้องต้น	65
3.27	บอร์ดออปโตคัปเปลอร์เอนกประสงค์ ET-OPTO DC-IN4	66
3.28	วงจรบอร์ดออปโตคัปเปลอร์เอนกประสงค์ ET-OPTO DC-IN4	66
3.29	สัญลักษณ์ของสวิตช์แบบต่างๆ	67
3.30	รูปร่างและสัญลักษณ์ของสวิตช์แบบเท้าเหยียบ (Foot Switch)	68

3.31	วงจรบอร์ด AVR ไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-AVR V3.0 และส่วนที่ต่อเพิ่ม	68
3.32	วงจรส่วนที่ต่อเพิ่ม	69
3.33	วงจรภายในกล่องจับเวลา	69
3.34	เครื่องที่ทำการประกอบเรียบร้อยแล้ว	70
3.35	เครื่องที่ทำการประกอบเรียบร้อยแล้ว	70
4.1	การวัดสัญญาณนาฬิกาจากขั้วต่อเพื่อการทดสอบ (Test Point)	72
4.2	การวัดรูปสัญญาณนาฬิกาด้วยออสซิลโลสโคป	72
4.3	X-bar control chart ของ Response time โดยใช้โปรแกรม Minitab	74
4.4	R control chart ของ Response time โดยใช้โปรแกรม Minitab	74
4.5	ผลการทดสอบ 1-sample z test ของ Response time จาก Minitab	75
4.6	X-bar control chat ของ Movement time โดยใช้โปรแกรม Minitab	77
4.7	R control chat ของ Movement time จากโดยใช้โปรแกรม Minitab	77
4.8	ผลการทดสอบ 1-sample z test ของ Movement time จาก Minitab	78
4.9	การทดสอบเครื่องวัดเวลาในการตอบสนอง	83
4.10	การวางเท้าในขณะที่ทำการทดสอบ	83
4.11	เมื่อนำข้อมูลมาทดสอบมาทดสอบโดยบล็อกพล็อต (Block plot)	85
4.12	ฮิสโตแกรมของค่าเวลาตอบสนอง (Response time) จากการทดสอบโดยใช้ ตัวกระตุ้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร	85
4.13	ฮิสโตแกรมของค่าเวลาตอบสนอง (Response time) จากการทดสอบโดยใช้ ตัวกระตุ้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร	86
4.14	ผลการทดสอบ 2-sampleT จากโปรแกรมมินิแทป	87

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำเต็ม/คำจำกัดความ
DC	Direct Current
CPU	Central Processing unit
cm	Centimeter
ms	Millisecond
sec	Second
ic	Integrated Circuit



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สมรรถภาพทางกายของบุคคล เป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการดำเนินชีวิตแต่ละวัน ซึ่งสมรรถภาพทางกายนั้นประกอบด้วยกันหลายส่วน อาทิเช่น ทักษะทางกาย ความสามารถในการเคลื่อนไหวเป็นต้นโดยองค์ประกอบหลักอย่างหนึ่งของสมรรถภาพทางกายนั้นเรียกว่า เวลาปฏิกิริยา ตอบสนอง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าหนึ่งๆ ด้วยการกระทำหนึ่งๆ โดยการมีเวลาปฏิกิริยาตอบสนองที่เร็วนั้นจะมีประโยชน์อย่างมากต่อการเล่นกีฬา รวมทั้งเหตุการณ์ทั่วไปและเหตุการณ์ฉุกเฉินที่ต้องการการตัดสินใจที่รวดเร็ว ดังนั้น การทดสอบเพื่อวัดและพัฒนาสมรรถภาพทางกายด้าน เวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction Time) จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะในการทดสอบปฏิกิริยาตอบสนองในข้อซึ่รถยนต์

ในการวิจัยสนใจในเรื่องของการสร้างเครื่องมือในการทดสอบปฏิกิริยาตอบสนอง สำหรับผู้ที่ข้อซึ่รถยนต์ว่ามีความสามารถในการตอบสนองดีพอหรือไม่ โดยเป็นเครื่องมือทดสอบที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุม มีการกระตุ้นทางสายตา (Visual stimulus) ผ่านทางจอมอนิเตอร์ และทำการวัดเวลาปฏิกิริยาตอบสนองโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีการรายงานผลการทดสอบผ่านทางคอมพิวเตอร์ การออกแบบนั้นจะทำการทดสอบทั้งการตอบสนองของขาโดยการจำลองให้เหมือนการขับรถให้มากที่สุดเพื่อความแม่นยำในการทดสอบ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและสร้างอุปกรณ์ในการทดสอบการวัดค่าเวลาปฏิกิริยาในการตอบสนองผ่านทางสายตา (Visual reaction time) ในการข้อซึ่รถยนต์

1.2.2 เพื่อศึกษาการประยุกต์การใช้งานระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครคอมพิวเตอร์ในการวัดค่าเวลาปฏิกิริยาในการตอบสนอง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ค้นหาข้อมูลอ้างอิงเกี่ยวกับระบบทดสอบเวลาปฏิกิริยาตอบสนองและทำการออกแบบให้เหมาะสมในการวัดการตอบสนองของในการขับซีรณนต์

1.3.2 ทำการศึกษาและออกแบบและสร้างระบบซึ่งควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์และระบบกลไก

1.3.3 ทำการวัดเปรียบเทียบเครื่องที่ทำการสร้างเสร็จกับเครื่องจับเวลามาตรฐาน และวิเคราะห์ความสามารถในการวัดเวลาปฏิกิริยาโดยเบื้องต้น

1.4 ขั้นตอนในการทำวิจัย

1.4.1 ทำการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยเกี่ยวกับเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง เพื่อทำการประยุกต์ออกแบบรูปแบบที่เหมาะสมในการทดสอบปฏิกิริยาตอบสนองในการขับซีรณนต์

1.4.2 ทำการศึกษาหลักการทางานของไมโครคอนโทรลเลอร์และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และของรูปแบบของกลไกและทำการออกแบบเครื่องวัดเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง

1.4.3 ทำการประกอบเครื่องวัดเวลาปฏิกิริยาตอบสนองทำการทดสอบเบื้องต้นและการปรับปรุงแก้ไข

1.4.4 ทำการวัดเปรียบเทียบเครื่องที่ทำการสร้างเสร็จกับเครื่องจับเวลามาตรฐาน และวิเคราะห์ความสามารถของเวลาการวัดเวลาปฏิกิริยาโดยเบื้องต้น

1.4.5 ทำการสรุปผลการทดลอง

1.4.6 การส่งงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

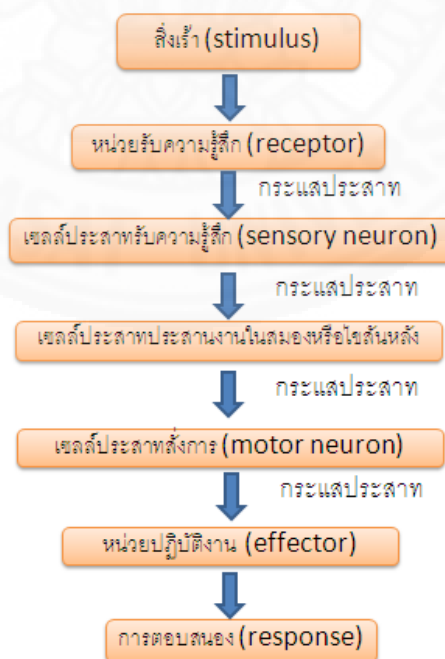
จากงานวิจัยเครื่องวัดเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง ในการขับซีรณนต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกรณีขององค์กรที่ต้องการทดสอบค่าเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction Time) ในการเหยียบเบรกของพนักงานขับรถเป็นประจำ และสามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยอื่นได้

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การรับรู้และการตอบสนอง

กิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตเกิดจากการประสานการทำงานของระบบอวัยวะต่าง ๆ เพื่อรักษาให้ร่างกาย อยู่ในสภาพสมดุล การทำงานของระบบต่าง ๆ เกิดขึ้นเพื่อสนองตอบการรับรู้จากสิ่งเร้า (Stimulus) ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมภายในหรือจากภายนอกของร่างกาย การตอบสนองต่อสิ่งเร้า อาศัยการทำงานของระบบ 2 ระบบ คือ ระบบประสาท (Nervous System) และ ระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine System) โดยระบบประสาทจะควบคุมการตอบสนองที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดลงอย่างรวดเร็ว ยกตัวอย่างเช่น การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ระบบต่อมไร้ท่อจะควบคุมการตอบสนองที่เกิดขึ้นช้าแต่มีผลต่อเนื่องในระยะเวลายาวนาน เช่น การเจริญของเซลล์ไข่ในรังไข่ แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าทั้งสองระบบจะทำงานแตกต่างกัน แต่ก็ทำงานสัมพันธ์กัน เรียกว่า ระบบประสานงาน (Co-Ordinating System)



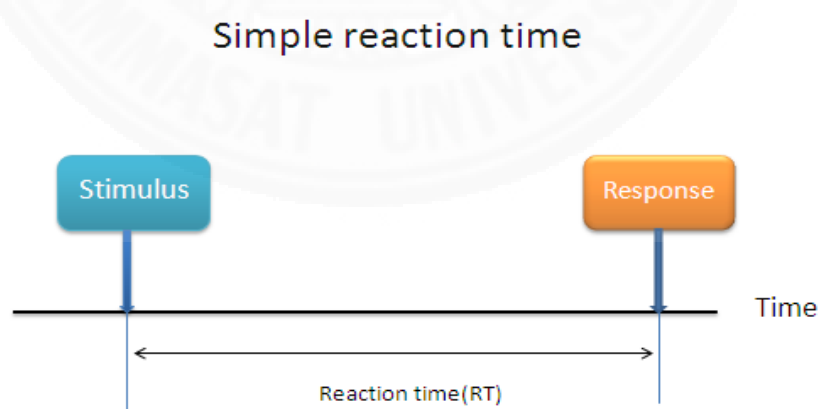
ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนในการตอบสนองของมนุษย์

วงจรการทำงานของระบบประสาท (Nervous System) ประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูล คืออวัยวะรับสัมผัส (Receptor) ต่างๆ เช่น หู ตา จมูก ผิวหนัง ได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้า (Stimulus) จากภายนอกเมื่อได้รับการกระตุ้นแล้วหน่วยรับความรู้สึกจะส่งกระแสประสาทมายัง เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory Neuron) ก็จะส่งกระแสประสาทมายังเซลล์ประสาท ประสานงานในสมองหรือในไขสันหลัง เพื่อทำการตัดสินใจในการตอบสนองหรือไม่ตอบสนอง เมื่อ สมองตัดสินใจทำการตอบสนองสมองจะทำการส่งกระแสประสาทไปยังเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor Neuron) เซลล์ประสาทสั่งการจะส่งกระแสประสาทไปยังหน่วยปฏิบัติงาน (Effector) ซึ่งก็คือ กล้ามเนื้อเพื่อทำการตอบสนอง (Response) ต่อไป

2.2 เวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction Time)

2.2.1 เวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction Time) เวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction Time) หรือ RT ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่ร่างกายใช้ในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าหนึ่งๆ (Stimulus) ด้วยการตอบสนอง (Response) อย่างไม่อย่างหนึ่ง โดยนักจิตวิทยาได้แบ่ง เวลาปฏิกิริยาตอบสนองเป็น 3 ชนิด (Luce, 1986; Welford, 1980) ได้แก่

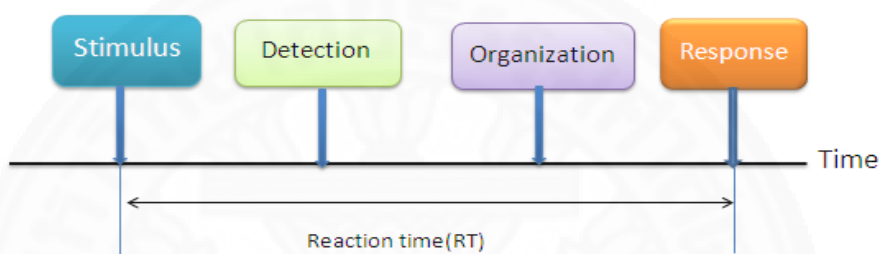
2.2.1.1 เวลาปฏิกิริยาตอบสนองแบบพื้นฐาน (Simple reaction time) เป็นการวัดเวลาตอบสนองแบบพื้นฐาน โดยมีการกระตุ้น 1 รูปแบบและการตอบสนอง 1 รูปแบบเท่านั้น ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กระบวนการของการตอบสนองแบบพื้นฐาน

2.2.1.2 เวลาปฏิกิริยาตอบสนองแบบแบ่งแยก (Recognition reaction time) มีอีกชื่อหนึ่งก็คือ Go and No-Go ซึ่งเป็นการวัดเวลาตอบสนองเมื่อมีการกระตุ้น 2 รูปแบบ โดยมีการกระตุ้น 1 แบบ (memory set) เท่านั้นที่ผู้ทดสอบจะต้องตัดสินใจตอบสนอง ส่วนการกระตุ้นอีกแบบ หนึ่ง (Distractor set) ผู้ทดสอบจะต้องไม่ตอบสนอง ดังนั้นการทดสอบชนิดนี้จะมีการตัดสินใจเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังภาพที่ 2.3

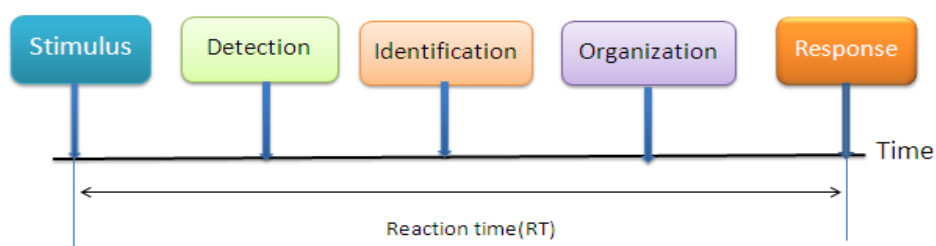
Recognition reaction time



ภาพที่ 2.3 กระบวนการของการตอบสนองแบบแบ่งแยก

2.2.1.3 เวลาปฏิกิริยาตอบสนองแบบทางเลือก (Choice reaction time) ในการทดสอบชนิดนี้รูปแบบการกระตุ้นนั้นจะมีมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไป และจะมีรูปแบบการตอบสนองประจำการกระตุ้นในแต่ละลักษณะ ซึ่งการทดสอบลักษณะนี้จะมี ความซับซ้อนมากที่สุด ในสามแบบ เพราะผู้ทดสอบนั้นจะต้องวิเคราะห์การกระตุ้นนั้น เลือกรูปแบบการตอบสนองจากความจำของตน และลงมือตอบสนอง ยกตัวอย่างการทดสอบ เช่น การเล่นเกมตีตัวตุนซึ่งจะมีการสุ่มการดันตัวออกมาให้ผู้ทดสอบจ้องเลือกตีให้ถูกตำแหน่ง มีหลักการดังภาพที่ 2.4

Choice reaction time



ภาพที่ 2.4 กระบวนการของการตอบสนองแบบทางเลือก

2.2.2 ปัจจัยต่างๆ ในเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง

2.2.2.1 ความซับซ้อนการตอบสนอง นั้นขึ้นตรงกับความเร็วในการประมวลผลเพื่อตัดสินใจตอบสนอง ความเร็วในการตอบสนองจะเร็วที่สุดเมื่อเป็นการตอบสนองแบบพื้นฐาน ที่มีการตอบสนองที่แน่นอน และรองลงมา คือ การตอบสนองแบบแบ่งแยก ซึ่งต้องตัดสินใจและตามด้วยการตอบสนองแบบทางเลือกซึ่งต้องรูปแบบการตอบสนอง และเลือกทำการตอบสนองนั้นๆ โดยในการตอบสนองแบบทางเลือกยังมีรูปแบบ ปัจจัย และความซับซ้อนของการกระตุ้น มากขึ้นเวลาปฏิกิริยาตอบสนองก็จะใช้เวลานานขึ้น

ในการทดลองของ Tejas (2013) โดยทดสอบเวลาปฏิกิริยาตอบสนองต่อเสียง (Auditory reaction Times) ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน และใช้เครื่อง 653 MP (Reaction time apparatus) ของบริษัท อินโค คัมปานี (Inco company) ได้ผลว่าค่าเวลาปฏิกิริยาตอบสนองต่อเสียงแบบพื้นฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.15818 ± 0.02414 วินาที ซึ่งน้อยกว่าค่าเวลาปฏิกิริยาตอบสนองแบบทางเลือกที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.31018 ± 0.06847 วินาที สอดคล้องกับการทดลองของ Kaia Ritesh M (2012) ที่ทำการทดลองการตอบสนองต่อแสง (Visual reaction time) ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน และใช้ เครื่อง 653 MP (reaction time apparatus) ของบริษัท อินโค คัมปานี (Inco company) ได้ผลว่า ค่าเวลาปฏิกิริยาตอบสนองแบบพื้นฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.16590 ± 0.02685 วินาที ซึ่งน้อยกว่าสนองแบบทางเลือก (Choice reaction time) ที่มีค่าเวลาปฏิกิริยาตอบสนองเฉลี่ยเท่ากับ 0.30868 ± 0.07499 วินาที

2.2.2.2 ชนิดของตัวกระตุ้น (Stimulus) การกระตุ้นนั้นจะใช้สัมผัสพื้นฐานของมนุษย์ เช่น การมองเห็น การได้ยิน การรับรส ความเจ็บปวด และการรู้สึกถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น แต่ในการทดลองส่วนมากมักจะใช้ แสง หรือเสียงในการทดสอบ โดยมนุษย์นั้นจะตอบสนองต่อสิ่งเร้าแต่ละชนิดด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากัน จากการทดสอบจะตอบสนองต่อเสียง (Auditory reaction Times) ได้เร็วกว่าต่อแสง (Visual reaction times) จากการศึกษาของ Jose Shelton (2010) โดยใช้โปรแกรมไดเรคอาร์ที (DireactRT) ของบริษัทมีเดียแลป (Medialab) โดยให้ผู้ทดสอบกดปุ่มสเปสบาร์ (Space bar) เมื่อเห็นแถบสีเหลืองปรากฏบนจอมอนิเตอร์ในการทดสอบการตอบสนองต่อแสง และให้ผู้ทดสอบกดปุ่มสเปสบาร์ (Space bar) เมื่อได้ยินเสียงบี๊จากลำโพงในการทดสอบการตอบสนองต่อเสียง พบว่าค่าเวลาปฏิกิริยาตอบสนองต่อเสียงเฉลี่ยเท่ากับ 0.284 วินาทีและเวลาปฏิกิริยาตอบสนองต่อแสงเฉลี่ยเท่ากับ 0.331 วินาที

ในการทดลองของ Annie W.Y. Ng (2012) ในการตอบสนองของนิ้วมือต่อการกระตุ้นด้วยแสงการกระตุ้นด้วยเสียงและการกระตุ้นทางผิวสัมผัส (Tactile Modality Stimulate) โดยใช้ โปรแกรมวิชวลเบสิก 6 (Visual Basic 6.0) บนคอมพิวเตอร์ (ASUS Eee PC 4G) โดยทำการ

ติดต่ออุปกรณ์ในการตอบสนองผ่านทางยูเอสบี (USB Port) ได้ผลว่าการตอบสนองต่อทางผิวสัมผัสจะสั้นกว่าการตอบสนองต่อเสียง 28% และจะสั้นกว่าการตอบสนองด้วยแสง 34% การตอบสนองด้วยเสียง จะสั้นกว่าการตอบสนองด้วยแสง 5%

2.2.2.3 ความเข้มของตัวกระตุ้นในตัวกระตุ้นที่ชัดเจนกว่า ผู้ทดสอบนั้นมักจะตอบสนองได้ดีและเร็วกว่าตัวกระตุ้นที่มีความชัดเจนน้อยโดยปัจจัยของความเข้มหรือความชัดเจนของตัวกระตุ้นจะประกอบด้วย ระยะเวลาคงอยู่ของตัวกระตุ้น และขนาดของตัวกระตุ้น เช่น ความเข้มและขนาดแสง หรือความดังของเสียง ที่ผู้ทดสอบได้รับรู้

2.2.2.4 การเคลื่อนไหวและการทำงานของกล้ามเนื้อ ต่อรูปแบบการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในแต่ละรูปแบบที่ต่างกันย่อมใช้เวลาในการกระทำไม่เท่ากัน เวลาในการกระทำส่วนนี้เป็นขั้นตอนถัดมาจากการวิเคราะห์เพื่อเลือกการกระทำเสร็จสิ้นแล้ว เรียกว่า เวลาในการเคลื่อนไหว (Movement time) ซึ่งยิ่งรูปแบบการตอบสนองยากขึ้น หรือใช้การเคลื่อนไหวร่างกายมากขึ้น เวลาที่ใช้ก็น่าจะมากขึ้นเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะรูปแบบการตอบสนองจะเป็นรูปแบบใด ผู้ทดสอบที่ตอบสนองไวต่อการทดสอบชนิดหนึ่ง มีแนวโน้มที่เวลาปฏิกิริยาจะเร็วเช่นกันในการทดสอบอื่น เมื่อเทียบกับผู้ทดสอบที่มีเวลาปฏิกิริยาตอบสนองช้ากว่าในการทดสอบแบบเดียวกัน

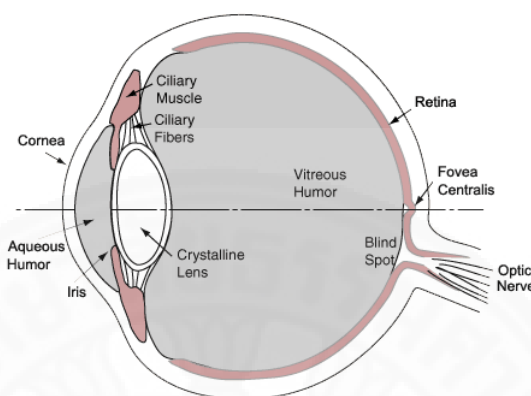
2.2.2.5 ปัจจัยในส่วนของผู้ทดสอบ เวลาปฏิกิริยาตอบสนองของบุคคลนั้นจะมีปัจจัยหลายอย่างเป็นตัวกำหนด โดยปัจจัยส่วนของผู้ทดสอบเมื่อรูปแบบการทดสอบตายตัวนั้น มีตัวอย่าง ได้แก่ เพศ วัย ความถนัดในการตอบสนอง ทักษะการเคลื่อนไหว การถนัดซ้ายหรือขวา อารมณ์ของผู้ทดสอบ ความเครียด ความกังวล ความกลัว การซ้อม ความเคยชิน โรค และความผิดปกติทั้งทางร่างกายและจิตใจ

ในการทดสอบการตอบสนองต่อแสงของ Badwe (2012) โดยการให้ผู้ทดสอบทำการใช้นิ้วชี้ กดปุ่มของเครื่องทดสอบที่ทำแบบง่ายเมื่อเห็นแสงไฟสว่างขึ้น พบว่า ผู้ชายเวลาในการตอบสนองนิ้วชี้ขวาเฉลี่ยประมาณ 145.05 มิลลิวินาที นิ้วชี้ซ้ายเฉลี่ยประมาณ 167.03 มิลลิวินาที ผู้หญิงเวลาในการตอบสนองนิ้วชี้ขวาเฉลี่ยประมาณ 165.39 มิลลิวินาที นิ้วชี้ซ้ายเฉลี่ยประมาณ 171.54 มิลลิวินาที

2.3 การตอบสนองต่อการมองเห็น (Visual reaction)

แสงเป็นปัจจัยหลักในการมองเห็น คุณลักษณะของแสงนั้นจะแสดงตัวเป็นทั้งคลื่นที่สามารถกระจายออกจากต้นกำเนิดแสง และแสดงตัวในรูปของพลังงานที่เรียกว่าพลังงานโฟตรอน แสงเดินทางเป็นเส้นตรงแต่เมื่อกระทบวัตถุที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงจะทำให้แสงเปลี่ยนทิศทางได้ การมองเห็นวัตถุเกิดจากการที่แสงไปตกกระทบสิ่งต่างๆ แล้วเกิดการสะท้อนเข้าสู่ตาเรา

และผ่านเข้ามาในลูกตาไปทำให้เกิดภาพบนจอ (Retina) ที่อยู่ด้านหลังของลูกตา ข้อมูลของวัตถุที่มองเห็นจะส่งขึ้นไปสู่สมองตามเส้นประสาท (Optic nerve) สมองจะแปลข้อมูลเป็นภาพของวัตถุนั้น แล้วส่งไปยังสมองผ่านทางเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory Neuron)

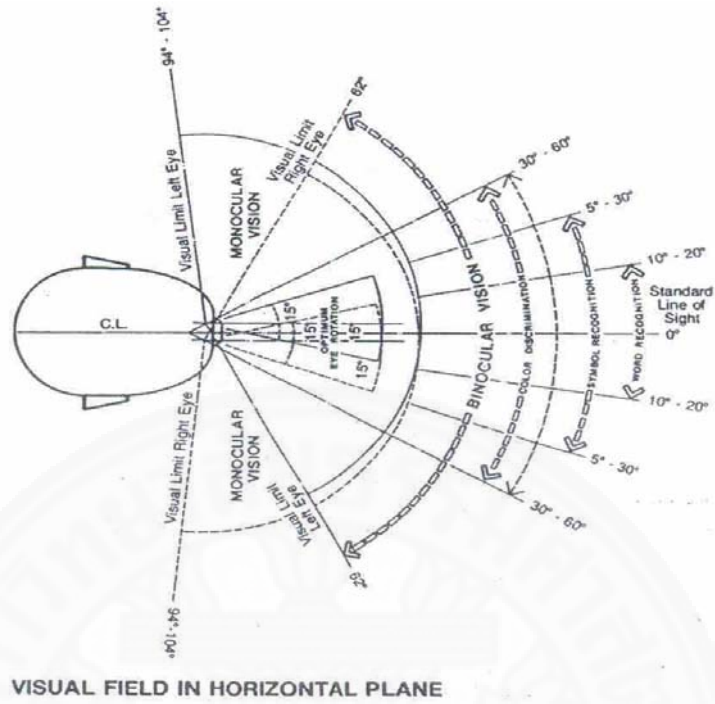


ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของดวงตา

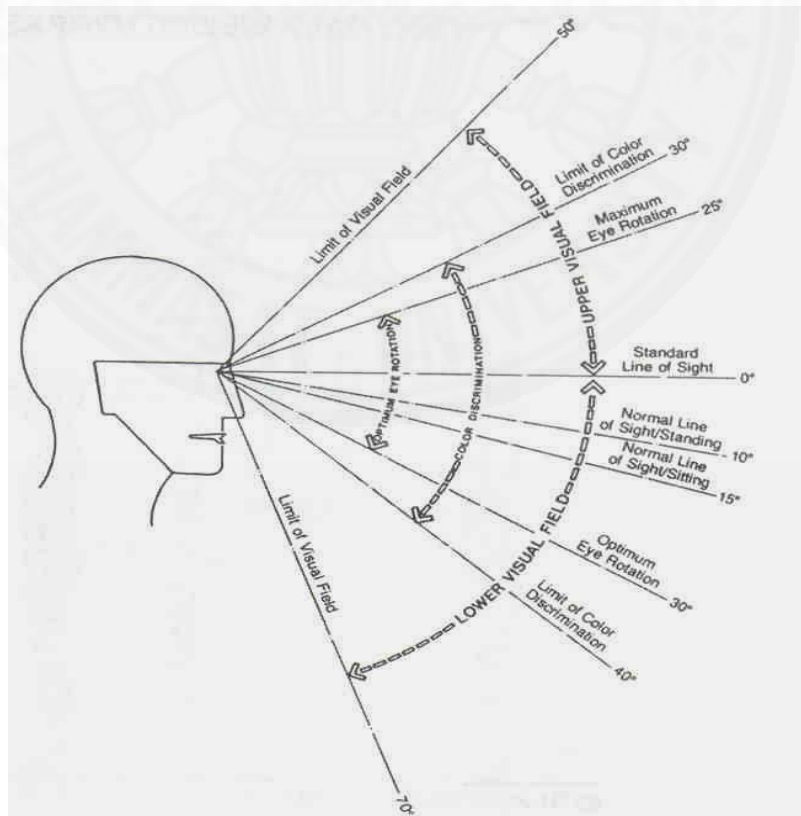
ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/100/2/eye.htm>

การมองเห็นภาพสี (Colour vision) ความสามารถของตาในการรับและแยกแยะความยาวคลื่นต่างๆ ได้ทำให้มนุษย์มองเห็นแถบสีต่างๆ ที่สามารถมองเห็นได้ (Visible spectrum) เนื่องจากวัตถุในวัตถุต่างๆ นั้นมีความสามารถในการดูดซึมแสงในช่วงความยาวคลื่นได้ต่าง ๆ กัน แสงในช่วงความยาวคลื่นที่ไม่ถูกดูดซึมโดยวัตถุนั้นๆ ก็จะสะท้อนออกมากระตุ้นเซลล์รับแสงรูปกรวย (Cone cells) ในจาก 3 ชนิด ซึ่งมีความไวต่อแสงสีน้ำเงิน เขียว และแดง การที่มนุษย์สามารถแยกแยะสีชนิดต่างๆ ได้นั้น เกิดจากเซลล์รับแสงรูปกรวยแต่ละชนิดถูกกระตุ้นด้วยอัตราส่วนที่ต่าง ๆ กัน ส่วนอาการตาบอดสี (Colour blindness) เกิดจากการที่คนมีความผิดปกติของการแยกสี ซึ่งอาจเกิดจากการที่มีเซลล์รับแสงรูปกรวยไม่ครบ 3 ชนิด หรืออาจขาดชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหากมีครบ 3 ชนิดเกิดจากการที่คนมีความผิดปกติของการแยกสี ซึ่งอาจเกิดจากการที่มีเซลล์รับแสงรูปกรวยครบ 3 ชนิดแต่การทำงานของเซลล์รับแสงรูปกรวยชนิดใดชนิดหนึ่งไม่ทำงานเรียกว่าการแยกสีบกพร่อง (Colour weakness)

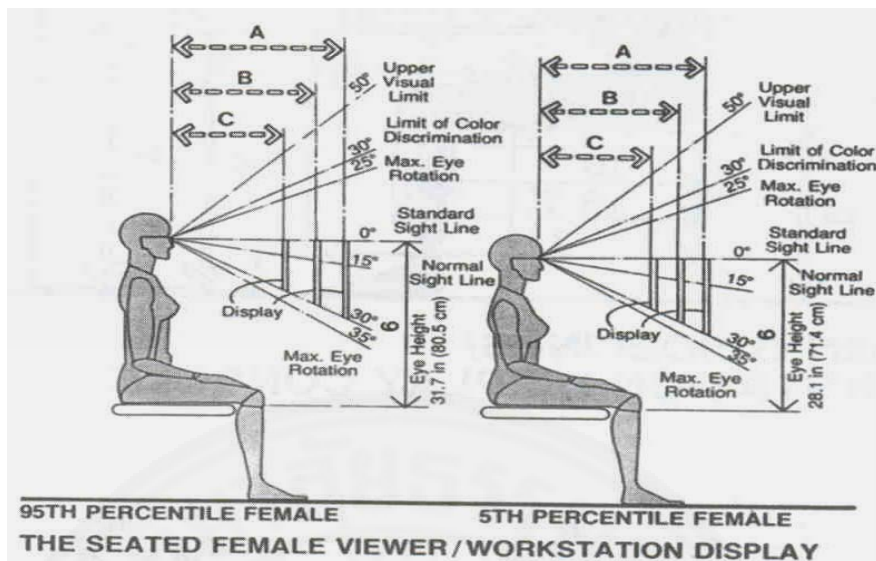
สมรรถนะในการมองเห็นของมนุษย์ (ธวัชชานนท์ สิปปกากุล, 2548) ในแนวอนของตา แต่ละข้างประมาณ 62 องศาและมุมในการอ่านตัวอักษรประมาณ 10 - 20 องศาส่วนระยะในการมองเห็นของตาทั้งข้างซ้ายและข้างขวาประมาณ 94 -104 องศา ในแนวตั้งในการมองเห็นภาพด้านบนประมาณ 50 องศา ด้านล่างประมาณ 70 องศา ขณะเดียวกันจะมีแนวสายตาในระดับยื่นประมาณ 10 องศา และในระดับนั้งประมาณ 15 องศาตั้งรูปที่ 2.6 และ 2.7



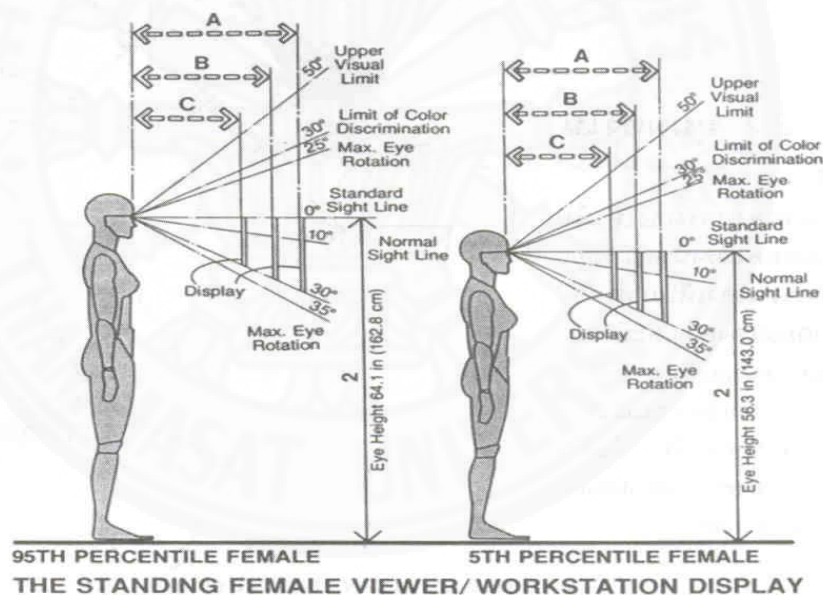
ภาพที่ 2.6 มุมมองแนวนอน ที่มา : Panero and Zelnik , 1979 : 287



ภาพที่ 2.7 มุมมองแนวตั้ง ที่มา : Panero and Zelnik , 1979 : 287

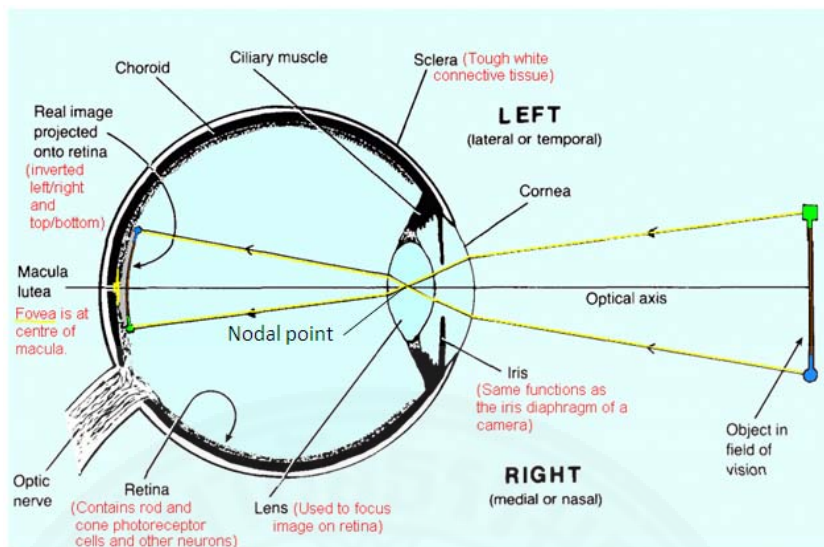


ภาพที่ 2.8 ระดับการมองและการจัดพื้นที่ทำงานขณะ ที่นั่ง : Panero and Zelnik , 1979 : 291



ภาพที่ 2.9 ระดับการมองจากพื้นที่ทำงานขณะยืน ที่นั่ง : Panero and Zelnik , 1979 : 290

โดยปรกติเลนส์ตา (Cornea) จะสามารถหักเหแสงและสามารถรวมแสงเพื่อที่จะให้แสง ที่มาจากด้านนอกของดวงตาผ่านเลนส์มาตกกระทบบที่เรตินา (Retina) เป็นจุดเดียวเราจะสามารถ กำหนดจุดตกกระทบบภายในเรตินาโดยการลากเส้นตรงจากวัตถุผ่านตรงจุดกลางเลนส์ (Nodal point) และมาตกกระทบบยังเรตินาดังรูปโดยจุดกลางเลนส์ (Nodal point) จะอยู่ห่างจากกระจกตา (Cornea) ประมาณ 7 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2.10 เมื่อแสงที่มาจากด้านนอกของดวงตาผ่านเลนส์มาตกกระทบที่เรตินา
ที่มา: <http://instruct.uwo.ca/anatomy/530/530notes.htm>

2.4 การแนวทางในทดลองการตอบสนองต่อการมองเห็น

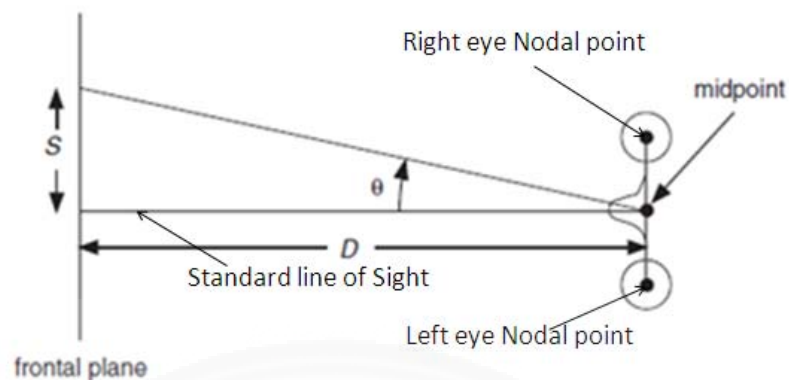
ในการทดลองการตอบสนองต่อการมองเห็นนั้นจะกำหนดวัตถุที่นำมากระตุ้นใดกำหนดขนาด รูปร่างของวัตถุ (Shape) ลักษณะการวางของวัตถุ (Orientation) ทิศทางการวางวัตถุ (Direction) ระยะของวัตถุ (Distance) ขนาดของวัตถุ พลังงานสเปกตรัมของแสง ความเข้มของแสง แวดล้อม และระยะเวลาในการกระตุ้น (Duration) (John M. Foley, UC Santa Barbara)

2.4.1 รูปร่างของวัตถุ (Shape)

ส่วนมากในการทดลองจะใช้รูปร่างแบบง่าย เช่น รูปวงกลม และรูปสี่เหลี่ยม เพราะง่ายในการกำหนดขนาด ถ้าเลือกรูปแบบที่ซับซ้อนจะทำให้ยากต่อการกำหนดขนาดใช้เป็นรูปภาพจะง่ายกว่า

2.4.2 ลักษณะการวางของวัตถุ (Orientation)

ในการทดลองจะทำการวางวัตถุในแนวขนานกับจุดกลางเลนส์ (Nodal point) ของตาทั้งสองข้างเรียกว่าระนาบ Fronto parallel plane



ภาพที่ 2.11 ลักษณะการวางของวัตถุในการทดลองระนาบ Fronto parallel plane
ที่มา: Specifying the Visual Stimulus John M. Foley UC Santa Barbara

2.4.3 ทิศทางการวางวัตถุ (Direction)

ในการทดลองจะทำการวางวัตถุในการกระตุ้นไว้ด้านหน้าของผู้ทดสอบโดยที่ทิศทางการวางจะต้องอยู่ตรงกลางและอยู่ระยะมุมมองที่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสี (Color discrimination) โดยจะเท่ากับ 30 องศาไปทางด้านซ้ายและ 30 องศาไปทางด้านขวาวัดจากเส้น Standard line of Sight ทางด้านแนวนอนเท่ากับ 30 องศาไปทางด้านบนและ 35 องศาไปทางด้านล่างวัดจากเส้น Standard line of Sight ทางด้านแนวตั้ง และสามารถหามุมได้จากสูตร (Specifying the Visual Stimulus John M. Foley UC Santa Barbara)

$$\tan \theta = \frac{S}{D} \quad (2.1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \theta \quad (2.2)$$

เมื่อ S คือ ระยะของวัตถุในแนว Fronto parallel plane

D คือ ระยะของวัตถุในแนว Standard line of Sight แนวนอน

θ คือ มุมของสายตา

ที่มา: Specifying the Visual Stimulus John M. Foley UC Santa Barbara

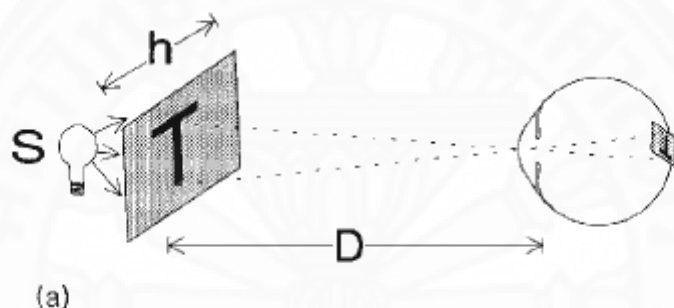
2.4.4 ระยะของวัตถุ (Distance)

ในการกำหนดระยะของวัตถุต้องห่างจากกระจกตามากกว่า 20 เซนติเมตร โดยวัดในระยะที่ตั้งฉากระหว่างจุด Fronto parallel plane มายังจุดกึ่งกลาง (Midpoint) ถ้าหากกำหนด

ระยะของวัตถุน้อยกว่า 20 เซนติเมตร จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้เนื่องจากข้อจำกัดของระยะสายตา

2.4.5 ขนาดของวัตถุ (Size)

ในการกำหนดขนาดของวัตถุนั้นจะกำหนดเป็นขนาดของวัตถุที่ปรากฏในดวงตา แทนการกำหนดจากขนาดของวัตถุภายนอก เพราะฉะนั้นการกำหนดขนาดของวัตถุต้องกำหนดเป็นมุม โดยในการคำนวณจะอนุমানว่าวัตถุอยู่ตรงระนาบ Fronto parallel ทำการวัดความกว้างของวัตถุ (h) และทำการวัดระยะของวัตถุ (D) ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ลักษณะการวางของวัตถุในการทดลองในแนวตั้ง

ที่มา : HANDBOOK OF OPTICS, Stephen A. Burns, Robert H. Webb The Schepens Eye Research Institute Boston, Massachusetts, 1995

สามารถคำนวณความกว้างของวัตถุได้จากสูตร (Specifying the Visual Stimulus John M. Foley UC Santa Barbara)

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{(h/2)}{d} \quad (2.3)$$

นำสูตรมาเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\theta = 2 \tan^{-1} \frac{h}{2d}. \quad (2.4)$$

เมื่อ h คือ ความกว้างของวัตถุ

d คือ ระยะของวัตถุ Standard line of Sight แนวตั้ง

ที่มา: Specifying the Visual Stimulus John M. Foley UC Santa Barbara

และทำการวัดความสูงของวัตถุ (w) ทำการคำนวณโดยใช้สูตรเดียวกัน และสามารถทำการคำนวณพื้นที่ของวัตถุ (v) ได้โดย

$$v = w \times h \quad (2.5)$$

เมื่อ h คือ ความกว้างของวัตถุ

w คือ ความสูงของวัตถุ

v คือ พื้นที่ของวัตถุ

โดยผลลัพธ์มีหน่วยเป็น Square radians หรือ Steradians

ที่มา: Specifying the Visual Stimulus John M. Foley UC Santa Barbara

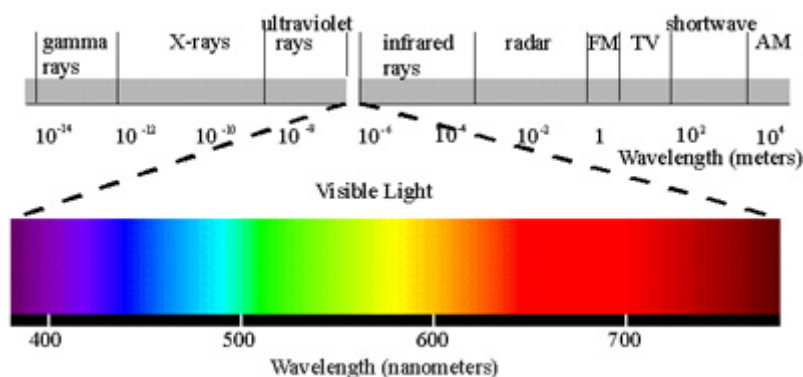
2.4.6 พลังงานสเปกตรัมของแสง (Light Energy Spectrum)

แสงในธรรมชาติที่เรามองเห็นเป็นแสงสีขาวนั้นจะประกอบด้วยสเปกตรัมของแสงหลายชนิดรวมกัน และเราสามารถอธิบายแสงได้ในรูปของความยาวคลื่นแสง (Wavelength) โดยที่แสงประกอบด้วยคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 400 - 600 นาโนเมตร โดยปรกติแสงสีต่างๆ จะมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน ดังในภาพที่ 2.14 ในการแยกสเปกตรัมของแสงเพื่อทำการวัดพลังงานนั้นต้องใช้เครื่องมือวัดที่ราคาแพง ดังนั้น ในการทดสอบการตอบสนองต่อการมองเห็นทั่วไปจึงไม่นิยมวัดพลังงานสเปกตรัมของแสงที่ใช้ในการทดสอบ ยกเว้นจะเป็นการทดลองในการตอบสนองของสายตาต่อพลังงานสเปกตรัมของแสง โดยเฉพาะเท่านั้นเราสามารถมองเห็นสเปกตรัมของแสงได้เมื่อแสงส่องผ่านปริซึม ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 สเปกตรัมของแสงได้เมื่อแสงส่องผ่านปริซึม

ที่มา: <http://lottopaint.com/knowledge1.php>



ภาพที่ 2.14 แสงและสีของแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ
ที่มา: http://www.promolux.com/thai/faq_th.php

จากการทดสอบของ Sunita B. (2014) พบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อสีแดงจะน้อยกว่าสีเขียว โดยใช้ผู้ทดสอบ 200 เป็นผู้หญิง 100 คนเป็นผู้ชาย 100 คน ทดสอบกับเครื่องเรสปอนอนาไลเซอร์ (Response Analyzer) ผลิตโดย บริษัท ยานตราซิลพาอิเล็กทรอนิกส์ (Yantrashilpa Electronics) ได้ผลว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงอย่างง่าย (Simple Visual Reaction Time) เฉลี่ยของผู้ชายที่ตอบสนองต่อสีแดงเฉลี่ยเท่ากับ 211.46 ± 31.57 มิลลิวินาที ตอบสนองต่อสีเขียวเฉลี่ยเท่ากับ 214.79 ± 29.47 มิลลิวินาที ค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงอย่างง่าย (Simple Visual Reaction Time) ของผู้หญิงที่ตอบสนองต่อสีแดงเฉลี่ยเท่ากับ 214.35 ± 26.63 มิลลิวินาที ตอบสนองต่อสีเขียวเฉลี่ยเท่ากับ 220.37 ± 28.77 มิลลิวินาที

2.4.7 ความเข้มของแสงแวล้อม (Overall Intensity)

แสงเป็นพลังงาน สามารถทำให้เกิดความสว่างบนผิววัตถุ โดยปริมาณการส่องสว่างของแสงหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ ความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสง และระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงกับพื้นที่ที่แสงตกกระทบ (Illuminance) ผิวใด ๆ หมายถึง ค่าความสว่างที่ตกบนพื้นที่ผิวต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ถ้าพิจารณาผิวที่อยู่ห่างจากหลอดไฟที่มีกำลังส่องสว่าง 1 แคนเดลา เป็นระยะทาง 1 เมตร ความเข้มแห่งการส่องสว่างจะมีค่า 1 ลักซ์ (lux) โดยความเข้มแห่งการส่องสว่างจะแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง

เมื่อ E คือ ความสว่าง (ลักซ์)

I คือ กำลังส่องสว่าง (แคนเดลา)

P แทนกำลังของ หลอดไฟ (วัต) และ

R คือ ระยะห่างจากหลอดไฟถึงผิวที่พิจารณา (เมตร)

$(4\pi R^2)$ คือ พื้นที่ผิวที่แสงตกกระทบ (เมตร²)

ดังนั้น

$$I = \frac{P}{(4\pi R^2)} \quad (2.6)$$

และ

$$E = \frac{I}{R^2} \quad (2.7)$$

ผลกระทบของแสงและสายตา แสงสว่างน้อยเกินไป จะมีผลเสียต่อตาทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไป โดยบังคับให้ม่านตาเปิดกว้าง เพราะการมองเห็นนั้นไม่ชัดเจน ต้องใช้เวลาในการมองเห็นรายละเอียดนั้น ทำให้เกิดการเมื่อยล้าของตาที่ต้องเพ่งออกมา ปวดตา มีนัยตริษะ ประสิทธิภาพในการใช้สายตาลดลง แสงสว่างที่มากเกินไป แสงจ้าตาที่เกิดจากการแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง (Direct glare) หรือแสงจ้าตาที่เกิดจากการสะท้อนแสง (Reflected glare) จากวัสดุที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ผนังห้อง จะทำให้เกิด เมื่อยล้า ปวดตา มีนัยตริษะ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก วิงเวียนนอนไม่หลับ การมองเห็นแย่งลง เป็นผลทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

ค่ามาตรฐานของแสงในการประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2546

(1) ลานถนนและทางเดินนอกอาคารโรงงาน ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 20 ลักซ์ (LUX) หรือ 2 ฟุต-แคนเดิล (Foot Candle)

(2) บริเวณทางเดินในอาคารโรงงาน ระเบียง บันได ห้องพักผ่อน ห้องพักผ่อน พนักงาน ห้องเก็บของที่มีได้มีการเคลื่อนย้าย ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 50 ลักซ์

(3) บริเวณการปฏิบัติงานที่ไม่ต้องการความละเอียด ได้แก่ บริเวณการสีข้าวสางฝ้าย หรือการปฏิบัติงานขั้นแรกในกระบวนการอุตสาหกรรมต่างๆ และบริเวณจุดขนถ่ายสินค้า ป้อมยาม ลิฟท์ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าและบริเวณตู้เก็บของ ห้องน้ำ และห้องส้วม ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 100 ลักซ์

(4) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดน้อยมาก ได้แก่ งานหยาบที่ทำที่โต๊ะ หรือเครื่องจักร ชิ้นงานมีขนาดใหญ่กว่า 750 ไมโครเมตร (0.75 มิลลิเมตร) การตรวจงานหยาบด้วยสายตา การนับ การตรวจเช็คสิ่งของที่มีขนาดใหญ่ และบริเวณพื้นที่ในโกดัง ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 200 ลักซ์

(5) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดน้อย ได้แก่ บริเวณที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานรับจ่ายเสื้อผ้า การทำงานไม้ที่มีชิ้นงานขนาดปานกลางงานบรรจุน้ำลงขวดหรือกระป๋องงานเจาะรู ทำกาบ หรือเย็บเล่มหนังสือ ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 300 ลักซ์

ในบริเวณการปฏิบัติงานที่มีขนาดของชิ้นงานตั้งแต่ 125 ไมโครเมตร (0.125 มิลลิเมตร) ได้แก่ งานเกี่ยวกับงานประจำในสำนักงาน เช่น งานพิมพ์ดีดเขียนและอ่าน งานประกอบรถยนต์และตัวถัง การทำงานไม้อย่างละเอียด ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 400 ลักซ์

(6) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดปานกลาง ได้แก่ งานเขียนแบบงานระบายสี ฟันสีและตกแต่งสีอย่างละเอียด งานพิสูจน์อักษร งานตรวจสอบขั้นสุดท้ายในโรงงานผลิตรถยนต์ ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 600 ลักซ์

(7) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูง โดยมีขนาดของชิ้นงานตั้งแต่ 25 ไมโครเมตร (0.025 มิลลิเมตร) ได้แก่ บริเวณที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบงานละเอียด เช่น การปรับเทียบมาตรฐานความถูกต้องและความแม่นยำของอุปกรณ์ การระบายสี ฟันสี และตกแต่งชิ้นงานที่ต้องการความละเอียดมากเป็นพิเศษ งานย้อมสี ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 800 ลักซ์ ในบริเวณการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบ การตัดเย็บเสื้อผ้าด้วยมือ การตรวจสอบและตกแต่งสินค้าสิ่งทอ สิ่งถักหรือเสื้อผ้าที่มีสีอ่อนขั้นสุดท้ายด้วยมือ การคัดแยกและเทียบสีหนังที่มีสีเข้ม การเทียบสีในงานย้อมผ้า ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 1200 ลักซ์

(8) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูงมาก ได้แก่ งานละเอียดที่ต้องทำบนโต๊ะหรือเครื่องจักร เช่น ทำเครื่องมือและแม่พิมพ์ที่มีรายละเอียดขนาดเล็กกว่า 25 ไมโครเมตร (0.025 มิลลิเมตร) งานตรวจสอบตรวจวัดชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กหรือชิ้นงานที่มีส่วนประกอบขนาดเล็ก งานซ่อมแซมสินค้า สิ่งทอ สิ่งถักที่มีสีอ่อน งานตรวจสอบและตกแต่งชิ้นส่วนของสินค้าสิ่งทอ สิ่งถักที่มีสีเข้มด้วยมือความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 1600 ลักซ์

(9) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูงมากเป็นพิเศษ ได้แก่ การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กมาก การเจียรระโนเพชรการทำนาฬิกาข้อมือในกระบวนการที่มีขนาดเล็ก การถัก ซ่อมแซมเสื้อผ้า ถูงเท้าที่มีสีเข้ม ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 2400 ลักซ์ 2.4.8 ระยะเวลาในการกระตุ้น (Duration) ระยะเวลาในการกระตุ้นการตอบสนองทางสายตาคือเวลาที่เริ่มทำการกระตุ้นจนกระทั่งหยุดทำการกระตุ้นจะทำการวัดเป็นวินาทีหรือมิลลิวินาที

2.5 ความเมื่อยล้า (Fatigue)

ความเมื่อยล้าหมายถึง สภาวะของร่างกายที่มีความรู้สึกเหนื่อยและอ่อนแรงซึ่งเป็นกลไกของร่างกายของมนุษย์ตามที่จะช่วยไม่ให้ร่างกายใช้พลังงานมากเกินไปจนเกิดการบาดเจ็บหรือการพักเพื่อคลายความเครียดในช่วงเวลาใดๆ ได้ความรู้สึกเหนื่อยและเปลี่ยนสามารถหายไปหรือเบาบางลงในทางตรงกันข้าม การที่ผู้ปฏิบัติงานต้องทำงานที่หนักภายใต้ภาวะและสิ่งแวดล้อมที่เครียด ในช่วงระยะเวลาที่ยาว และมีการจัดช่วงหยุดพักที่ไม่เหมาะสมในกรณีนี้ ความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจะคงค้างอยู่และเกิดการสะสมในวันต่อไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อร่างกายผู้ปฏิบัติงาน โดยสามารถจำแนกความเมื่อยล้าออกได้เป็น 3 ประเภท สิ่งแวดล้อมที่มากเกินไป (กิตติ อินทรานนท์, 2548) ได้แก่

(1) ความล้าจากกล้ามเนื้อ (Muscular Fatigue) เป็นความเจ็บปวดซึ่งเกิดขึ้นจากการที่กล้ามเนื้อของแต่ละบุคคลออกแรงมากเกินไปและเกิดขึ้นเฉพาะแห่ง

(2) ความล้าทางกายภาพ (Physical Fatigue) เกิดจากที่ร่างกายรับภาระทั้งจากงานและเกินไปเป็นการตอบสนองจากระบบหลอดเลือด และหัวใจของร่างกาย

(3) ความล้าทั่วไป (General Fatigue) ได้แก่ ความเมื่อยล้าทางจิตใจ (Mental Fatigue) ความเมื่อยล้าทางระบบประสาท (Nervous Fatigue) ความเมื่อยล้าแบบเรื้อรัง (Chronic Fatigue) และความเมื่อยล้าเนื่องจากช่วงเวลาปฏิบัติงานและเวลานอนไม่แน่นอน (Circadian Fatigue) (วิฑูรย์ สิมะโชคดี และกฤษฎา ชัยกุล, 2537)

2.5.1 สาเหตุของความเมื่อยล้าในการทำงาน

(1) การนอนน้อย เช่นการนอนแค่ 5 ชั่วโมง ต่อวัน ในขณะที่คนเราควรจะนอน 8 ชั่วโมงต่อวัน

(2) การนอนหลับไม่เต็มที่อาจจะมีสิ่งรบกวนในขณะนอนหลับ

(3) การเริ่มในการทำงานแต่ละวันเร็วเกินไป เช่น เริ่มการทำงานเช้าเกินไป เริ่มงานระหว่างพักกลางวัน และการเริ่มทำงานหลังอาหารทันที

(4) ชั่วโมงการทำงานในแต่ละวันมากเกินไปโดยเฉพาะถ้าทำงานวันละ 14-16 ชั่วโมง

(5) สถานที่ทำงานออกแบบไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์

(6) เวลาพักในระหว่างวันทำงานไม่พอ

2.5.2 ผลกระทบของความเมื่อยล้า

- น้อยลง
- (1) ไม่มีสมาธิในการทำงาน และประสิทธิภาพในการตัดสินใจและการปฏิบัติงาน
 - (2) ความสามารถในการจดจำและการจดจำน้อยลง
 - (3) ปฏิกริยาในการตอบสนองช้าลง อาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานได้
 - (4) ทำงานผิดพลาดพลาดบ่อย
 - (5) ง่วงนอนในที่ทำงานบ่อย ไม่มีความตั้งใจ และความกระตือรือร้นในการทำงาน

2.6 เวลาปฏิกริยาตอบสนองกับการขับซีรียนต์

ความสามารถในการขับซีรียนต์นอกจากความรู้ในเรื่องของการขับรถและกฎจราจรแล้ว ความสามารถในการมองเห็นและความสามารถในการได้ยินและความสามารถในการตอบสนองของมือและเท้าก็สำคัญมาก

ความสามารถในการมองเห็นของผู้ขับขี่ ขณะที่รถจอดอยู่กับที่นั้นจะมองเห็นภาพในลักษณะกรวยจอกกว้างและมีขอบเขตทำมุม 120 - 160 องศาแต่หากต้องมองวัตถุในขณะที่มีการเคลื่อนที่ การมองเห็นนั้นก็ลดลงการขับขี่ด้วยความเร็ว 40 กม./ชม. จะมีมุมมองเห็นได้ชัด 100 องศา ในขณะที่ความเร็ว 100 กม./ชม. จะมีมุมมองเห็นได้ชัดเพียง 40 องศา และหากผู้ขับขี่ใช้ความเร็วของรถถึง 150 กม./ชม. จะมีมุมมองเห็นได้ชัดเพียงแค่ 10 องศาเท่านั้น ดังนั้น หากขับเร็วมากขึ้นเท่าไร โอกาสในการมองเห็น ก็ย่อมจะน้อยลง และยิ่งเป็นการขับขี่ในเวลากลางคืนด้วยแล้ว ก็จะทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลงไปอีก ดังนั้น ผู้ที่นิยมขับเร็วตอนกลางคืน มีโอกาสเสี่ยงต่ออุบัติเหตุมากขึ้น (กรมประชาสัมพันธ์ และกองทุนเพื่อความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน กรมการขนส่งทางบก, 2557)

เมื่อทำการเบรกรถในกรณีฉุกเฉินเวลาในการตอบสนองรวม (Total Reaction time) จะประกอบด้วย (Marc Green, 2000)

2.6.1 เวลาที่ผู้ตอบสนองรับรู้ถึงสิ่งที่มากระทบและทำการตัดสินใจ (Mental processing time) สามารถแยกย่อยเป็น

- (1) เวลาในการรับรู้ว่ามีสิ่งเร้า (Sensation time) เช่นรับรู้ว่ามีสิ่งกีดขวาง กลางถนน ความเร็วของเวลาในการรับรู้ว่ามีสิ่งเร้าที่ขึ้นอยู่กับความเด่นชัดของสิ่งเร้า (Intensity) เช่น

ความสว่าง (Brightness) ความเข้ม (Contrast) ขนาด (Size) ในระยะการรับรู้ด้านหน้า (Foveal viewing)

(2) เวลาในการแปลความหมายสิ่งเร้า (Perception time) เช่นสิ่งกีดขวาง คืออะไรเป็นสิ่งที่ชีวิตหรือวัตถุ เป็นต้น ความเร็วในการแปลความหมายสิ่งเร้า นั้นจะขึ้นอยู่กับความเด่นชัด (Probability) และความเร็วในการปรากฏของสิ่งเร้า (Duration)

(3) เวลาในการตัดสินใจ (Response selection and programming) เช่นตัดสินใจว่าจะทำการเบรกหรือหักพวงมาลัยดี เวลาในการตัดสินใจขึ้นอยู่กับจำนวนทางเลือก ถ้าทางเลือกมากขึ้นเวลาในการตัดสินใจยิ่งมากขึ้น

2.6.2 เวลาในการเคลื่อนที่ (Movement time)

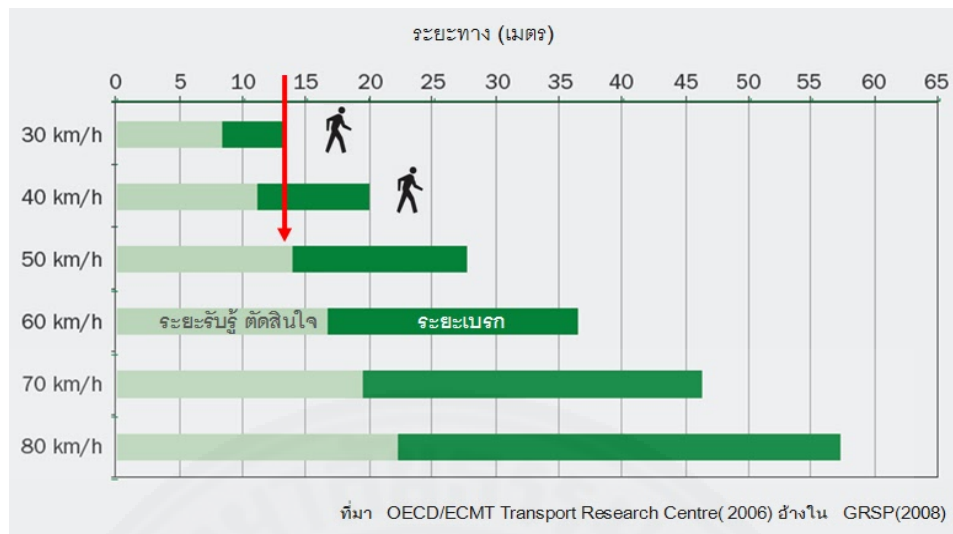
เวลาในการเคลื่อนที่ คือ เวลาที่กล้ามเนื้อของผู้ตอบสนองเคลื่อนที่ตามคำสั่งเช่นเวลาจากการยกเท้าจากแป้นเบรกมาเหยียบแป้นคันเร่ง เป็นต้น ถ้าการเคลื่อนที่ยิ่งซับซ้อนเวลาในการเคลื่อนที่ยิ่งมากขึ้น และยังขึ้นอยู่กับความตื่นตัว (Arousal) และการฝึกการตอบสนองกล้ามเนื้อบ่อยจะทำให้เวลาลดลง

2.6.3 เวลาในการตอบสนองของรถ (Device response time)

เวลาในการตอบสนองของรถ เช่น เวลาในการเบรกของรถ คือ เวลาตั้งแต่เหยียบเบรกจนถึงเวลาในการหยุดรถ เป็นต้น เราสามารถสรุปได้ว่า

(1) เวลาปฏิกิริยาตอบสนองในการเบรก (Brake reaction time) เท่ากับเวลาที่ผู้ตอบสนองรับรู้ถึงสิ่งที่มากระทบและทำการตัดสินใจ (Response time) รวมกับเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement time)

(2) เวลาปฏิกิริยาตอบสนองรวม (Total Reaction time) เท่ากับเวลาตอบสนองในการเบรก (Brake reaction time) รวมกับเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของรถ (Device response time)



ภาพที่ 2.15 ผลการทดลองระยะในการเบรก

ที่มา: OECD/ECMT Transport Research Centre (2006) อ้างใน GRSP (2008)

2.6.4 การศึกษาเวลาในการตอบสนองของเบรก (Brake reaction time) และเครื่องมือในการทดสอบแสดงในตารางที่ 1 (Marc Green, 2000)

ตารางที่ 2.1

การศึกษาเวลาในการตอบสนองของเบรก (Brake reaction time) และเครื่องมือในการทดสอบ

ผู้ทำการศึกษา	เครื่องมือ	หัวข้อที่ทำการศึกษา	ค่า Reaction time (sec)		
			RT	MT	TT
Olson and Sivak (1986)	บนท้องถนนจริงแบบกำหนดสภาพแวดล้อม	ความตื่นตัวของผู้ขับขี่	0.50 y	0.20 y	0.70 y
		อายุของผู้ขับขี่	0.50o	0.22o	0.72o
Sivak, Post, Olson, and Donohue (1981a)	บนท้องถนนจริงแบบกำหนดสภาพแวดล้อม	ตำแหน่งของไฟเบรก ระยะ ความเร็ว			0.73
Dureman and Boden-1972	ทดลองในเครื่องจำลองการขับรถ	ความล่า ความตกใจ			0.7
Johansson and Rumar-1971	บนท้องถนนจริงแบบกำหนดสภาพแวดล้อม	ความตื่นตัว			0.66

ผู้ทำการศึกษา	เครื่องมือ	หัวข้อที่ ทำการศึกษา	ค่า Reaction time (sec)		
			RT	MT	TT
Korteling (1990)	บนท้องถนนจริงแบบ กำหนดสภาพแวดล้อม	อายุของผู้ขับขี่ ความยากในการ ขับขี่ในสภาพ ถนนต่างๆ			0.620y 0.709o
Olson and Sivak (1986)	บนท้องถนนจริงแบบ กำหนดสภาพแวดล้อม	อายุของผู้ขับขี่ ความตื่นตัวของ ผู้ขับขี่	0.40y 0.48o	0.19y 0.20o	0.59y 0.68o
Lings (1991)	ทดลองในเครื่องจำลอง การขับรถ	การฝึกฝน เพศของผู้ขับขี่ ความพิการ อายุของผู้ขับขี่	0.318	0.27o	0.588
Schweitzer, Apter, Ben- David, Lieberman, and Parush (1995)	บนท้องถนนจริงแบบ กำหนดสภาพแวดล้อม	ระยะทาง ความเร็ว ความตื่นตัวของ ผู้ขับขี่			0.535
Greenshields (1936)	ทดลองในเครื่องจำลอง การขับรถ	อายุของผู้ขับขี่ ตำแหน่งของการ นั่ง			0.496
Scott, Chandler, and Li- 1996	ทดลองในเครื่องจำลอง การขับรถ	ความสูงของผู้ขับ ขี่	0.247	0.218	0.465
Wright and Shephard- 1978	ทดลองในเครื่องจำลอง การขับรถ	อายุของผู้ขับขี่ Carbon monoxide เพศของผู้ขับขี่	0.25	0.17	0.42
Davies and Watts (1969)	ทดลองในเครื่องจำลอง การขับรถ	ความสูงของคัน เหยียบ		0.149	
Unexpected Triggs (1987)	ทดลองโดยการติดตั้ง อุปกรณ์ในการวัดไว้ในรถ	สัญญาณไฟ			1.77
Sivak et al. (1981a)	ทดลองโดยการติดตั้ง อุปกรณ์ในการวัดไว้ในรถ	ตำแหน่งของไฟ เบรก			1.38

ผู้ทำการศึกษา	เครื่องมือ	หัวข้อที่ ทำการศึกษา	ค่า Reaction time (sec)		
			RT	MT	TT
van Winsum and Brouwer-1997	ทดลองในเครื่องจำลอง การขับรถ	ความเร็วของรถ			1.3
			RT: Response time MT: Movement time TT: Total time y: Yung o: Old		

ที่มา : Marc Green, 2000)

ในการศึกษาเกี่ยวกับเวลาตอบสนองในการเบรกจากตารางสามารถแยกวิธีการทดลองได้ดังนี้

2.6.4.1 ทำการทดลองในเครื่องจำลองการขับรถ (Simulator studies) การทดลองจะดำเนินการในห้องโดยสารของรถจำลอง ในเครื่องจำลองแบบเก่าผู้ทดลอง จะเบรกในการตอบสนองต่อสัญญาณไฟจราจรจำลองที่วางอยู่ตรงหน้าของเครื่องจำลอง ในปัจจุบันใช้คอมพิวเตอร์กราฟิก ทันสมัยถูกมาใช้ในการผลิต ฉาก ภาพ ให้สมจริงเพื่อความถูกต้องมากขึ้น

ข้อดี

- (1) ง่ายในการมอง
- (2) ไม่ต้องทำการทดสอบนอกสถานที่
- (3) มีการรบกวนของสิ่งรอบข้างน้อย
- (4) ผู้ทดลองเคลื่อนไหวของดวงตาน้อยลงในการมองหาวัตถุในด้านข้าง
- (5) ผู้ทำวิจัยสามารถกำหนดสถานการณ์ต่างๆได้

ข้อเสีย

- (1) รายละเอียดของสภาพแวดล้อมหายาบ
- (2) ไม่มีกระจกด้านข้าง
- (3) มุมมองแคบไม่มีมุมมองแนวลึก

2.6.4.2 การทดลองบนท้องถนนจริงแบบกำหนดสภาพแวดล้อม (Controlled road studies) ผู้เข้าร่วมการทดลองจะขับรถบนถนนที่ทำการกำหนดสถานการณ์ไว้แล้ว ในขณะที่นักวิจัยนั่งอยู่บนที่นั่งผู้โดยสารผู้เข้าร่วมการทดลองมักจะรู้ว่าเป็นทดสอบหรือบางครั้งไม่รู้ว่าเป็นการ

ทดสอบนักวิจัยอาจจะไม่ได้บอกกับผู้เข้าร่วมถึงวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการทดลอง นักวิจัยมักจะวัดค่าเวลาในการตอบสนองของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแบบไม่คาดคิด

ข้อดี

- (1) ผู้ทำการทดสอบรับรู้สถานการณ์เหมือนขับรถจริง

ข้อเสีย

- (1) ผู้ทดลองจะรู้สึกเกรงกว่าการขับรถธรรมดา
- (2) การทดลองบางครั้งไม่ได้ผลตามต้องการเพราะผู้ทดสอบจะหັกดวงมาลัยมากกว่าจะเบรก หรือทำทั้งสองอย่างเมื่อเจอสิ่งกีดขวาง
- (3) ต้องทำการทดสอบในถนนจริง

2.6.4.3 การทดลองโดยการติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดไว้ในรถ (Naturalistic observation) นักวิจัยติดตั้งอุปกรณ์บันทึกและเครื่องวัดการตอบสนองของคนขับรถไว้ในตัวรถ โดยส่วนมากใช้ในการศึกษาช่วงเวลาระหว่างสัญญาณไฟจราจรสีเหลือง ไฟ เบรก ของรถยนต์นำที่ขับนำหน้า (โดยส่วนมากนักวิจัยจะทำการขับเอง) และอื่น ๆ โดยเป็นเหตุการณ์ที่ผู้ขับไม่ทันคาดคิด

ข้อดี

- (1) ผู้ทำการทดสอบรับรู้สถานการณ์เหมือนขับรถจริง
- (2) ผู้ทำการทดสอบรู้สึกผ่อนคลายกว่าการทดลอง ในเครื่องจำลองและการทดลองบนท้องถนนจริงแบบกำหนดสภาพแวดล้อม

ข้อเสีย

- (1) ต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆไว้ในรถ
- (2) ไม่สามารถกำหนดสถานการณ์เองได้
- (3) ต้องทำการทดสอบในถนนจริง

2.7 รูปแบบทั่วไปของเครื่องมือทดสอบเวลาในการตอบสนอง (Reaction time tester)

2.7.1 การทดสอบแบบง่าย

2.7.1.1 โดยใช้ไม้บรรทัด (Ruler Catching Methods) การทดสอบจะใช้ 2 คน คือ ผู้ทำการทดสอบและจุดบันทึก และผู้ถูกทดสอบ โดยที่ผู้ทำการทดสอบจะทำการจับไม้บรรทัดไว้ในแนวตั้งและผู้ถูกทดสอบใช้นิ้วชี้และนิ้วโป้งยื่นเข้าไปในไม้บรรทัดโดยไม่ต้องจับโดยให้มืออยู่ตรงจุดที่มารคไว้ว่าเป็นจุดศูนย์ ผู้ทำการทดสอบทำการปล่อยไม้บรรทัดโดยไม่ต้องบอกล่วงหน้า และผู้ถูกทดสอบ

ใช้นิ้วชี้และนิ้วโป้งจับไม้บรรทัดอย่างรวดเร็ว ดังภาพที่ 2.15 ทำการบันทึกระยะจุดที่ถูกทดสอบใช้นิ้วชี้และนิ้วโป้งจับไม้บรรทัด ทำการทดสอบซ้ำเท่าที่ต้องการ และทำการคำนวณเวลา

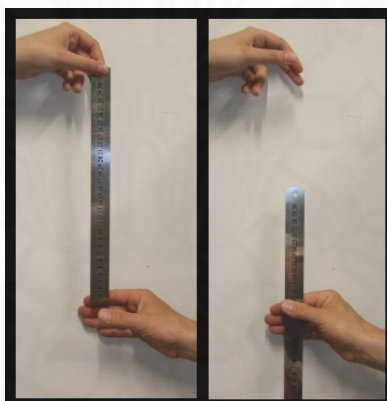
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2.8)$$

เมื่อ t คือ เวลาตอบสนอง (Reaction time) (วินาที)

h คือ ระยะที่วัดได้จากไม้บรรทัด (เซนติเมตร)

g ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.8 เมตร/วินาที²)

ที่มา: Measuring human perception and reaction timewith rulers and Pulfrich Pendulums Alexander Kazachkov ,Abraham Salinas Castellanos b Richard W. D. Nickalls



ภาพที่ 2.16 การทดสอบการตอบสนองอย่างง่ายโดยการใช้ไม้บรรทัด

ที่มา: <http://sport.maths.org/content/reaction-timer>

2.7.2 เครื่องมือทดสอบที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

การทดสอบโดยใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน ใช้ในการทดสอบที่ต้องการความแม่นยำสูง ใช้ในการทดสอบค่าเวลาในการตอบสนองน้อยเป็นมิลลิวินาที เช่น

(1) การทดลองวัดค่าเวลาปฏิกิริยาตอบสนองต่อเสียงได้เร็วกว่าต่อแสง ของ Kaia Ritesh M (2012) ที่ทำการทดลองวัดค่าเวลาปฏิกิริยาตอบสนองต่อแสง ใช้ผู้ทดสอบ 50 คน และใช้เครื่อง 653 MP (reaction time apparatus) ของบริษัท อินโค คัมปานี (Inco company)

(2) การทดสอบจะตอบสนองต่อเสียงได้เร็วกว่าต่อแสง Jose Shelton (2010)
โดยใช้โปรแกรมไดเรคอาร์ที (DirectRT) ของบริษัทมีเดียแลป (Medialab)



ภาพที่ 2.17 โปรแกรมไดเรคอาร์ที (DirectRT) ของบริษัท Medialab
ที่มา: <http://www.empirisoft.com/software.aspx>

(3) ทดสอบปฏิบัติการกรมขนส่งทางบกผู้เข้ารับการทดสอบต้องทำการทดสอบ
ความสามารถในการใช้เบรกเท้าสามครั้ง หากสามารถเหยียบเบรกได้ในระยะเวลา น้อยกว่า หรือ
เท่ากับ 0.75 วินาที สองในสามครั้งถือว่าผ่านการทดสอบ



ภาพที่ 2.18 การทดสอบปฏิบัติการของกรมขนส่งทางบก
ที่มา <http://tcijthai.com/tcijthainews/view.php?ids=4317>

(4) RT Reaction Timers เป็นเครื่องทดสอบการตอบสนองทางสายตาโดยจะมี
กล่องแสดงหลอดไฟสีต่างๆ เป็นตัวกระตุ้น (Stimulus) และมีแป้นเหยียบเป็นตัวตอบสนอง
(Response)



ภาพที่ 2.19 เครื่องทดสอบ RT-2s Brake Reaction time ผลิตโดย Therapy Products, Inc
ที่มา <http://www.atpwork.com/images/pdfs/ReactionTimer.pdf>

2.7.3 เครื่องมือทำการออกแบบตามลักษณะการทดลอง

เป็นเครื่องมือที่ผู้ทดลองทำการออกแบบเองให้ตรงตามจุดประสงค์การใช้งานทดลองเช่นการทดลองของ เช่น

(1) การทดลองของ Annie W.Y. Ng (2012) ในการตอบสนองของนิ้วมือต่อการกระตุ้นด้วยแสง (Visual stimulate) การกระตุ้นด้วยเสียง (Auditory stimulate) และการกระตุ้นทางผิวสัมผัส (Tactile Modality Stimulate) โดยใช้ โปรแกรมมิชวลเบสิก 6.0 (Visual Basic6.0) บนคอมพิวเตอร์ (ASUS Eee PC 4G) โดยทำการติดต่ออุปกรณ์ในการตอบสนองผ่านทางยูเอสบี (USB Port)

(2) การทดสอบการตอบสนองต่อแสง (Visual reaction time) ของ Badwe N (2012) โดยการให้ผู้ทดสอบทำการใช้นิ้วชี้ กดปุ่มของเครื่องทดสอบที่ทำแบบง่าย

(3) เครื่องมือวัดอัตราการตอบสนองแบบ 3 มิติสำหรับผู้ป่วยพาร์กินสัน ผลงานของภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) การันตีรางวัลเหรียญทองแดงคุณภาพระดับนานาชาติ ในงาน “42nd International Exhibition of Inventions of Geneva” เมื่อวันที่ 2 - 6 เมษายน 2557 รางวัลชนะเลิศประเภทนักศึกษาจากการประกวดสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) ประจำปี 2556



ภาพที่ 2.20 เครื่องวัดการตอบสนองฝีมือคนไทยผลงาน ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์
 อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่มา: www.kmutnb.ac.th,
 ข้ามมหาวิทยาลัย

(4) เครื่องจำลองการขับรถขนาดใหญ่เป็นเครื่องที่สามารถจำลองการขับรถได้
 เหมือนจริงในสถานการณ์ต่างๆ และสามารถวัดเวลาการตอบสนองของผู้ทดสอบได้



ภาพที่ 2.21 PATROLSIM™ LAW ENFORCEMENT TRAINING SIMULATOR ของบริษัท L-3 D.P.
 Associates ที่มา: [http://www.l-3training.com/applications/land/public-safety-
 training/police-car-simulator](http://www.l-3training.com/applications/land/public-safety-training/police-car-simulator)

2.8 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

2.8.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงแบบปกติเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง ที่มีความสำคัญมากและใช้กันมากที่สุด เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติ

ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ (Normal random variable) ที่มีฟังก์ชัน ความน่าจะเป็น

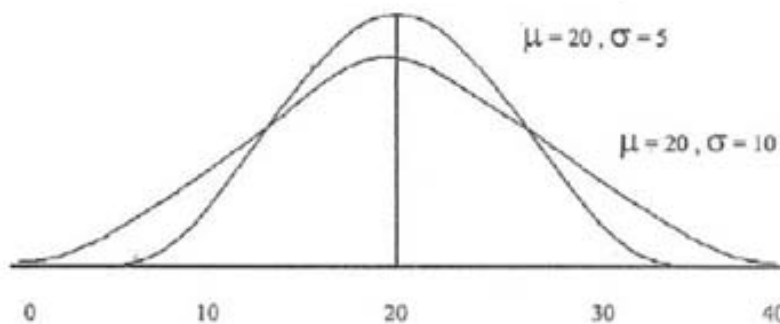
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, \quad -\infty < X < \infty \quad (2.9)$$

โดยพารามิเตอร์ $-\infty < \mu < \infty$ และ $\sigma > 0$ ค่าคงตัว $\pi \approx 3.14159$ และ $e \approx 2.71828$ แล้วจะเรียกการแจกแจงความน่าจะเป็นของ X การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) ค่าเฉลี่ย ($E(X)$) และความแปรปรวน ($V(X) = \sigma^2$) ของการแจกแจงแบบปกติ คือ

$$E(X) = \mu \quad (2.10)$$

$$\text{และ } V(X) = \sigma^2 \quad (2.11)$$

ถ้าตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 จะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ จากฟังก์ชันความน่าจะเป็น $f(x)$ ของตัวแปรสุ่มปกติ X ถ้าทราบค่าพารามิเตอร์ คือ ค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 และโดยการแทนค่า x หลาย ๆ ค่า ก็จะได้ค่าความน่าจะเป็นหรือ $f(x)$ ของแต่ละค่าของตัวแปรสุ่ม X และหากนำค่าดังกล่าวมาลงจุดก็จะได้กราฟเส้นโค้ง 1 เส้น ซึ่งจะเรียกว่าโค้งปกติ (Normal curve) โดยค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ จะแสดงถึงตำแหน่งและรูปร่างของโค้งปกติ



ภาพที่ 2.22 กราฟการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันความแปรปรวนต่างกัน

คุณสมบัติของเส้นโค้งปกติ

- (1) เป็นเส้นโค้งรูประฆังคว่ำ
- (2) พื้นที่ระหว่างเส้นโค้งปกติกับแกน x จะเท่ากับ 1 เสมอ
- (3) ปลายเส้นโค้งทั้งสองข้างจะโน้มเข้าหาแกน x แต่จะไม่สัมผัสแกน x
- (4) ความสูงของเส้นโค้งที่จุด $\mu \pm k$ จะเท่ากันเสมอ นั่นคือ เส้นโค้งมีลักษณะ

สมมาตรรอบค่าเฉลี่ย μ

- (5) เส้นโค้งมีค่าสูงสุดเมื่อ $x = \mu$
- (6) เส้นโค้งมีค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าฐานนิยม เท่ากัน
- (7) พื้นที่ใต้เส้นโค้ง คือ ความน่าจะเป็น

จากคุณสมบัติข้อ 7 พื้นที่ใต้โค้งปกติ คือ ความน่าจะเป็น ดังนั้น ถ้า $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ โดยทราบค่าของ μ และ σ^2 แลหากต้องการคำนวณหาความน่าจะเป็นในช่วง x_1 และ x_2 เมื่อ x_1 น้อยกว่า x_2 หรือ $(P < x_1 < X < x_2)$ จะต้องอาศัยฟังก์ชันของโค้งปกติ หรือ $f(x)$

$$\begin{aligned}
 P(x_1 < X < x_2) &= \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx & (2.12) \\
 &= \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx
 \end{aligned}$$

ซึ่งจะเห็นว่าคำนวณได้ยาก เพราะต้องอาศัยความรู้วิชาแคลคูลัส โดยการหาปริพันธ์เพื่อหาพื้นที่ทุกครั้งเมื่อต้องการคำนวณหาความน่าจะเป็น ดังนั้น จึงได้มีการพยายามสร้างตารางเพื่อแสดงพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ แต่จากฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีพารามิเตอร์อยู่ 2 ตัว คือ μ และ σ โดย $-\infty < \mu < \infty$ และ $\sigma > 0$ ซึ่งต่างก็มีค่าได้มากมาย ตัวแปรสุ่ม

แบบปกติ X เองก็ยังมีค่าได้มากมาย คือ $-\infty < X < \infty$ อีกด้วย ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมา จึงไม่อาจสร้างตารางให้ครอบคลุมค่าของ μ, σ และ x ทุกค่าได้ จึงมีการแปลงค่าของตัวแปรสุ่มแบบปกติ x ที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ไปเป็นตัวแปรสุ่มใหม่ เรียกว่า ตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐาน (Standard normal random variable) เขียนแทนด้วย Z โดย

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2.13)$$

โดยตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐาน Z จะมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวน 1 ซึ่งเรียกว่า การแจกแจงแบบปกติมาตรฐานแล้วนำค่า Z ที่ได้ไปเปิดตารางในภาคผนวก ค เพื่อหาความน่าจะเป็น (พื้นที่ใต้โค้ง)

2.9 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

นิยาม สมมติฐานทางสถิติ คือ ข้อความเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของประชากร หรือข้อความที่เกี่ยวข้องกับประชากรชุดเดียวหรือมากกว่า ซึ่งอาจจะจริงหรือไม่ก็ได้ เนื่องจากเราใช้การกระจายความน่าจะเป็นแทนประชากร สมมติฐานที่ตั้งขึ้นจึงควรจะเป็นประโยคที่เกี่ยวข้องกับการกระจายความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม สมมติฐานโดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์หนึ่งหรือหลายพารามิเตอร์ของการกระจายนั้นๆ

การทดสอบสมมติฐาน คือ ขั้นตอนการตัดสินใจในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของประชากรที่ตั้งไว้ ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐานประกอบด้วย การตั้งสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ สุ่มตัวอย่าง คำนวณค่าสถิติจากตัวอย่าง และใช้ Test statistic ในการตัดสินใจเกี่ยวกับสมมติฐาน

2.9.1 การตั้งสมมติฐาน (Hypothesis)

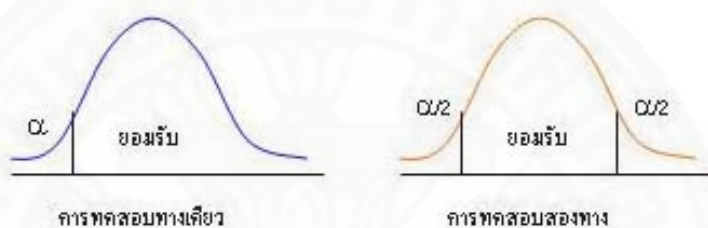
การพิจารณาว่าควรจะนำความเชื่อหรือสิ่งที่คาดไว้ไว้ในสมมติฐาน H_0 หรือ H_1 นั้น สรุปได้ดังนี้ คือ ถ้าสิ่งที่คาดไว้มีเครื่องหมายเท่ากับอยู่ด้วยให้ไว้ใน H_0 เสมอ และสมมติฐาน H_1 จะอยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกับใน H_0 เสมอ และในสมมติฐาน H_1 จะอยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกับใน H_0 เสมอแต่ถ้าสิ่งที่คาดไว้ไม่มีเครื่องหมายเท่ากับ ($<$, $>$, \neq) ให้ไว้ใน H_1 และเครื่องหมาย H_0 อยู่ในทิศทางตรงกันข้าม

2.9.1.1 สมมุติฐานว่าง/สมมุติฐานหลัก (Null hypothesis): H_0 เป็นสมมุติฐานที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ที่ทราบค่าแน่นอนมักจะเป็นสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อต้องการปฏิเสธ

2.9.1.2 สมมุติฐานแย้ง/สมมุติฐานอื่น/สมมุติฐานรอง (Alternative hypothesis) : H_1/H_a

(1) สมมุติฐานรองแบบทางเดียว (On-sided Alternative Hypothesis) คือสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นโดยกำหนดทิศทาง

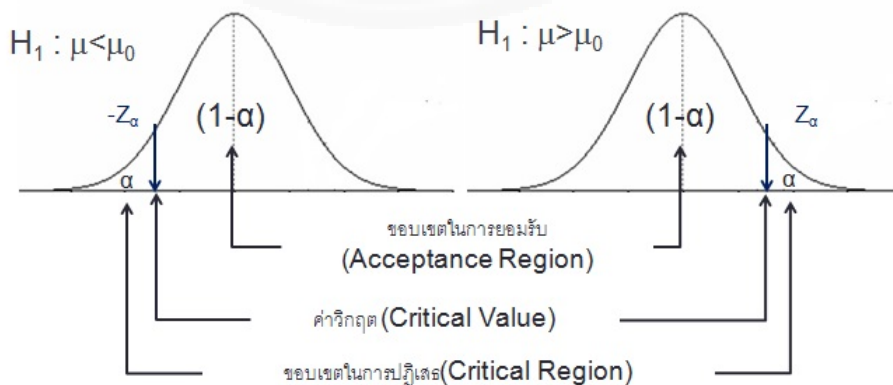
(2) สมมุติฐานแบบสองทาง (Two-side Alternative Hypothesis) เป็นสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นโดยไม่กำหนดทิศทาง



ภาพที่ 2.23 การทดสอบสมมุติฐานทางเดียวและการทดสอบสมมุติฐานสองทาง

ในการทดสอบสมมุติฐาน จะแบ่งบริเวณของการแจกแจงความน่าจะเป็นทั้งหมดออกเป็นสองส่วน คือ

- (1) บริเวณปฏิเสธ (Rejection region) / บริเวณวิกฤต (critical region)
- (2) บริเวณไม่ปฏิเสธ (Fail to reject region) / บริเวณที่ยอมรับ (Acceptance region)



ภาพที่ 2.24 บริเวณปฏิเสธ (Rejection region) และบริเวณไม่ปฏิเสธ (Fail to reject region)

ข้อผิดพลาดจากการสรุปผล (Type of Error) การตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน ขึ้นอยู่กับข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ทำให้การตัดสินใจไม่จำเป็นต้องถูกต้องทุกครั้งไป และหลายๆ ครั้งก็เกิดการตัดสินใจผิดพลาดเสมอๆ ในการทดสอบสมมติฐานใดๆ นั้นเหตุการณ์ของการสรุปผลการทดสอบเป็นไปได้อีก 4 เหตุการณ์ คือ

ผลการทดสอบ	ความเป็นจริง	
	H_0 เป็นจริง	H_0 ไม่เป็นจริง
ยอมรับ H_0	ผลการทดสอบถูกต้อง	ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (β)
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (α)	ผลการทดสอบถูกต้อง

ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error)

(1) ปฏิเสธ H_0 ทั้งที่ H_0 เป็นจริง
 (2) การปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อสมมติฐานเป็นจริง
 (3) ความน่าจะเป็นของการเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 $\alpha = P(\text{Reject } H_0 | H_0 \text{ is true})$

(4) เรียก α ว่าระดับนัยสำคัญ (level of significance) และที่เรียกว่านัยสำคัญ ก็เพราะว่าค่าสถิติที่ได้จากตัวอย่างกับค่าสมมติฐานมีมากกว่าที่จะเกิดขึ้นโดยบังเอิญหรือมากจนถือว่ามีนัยสำคัญ

(5) เรียก $1-\alpha$ ว่า ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) $\alpha = 0.01$ หมายความว่า ในการทดสอบ 100 ครั้ง จะให้ผลดังที่ตั้งสมมติฐานไว้อย่างน้อย 99 ครั้ง โดยความผิดพลาดไม่เกิน 1 ครั้ง

ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error)

(1) ไม่ปฏิเสธ H_0 ทั้งที่ H_0 ไม่จริง
 (2) การไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลักเป็นเท็จ
 (3) ความน่าจะเป็นในการเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 2 คือ $\beta = P(\text{Fail to reject } H_0 | H_0 \text{ is false})$

(4) เรียก $1-\beta$ ว่า อำนาจของการทดสอบ (Power of the test) คือ ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานที่ผิด

2.9.2 การทดสอบสมมุติฐาน (Hypothesis Testing)

การออกแบบสมมุติฐานนั้นผู้ออกแบบจะนิยมควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ทำให้ผู้ออกแบบกำหนดค่า Critical value ได้ง่าย ดังนั้น การปฏิเสธ H_0 เป็นการสรุปผลการทดสอบอย่างหนักแน่น (Strong conclusion)

ในทางกลับกัน ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 มีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์จริง และขึ้นกับจำนวนตัวอย่างที่สุ่มด้วย เนื่องจาก β เป็นฟังก์ชันของทั้งขนาดตัวอย่างและสมมุติฐานหลักที่เป็นเท็จ ฉะนั้น การที่จะตัดสินใจในการเลือกที่จะไม่ปฏิเสธ H_0 จึงเป็นการทดสอบที่ไม่หนักแน่น (Weak conclusion)

ดังนั้น เราจึงนิยมที่ใช้คำว่า "ไม่ปฏิเสธ H_0 " มากกว่าใช้คำว่า "ยอมรับ H_0 " การไม่ปฏิเสธ H_0 มีความหมายถึง ว่ายังไม่มีหลักฐานพอที่จะปฏิเสธ H_0 และไม่ได้หมายถึง ว่ามีความน่าจะเป็นสูงที่ H_0 จะจริงด้วยเป็นแค่เพียงการบ่งบอกถึงความต้องการจำนวนตัวอย่างเพิ่มเพื่อให้เกิดผลสรุปผลอย่างหนักแน่นเท่านั้น ในการกำหนดระดับนัยสำคัญสามารถกำหนดได้ดังนี้

2.9.2.1 ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบเป็นตัวแปรสุ่มไม่ต่อเนื่อง (Discrete Random Variable)

(1) กำหนดค่าวิกฤตขึ้นของแล้วหาค่า α

(2) สามารถค่า α ได้โดยการปรับค่าวิกฤต

2.9.2.2 ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบเป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง (Continuous Random Variable)

(1) ค่า α ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า แล้วกำหนดบริเวณวิกฤต

(2) ค่า α ที่นิยม ได้แก่ 0.10, 0.05, 0.01 เช่น ในการทดสอบสองข้างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าวิกฤตสำหรับตัวสถิติที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน คือ $-Z_{0.025} = -1.96$ และ $Z_{0.025} = 1.96$

2.9.2.3 การทดสอบสมมุติฐานแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

(1) การทดสอบสมมุติฐานแบบข้างเดียว (One-Sided Test) คือ การทดสอบสมมุติฐานที่สมมุติฐานแย้ง หรือ H_1 มีเครื่องหมายมากกว่าหรือน้อยกว่า ใดๆ อย่างหนึ่ง เช่น

H_0 : สัดส่วนผู้ชมรายการที่บริษัทผลิตอย่างน้อยเท่ากับ 0.2 ($p > 0.02$)

H_1 : สัดส่วนผู้ชมรายการที่บริษัทผลิตน้อยกว่า 0.2 ($p < 0.02$)

(2) การทดสอบสมมุติฐานแบบสองข้าง (Two-Sided Test) คือ การทดสอบสมมุติฐานที่สมมุติฐานแย้ง หรือ H_1 มีเครื่องหมายเป็นไม่เท่ากับ เช่น

H_0 : ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนของนักศึกษาชายและนักศึกษาหญิงเท่ากัน

$$(\mu_1 = \mu_2)$$

H_1 : ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนของนักศึกษาชายและนักศึกษาหญิงไม่

$$\text{เท่ากัน } (\mu_1 \neq \mu_2)$$

2.9.3 ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

- (1) ตั้งสมมติฐานว่าง (หลัก) H_0
- (2) ตั้งสมมติฐานแย้ง (อื่น) H_1
- (3) กำหนดระดับนัยสำคัญ α
- (4) เลือกสถิติทดสอบที่เหมาะสม เช่น สถิติในการทดสอบ Z สถิติทดสอบไคขแอสควร์ เป็นต้น และกำหนดเขตปฏิเสธ H_0 ให้สอดคล้องกับการแจกแจงของสถิติทดสอบ
- (5) คำนวณค่าสถิติทดสอบจากตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มมา
- (6) สรุปผลโดยจะสรุปว่าปฏิเสธ H_0 ถ้าสถิติทดสอบอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 และจะสรุปว่าไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ ถ้าสถิติทดสอบไม่อยู่ในเขตปฏิเสธ H_0

2.9.4 การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของประชากรเดียว

ประชากรมีการแจกแจงปกติและทราบค่าสถิติทดสอบ ขึ้นอยู่กับการแจกแจงของประชากร ขนาดของตัวอย่างและการทราบค่า σ^2

- (1) ถ้าประชากรมีการแจกแจงปกติ ทราบค่า σ^2 และตัวอย่างเป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n สถิติทดสอบ คือ

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad (2.14)$$

- (2) ไม่ทราบค่า σ^2 แต่ขนาดตัวอย่างสุ่มโต ($n \geq 30$)

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (2.15)$$

(3) ไม่ทราบค่า σ^2 ประชากรมีการแจกแจงปกติ แต่ขนาดตัวอย่างสุ่มเล็ก ($n < 30$)

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (2.16)$$

กำหนดให้ μ แทนค่าเฉลี่ยของประชากร และถ้า $\mu=0$ คือ ค่าของ μ ที่คาดไว้ การทดสอบ สมมุติฐานสามารถแบ่งได้ 3 กรณี ดังนี้

ตารางที่ 2.2

การตั้งสมมุติฐาน สถิติที่ใช้ในการทดสอบ และบริเวณวิกฤต

สมมุติฐาน	สถิติทดสอบ	บริเวณวิกฤต
$H_1 : \mu > \mu_0$	$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ หรือ $Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$ $T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$	$Z \geq z_\alpha$ $T \geq t_{\alpha, (n-1)}$
$H_1 : \mu < \mu_0$	$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ หรือ $Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$ $T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$	$Z \leq -z_\alpha$ $T \leq -t_{\alpha, (n-1)}$
$H_1 : \mu \neq \mu_0$	$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ หรือ $Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$ $T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$	$Z \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $Z \leq -z_{\frac{\alpha}{2}}$ $T \geq t_{\frac{\alpha}{2}, (n-1)}$ หรือ $T \leq -t_{\frac{\alpha}{2}, (n-1)}$

2.10 การประเมินคุณสมบัติด้านไบอัส (Bias) การประเมินการประเมินคุณสมบัติทางด้านเสถียรภาพ (Stability) และการประเมินคุณสมบัติทางเส้นตรง (Linearity) ของเครื่องมือ

2.10.1 ค่าไบอัส (Bias)

ค่าไบอัส คือ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการวัดกับค่าอ้างอิงหรือค่ามาตรฐาน (โดยค่ามาตรฐานหมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดซ้ำด้วยเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำที่สูงกว่า)

- วิธีการประเมินค่าไบอัสด้วยการใช้แผนภูมิควบคุม เอ็ก-อาร์ ($\bar{X} - R$) แผนภูมิควบคุม เป็นแผนภูมิที่ใช้แยกความผันแปรจากสาเหตุความผิดพลาด ออกจากสาเหตุธรรมชาติ โดยมีขั้นตอนดังนี้

(1) ทำการเลือกงานมาตรฐานมาหนึ่งชิ้น ที่สามารถสอบค่ากลับไปยังมาตรฐานที่สูงกว่าได้ และทำการวัดอย่างน้อย 10 ครั้ง และทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าที่ได้รับการวัด

(2) ภายใต้ช่วงเวลาที่เหมาะสมให้ทำการวัดค่าที่ได้รับการวัดจากข้อ 1 ประมาณ 3 - 5 ครั้ง จนได้ข้อมูล 20 - 25 กลุ่ม

(3) ทำการพิจารณาความผันแปรในแผนควบคุมเมื่อพบว่า ความผันแปรมาจากสาเหตุผิดปกติให้หาสาเหตุและแก้ไข แต่ถ้าพบว่าสาเหตุมาจากธรรมชาติให้ทำการคำนวณค่าเอ็กบาร์ (\bar{X}) และค่าไบอัสโดย

$$\text{ค่าไบอัส} = \bar{X} - \text{ค่าอ้างอิง} \quad (2.17)$$

$$\% \text{ ค่าไบอัส} = (\text{ค่าไบอัส} / \text{ความผันแปรของกระบวนการ}) * 100 \quad (2.18)$$

โดย

- ค่าร้อยละของค่าไบอัสน้อยกว่า 5% อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ โดยไม่ต้องแก้ไข
- ค่าร้อยละของค่าไบอัสมากกว่า 5% แลน้อยกว่า 10% อาจจะยอมรับได้ (พิจารณาจากปัจจัยอื่น เช่น การประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่าย)
- ค่าร้อยละของค่าไบอัสมากกว่า 10% ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องหาสาเหตุและทำการแก้ไข

2.10.2 การประเมินคุณสมบัติทางด้านเสถียรภาพ (stability)

การประเมินคุณสมบัติทางด้านเสถียรภาพ คือ คุณสมบัติทางด้านอายุการใช้งาน โดยการพิจารณาจากความผันแปรโดยรวมของระบบการวัดหนึ่ง โดยที่ว่า ความมีเสถียรภาพทางด้านสถิติจะหมายถึง ความสามารถในการคาดการณ์ได้ ที่ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ระบบการวัดแต่สามารถใช้

กับคุณสมบัติต่างๆ เช่น ค่าความไว้อัส ผลจากกระบวนการเป็นต้น ในการประเมินเสถียรภาพมีขั้นตอนดังนี้

(1) ทำการเลือกงานมาตรฐานในการวัดโดยสามารถสอบเทียบไปยังมาตรฐานที่สูงกว่าได้ และทำการวัดอย่างน้อย 10 ครั้ง และทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าที่ได้รับการวัด

(2) ทำการวัดงานมาตรฐานและทำการบันทึกภายใต้ช่วงเวลาที่เหมาะสมให้ทำการวัดค่าที่ได้รับการวัดประมาณ 3 - 5 ครั้ง จนได้ข้อมูล 20 - 25 กลุ่ม

(3) ทำการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพจากแผนภูมิ เอ็ก-อาร์

(4) ทำการคำนวณพิกัดความคุม เอ็ก-อาร์

โดยหาแผนภูมิ \bar{X} นำข้อมูลที่ได้มาสร้างเส้นตรง 3 เส้น คือ

UCL (Upper Control Limit)

LCL (Lower Control Limit)

CL (Central Line)

$$UCL = \bar{X} + A_2 R \quad (2.19)$$

$$CL = \bar{X} \quad (2.20)$$

$$LCL = \bar{X} - A_2 R \quad (2.21)$$

โดยหาแผนภูมิ R จาก

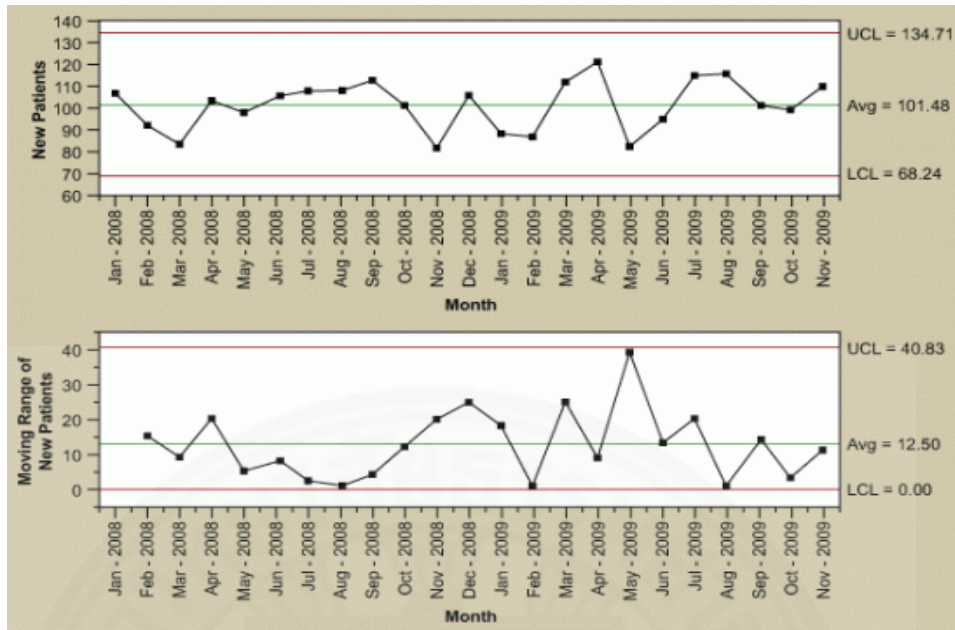
$$UCL = D_4 R \quad (2.22)$$

$$CL = R \quad (2.23)$$

$$LCL = D_3 R \quad (2.24)$$

โดยค่า A_2, D_4, D_3 ดูได้จากภาคผนวก ง

(5) ทำการประเมินผลเสถียรภาพในการวัด ในการทดลองนี้จะใช้การประเมินผลโดยการทำการทดสอบสมมุติฐาน



ภาพที่ 2.25 ตัวอย่างภาพแผนภูมิ เอ็ก-อาร์

2.10.3 การประเมินคุณสมบัติทางเส้นตรง (linearity)

คุณสมบัติเชิงเส้นตรง คือ คุณสมบัติการไบอัสของระบบที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดย่านวัด ของระบบการวัด ขั้นตอนในการประเมินคุณสมบัติทางเส้นตรงมีดังนี้

- (1) ทำการเตรียมเครื่องมือวัดและทดสอบ
- (2) ทำการวัดย่านละ 10 ครั้งภายใต้ภาวะควบคุมแล้วทำการเฉลี่ยออกสาเหตุความผันแปรการวัดแต่ละครั้ง เพื่อทำการกำหนดเป็นค่าอ้างอิงหรือค่ามาสเตอร์สำหรับการประเมิน
- (3) ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าวัดชิ้นงานแต่ละชิ้นงานพร้อมทั้งหาค่าไบอัส โดย

$$\text{ค่าไบอัส} = \text{ค่าเฉลี่ยการวัด} - \text{ค่ามาสเตอร์} \quad (2.25)$$

- (4) ทำการหาสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจอาร์สแควร์ (R^2)

โดย X คือ ค่าอ้างอิง

Y คือ ค่าไบอัส

$$R^2 = \frac{\hat{\rho}_{XY}^2}{S_{YY}} \quad (2.26)$$

$$S_{YY} = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad (2.27)$$

$$S_{XY} = \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \quad (2.28)$$

$$S_{XX} = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \quad (2.29)$$

$$\beta_{1_hat} = \frac{S_{XY}}{S_{XX}} \quad (2.30)$$

ค่าอาร์สแควร์ต้องไม่ต่ำกว่า 90%

(5) เมื่อค่าอาร์สแควร์มีค่าไม่ต่ำกว่า 70% ให้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง XY โดยใช้ ANOVA ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

ANOVA ทดสอบความมีนัยยะสำคัญของตัวแปรแบบเชิงเส้นตรง

แหล่งความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	องศาอิสระ	ความแปรปรวน	F
เส้นถดถอย	$SSR = \beta_{1_hat} * S_{XY}$	1	MSR	MSR/MSE
ความคาดเคลื่อน	$SSE = S_{YY} - SSR$	n-2	MSE	
ผลรวม	S_{YY}	n-1		

(6) เมื่อค่าไบอัสและค่าอ่าอิงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยยะสำคัญให้ทำการคำนวณสมการถดถอยเชิงเส้นตรง ดังนี้

$$Y = (\beta_{0_hat}) + (\beta_{1_hat})X \quad (2.31)$$

$$\beta_{1_hat} = \frac{S_{XY}}{S_{XX}} \quad (2.32)$$

$$\beta_{0_hat} = \bar{Y} - \beta_{1_hat} * \bar{X} \quad (2.33)$$

(7) ทำการคำนวณดัชนีเส้นตรงของระบบการวัดโดย

$$\text{ดัชนีเชิงเส้นตรง} = \beta_{1_hat} * \text{ความผันแปรของกระบวนการ} \quad (2.34)$$

$$\% \text{เชิงเส้นตรงของกความผันแปรของกระบวนการ} = (\text{ดัชนีเชิงเส้นตรง/ความผันแปรของกระบวนการ}) * 100 \quad (2.35)$$

โดย

- ค่าร้อยละของค่าของเชิงเส้นตรงน้อยกว่า 5% อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ โดยไม่ต้องแก้ไข
- ค่าร้อยละของเชิงเส้นตรงมากกว่า 5% และน้อยกว่า 10% อาจจะยอมรับได้ (พิจารณาจากปัจจัยอื่น เช่น การประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่าย)
- ค่าร้อยละของค่าเชิงเส้นตรงมากกว่า 10% ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องหาสาเหตุและทำการแก้ไข

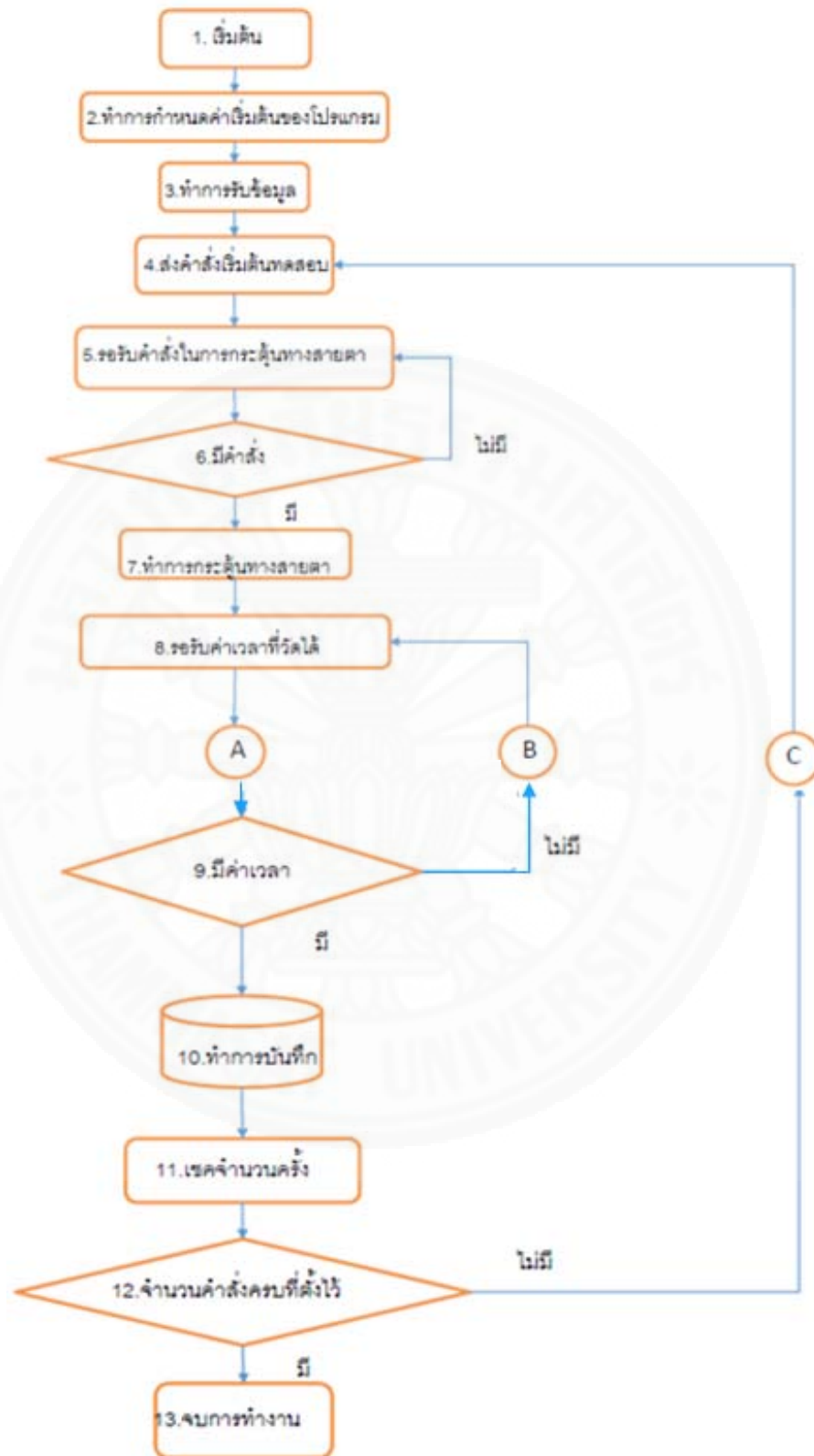


บทที่ 3 วิธีการวิจัย

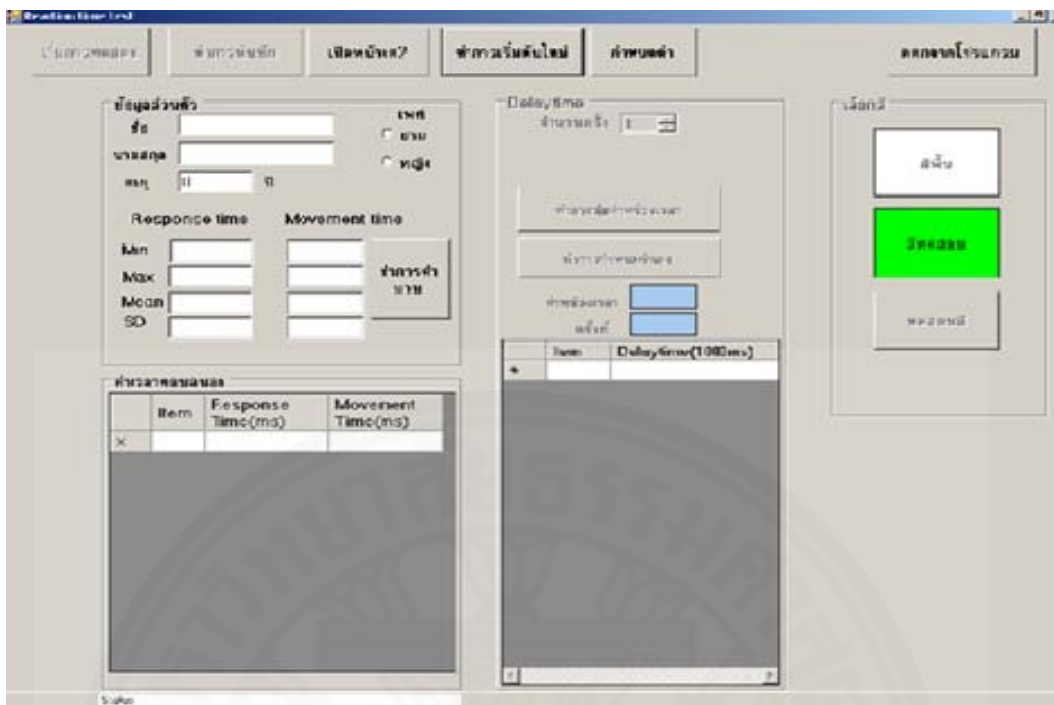
3.1 หลักการทำงานของเครื่องมือทดสอบปฏิกิริยาตอบสนองสำหรับผู้ขับขี่รถยนต์

เครื่องวัดเครื่องมือทดสอบปฏิกิริยาตอบสนองสำหรับผู้ขับขี่รถยนต์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ในส่วนของคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เก็บข้อมูล แสดงการกระตุ้น และปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ และติดต่อแสดงผลกับผู้ใช้งานโดยใช้จอมอนิเตอร์สองตัว ในส่วนของกล่องวัดเวลาซึ่งจะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์จะ ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณจากคอมพิวเตอร์เพื่อทำการวัดเวลาในการตอบสนองโดยทำการหน่วงเวลา และทำการส่งสัญญาณในการกระตุ้นให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการกระตุ้นทางสายตาผ่านจอกระตุ้น (จอรอง) และทำการวัดเวลาจากการปล่อยคันเร่งและเหยียบเบรก หลังจากนั้นทำการส่งค่าเวลาที่วัดได้ให้กับคอมพิวเตอร์และรอคำสั่งถัดไป โดยการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์และกล่องวัดเวลาทั้งหมดจะใช้การสื่อสารแบบอนุกรม (RS232)

การทำงานของโปรแกรมวัดเวลาในการตอบสนอง นั้นในการเขียนโปรแกรมจะใช้วีซวลเบสิก 2008 ของบริษัทไมโครซอฟในการเขียนโปรแกรม โดยตัวโปรแกรมจะปฏิบัติงานบนระบบปฏิบัติการ Microsoft WindowsXP โดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานจะต้องสามารถแสดงผลสองหน้าจอได้ โดยจอหลักสำหรับผู้ทดสอบในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของโปรแกรม และจอกระตุ้น (จอรอง) จะใช้ในการกระตุ้นทางสายตาให้กับผู้ถูกทดสอบ แผนผังการทำงานของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 3.1 และ 3.2



ภาพที่ 3.1 แผนผังการทำงานของโปรแกรม Reaction time tester



ภาพที่ 3.2 ลักษณะของโปรแกรมที่เขียนเรียบร้อยแล้ว

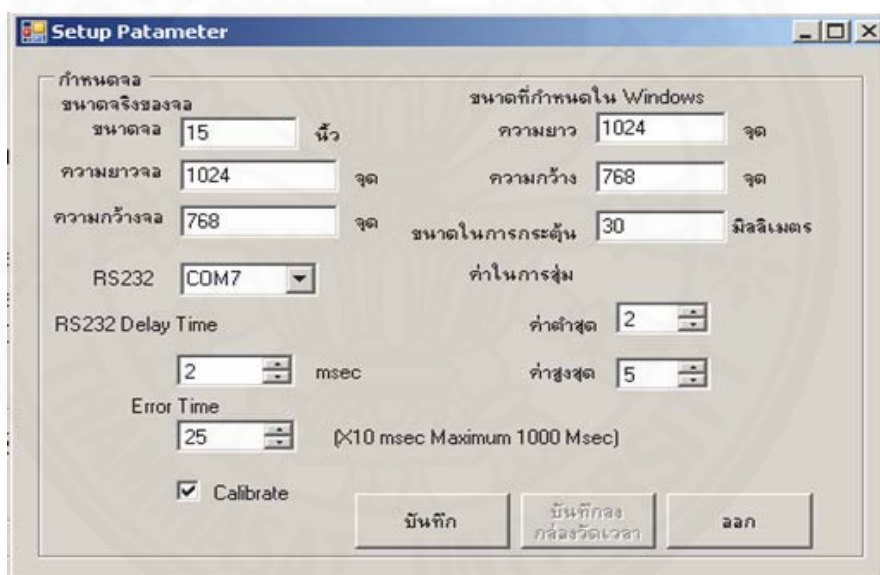
3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Reaction time tester

- (1) โปรแกรมเริ่มการทำงาน
- (2) ทำการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้กับโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมทำงานตามต้องการโดยการคลิกที่ปุ่ม “กำหนดค่า”
- (3) ทำการรับค่าข้อมูลส่วนตัวของผู้ทดสอบและทำการกำหนดจำนวนครั้งในการทดสอบและทำการกำหนดค่าหน่วยเวลาในการทดสอบแต่ละครั้ง โดยการกำหนดเองหรือทำการสุ่ม
- (4) ส่งค่าเริ่มต้นการวัดค่าเวลาไปยังกล่องวัดเวลาผ่านทางพอร์ตอนุกรมและทำการแจ้งผู้ถูกทดสอบ โดยทำการแสดงตัวอักษร “กำลังทดสอบ” จอกระดาน
- (5) รอรับคำสั่งกระตุ้นทางสายตาจากกล่องวัดเวลาทาง พอร์ตอนุกรม
- (6) เมื่อมีคำสั่งกระตุ้นจากพอร์ตอนุกรมให้ทำการกระตุ้นในขั้นตอนที่ 7
- (7) ทำการกระตุ้นทางสายตาโดยโปรแกรมจะทำให้วงกลมปรกกลางหน้าจอปรากฏขึ้นยังหน้าจอรองโดยจะปรากฏดังภาพที่ 3.4
- (8) ทำการรอรับค่าเวลาที่วัดได้จากกล่องวัดเวลา
- (9) ตรวจสอบว่ามีค่าเวลาส่งมาทางพอร์ตอนุกรม หรือไม่ถ้ามีให้ไปยังขั้นตอนที่ 10 ถ้ายังไม่มีให้รอ

- (10) ทำการบันทึกข้อมูลลงในไฟล์ข้อมูล
- (11) ทำการเช็คจำนวนครั้งที่เท่ากับจำนวนครั้งที่ตั้งไว้หรือไม่
- (12) เมื่อจำนวนครั้งที่เท่ากับที่ตั้งไว้ให้ทำการจบโปรแกรมถ้าจำนวนครั้งยังไม่เท่ากับที่ตั้งไว้ให้ทำการกลับไปยังขั้นตอนที่ 4
- (13) จบการทำงานแจ้งผู้ถูกทดสอบโดยแสดงตั้งอักษร”จบการทดสอบ”ที่หน้าจอ กระตุ่น (จอรอง)

3.1.2 การทำงานของปุ่มต่างๆ

- (1) ปุ่มกำหนดค่า เมื่อทำการคลิกที่ปุ่มนี้จะทำให้หน้าจอในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างปรากฏขึ้นดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 หน้าจอสำหรับกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง

จากภาพที่ 3.3 จะเห็นว่าเราสามารถกำหนดค่า ขนาดจอ จำนวนจุดตามความยาวและจำนวนจุดตามความกว้าง และทำการกำหนดขนาดจอในระบบปฏิบัติการกำหนด ขนาดวัตถุในการกระตุ่น เพื่อคำนวณขนาดและตำแหน่งของวัตถุในการกระตุ่นให้ถูกต้อง กำหนด พอร์ตอนุกรม RS232 ในการติดต่อสื่อสารกับกล่องวัดเวลา และการกำหนด RS232 Delay time เพื่อทำการชดเชยเวลาจากการสื่อสารของพอร์ตอนุกรม โดย

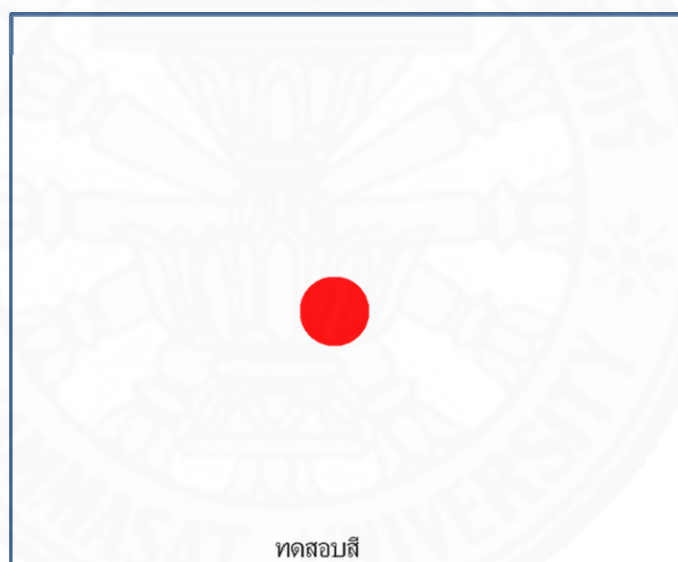
$$\text{เวลาที่แท้จริง} = \text{เวลาที่วัดได้จากกล่องวัดเวลา} - \text{RS232 Delay time} \quad (3.1)$$

โดยการหา RS232 Delay time จะอธิบายในบทที่ 4 การตั้ง Error time คือ การกำหนดเวลาสูงสุดในการวัด คือ เมื่อกล่องวัดเวลาทำการจับเวลาแล้วเวลาที่ได้เกินจากค่า Error time กล่องจะทำการแจ้งคอมพิวเตอร์ว่าเกิดการผิดพลาดขึ้น การ Callibrate คือ การทำการปรับตั้งเวลาให้ตรง การทำแคลลิเบรทจะอธิบายในบทที่ 4

(2) ปุ่มบันทึกจะทำหน้าที่ในการบันทึกการปรับแต่งทั้งหมดเก็บไว้ในไฟล์ ปุ่มบันทึกกล่องวัดเวลา คือ การบันทึกค่ากล่องวัดเวลา ปุ่มออก คือ ออกจากฟอร์ม Setup Parameter

(3) ปุ่มทำการเริ่มต้นใหม่ ทำการเริ่มต้นการทดสอบใหม่ โดยเมื่อทำการคลิกแล้ว จะมีฟอร์มข้อมูลส่วนตัว ปรากฏขึ้นให้ทำการป้อนชื่อ นามสกุล และอายุ แล้วทำการคลิกตกลง

(4) ปุ่มเปิดหน้าจอ 2 เป็นปุ่มที่ทำการปิด/เปิดหน้าจอรอง



ภาพที่ 3.4 หน้าจอรองทำหน้าที่ในการกระตุ้นทางสายตา

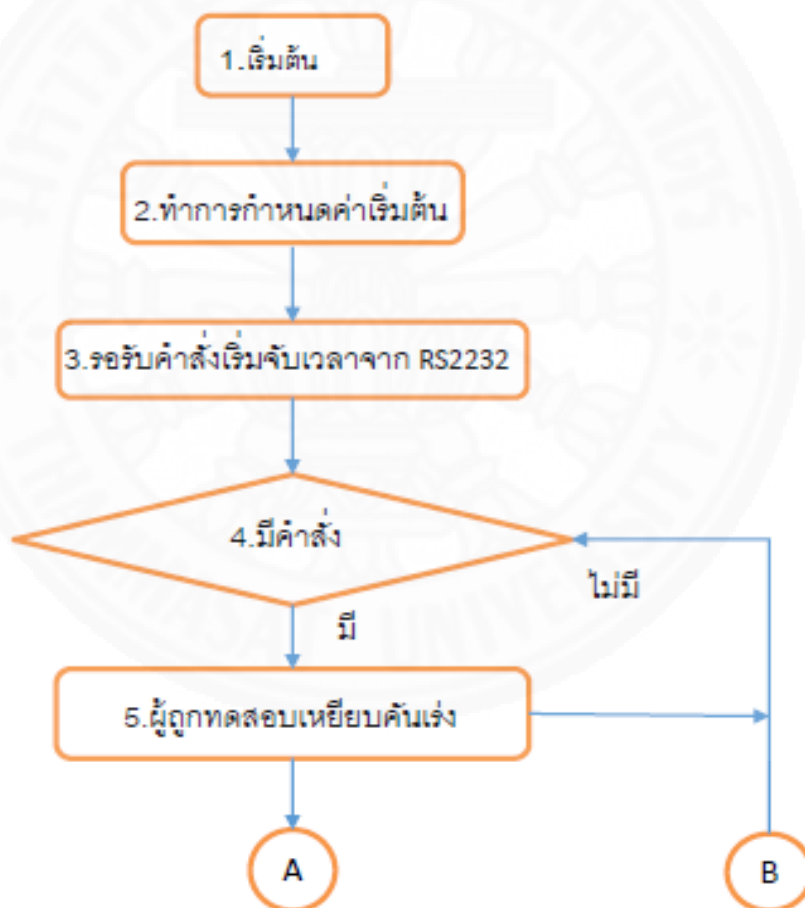
(5) ปุ่มทำการบันทึก เมื่อคลิกปุ่มนี้จะทำการบันทึกผลการทดสอบลงไฟล์ข้อมูล

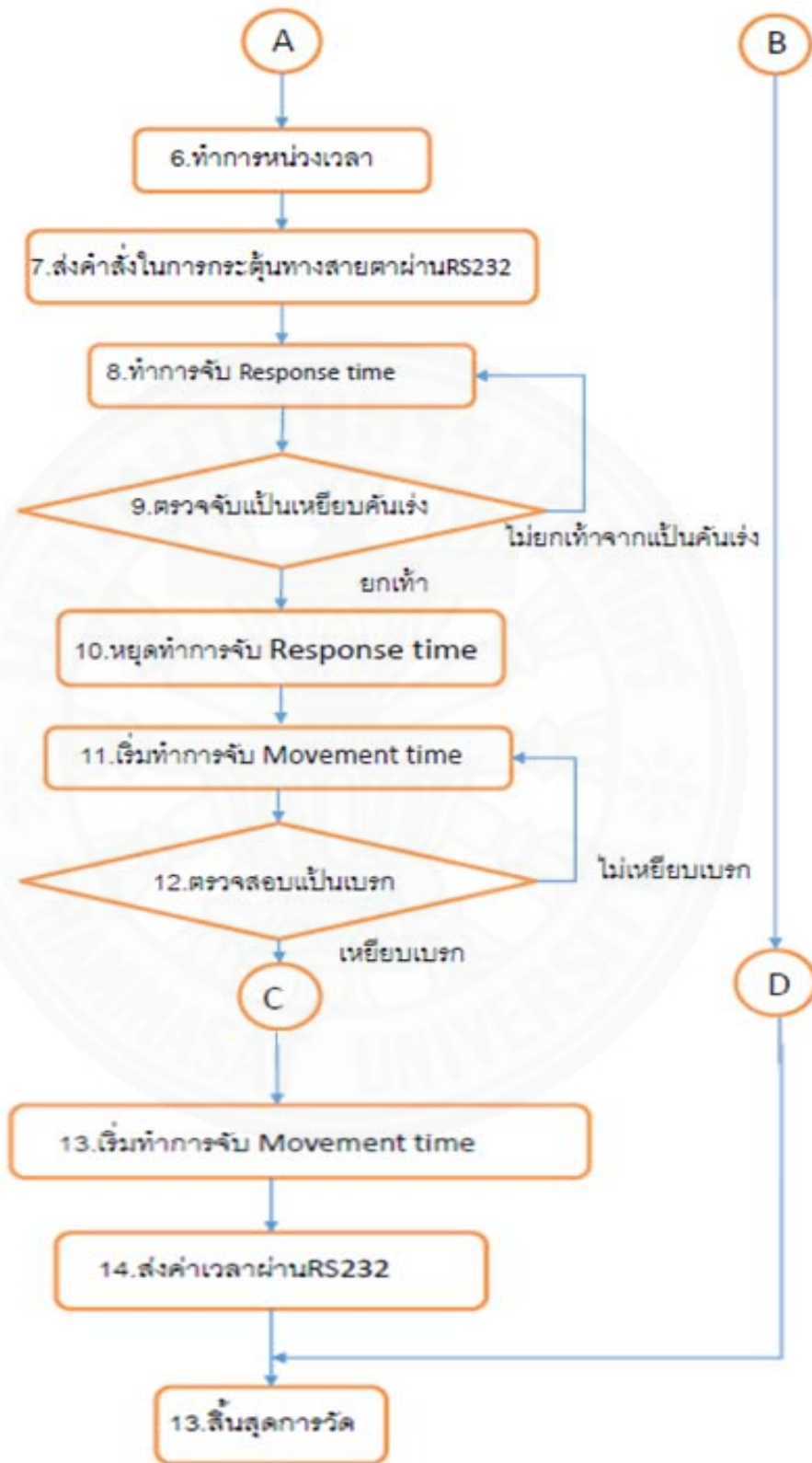
(6) ปุ่มเริ่มการทดสอบ เป็นการเริ่มทำการทดสอบ

(7) ปุ่มทดสอบสีเป็นการทดสอบสีและหน้าจอทดสอบ โดยเมื่อทำการคลิกปุ่มนี้จอทดสอบจะทำการแสดงหน้าจอทดสอบสีที่ทำการตั้งไว้

3.2 การออกแบบกล่องวัดเวลา

ในการออกแบบกล่องวัดเวลาจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8535 ของบริษัท Atmel Corporation เป็นตัวหลักในการรับสัญญาณจากสวิทซ์เท้า 2 ตัว โดยจำลองเป็นคันทรง 1 ตัว และเป็นเบรก 1 ตัว ผ่านทางอุปกรณ์ทางแสง (Optocouplers) และการเชื่อมต่อทาง RS232C ผ่านทางตัวแปลงยูเอสบีเป็น RS232 (Usb to RS232) กับคอมพิวเตอร์ เพื่อรับส่งข้อมูลกับโปรแกรม Reaction time tester และมีทาร์มเมอร์ภายในเพื่อทำการนับเวลาในการตอบสนอง (Response time) และเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement time) มีขั้นตอนในการทำงานดังแผนผังด้านล่างดังนี้





ภาพที่ 3.5 แผนผังการทำงานของกลุ่มวัดเวลา

3.2.1 ขั้นตอนการทำงานของกล่องวัดเวลา

- (1) ไมโครโปรเซสเซอร์เริ่มทำงาน
- (2) ทำการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ เช่น การทำงานของ ทาร์มเมอร์ การทำงานของระบบอินเทอร์รัฟ การทำงานของพอร์ตต่างๆ การทำงานของพอร์ตอนุกรม
- (3) รอรับคำสั่งเริ่มจับเวลาจากโปรแกรม Reaction time tester ผ่านทาง พอร์ตอนุกรม
- (4) ถ้ามีคำสั่งจากโปรแกรม Reaction time tester ผ่านทางพอร์ตอนุกรม ให้ทำขั้นตอนที่ 5
- (5) เมื่อผู้ถูกทดสอบเห็นตัวอักษร”กำลังทดสอบ”จะทำการเหยียบคันเร่ง
- (6) ระบบจะทำการหน่วงเวลาเพื่อให้ผู้ทดสอบพร้อม
- (7) ส่งคำสั่งในการกระตุ้นทางสายตาผ่าน RS232 ไปยังโปรแกรม Reaction time tester โปรแกรมจะทำการแสดงวงกลมในหน้าจอรองเพื่อทำการกระตุ้นทางสายตาแก่ผู้ถูกทดสอบ
- (8) ทำการจับเวลา Response time
- (9) ทำการตรวจสอบสวิทช์เท้าคันเร่งว่ามีการยกเท้าหรือไม่ถ้ามีให้ทำขั้นตอนที่ 10 ถ้าไม่มีให้ทำการจับเวลาต่อไป
- (10) ทำการหยุดจับเวลาตอบสนอง
- (11) ทำการจับเวลาในการเคลื่อนที่
- (13) ทำการตรวจสอบสวิทช์เท้าเบรกว่ามีการเหยียบเท้าหรือไม่ถ้ามีให้ทำขั้นตอนที่ 14 ถ้าไม่มีให้ทำการจับเวลาต่อไป
- (14) ทำการส่งค่าเวลาที่วัดได้ให้กับโปรแกรม Reaction time tester เพื่อทำการบันทึก
- (15) สิ้นสุดการทดสอบให้รอคำสั่งต่อไปโดยกลับไปขั้นตอนที่ 3

3.3 ทฤษฎีพื้นฐานในการออกแบบกล่องวัดเวลา

ในการออกแบบกล่องวัดเวลานั้นจะต้องเข้าใจทฤษฎีพื้นฐานทางด้านเทคนิค ดังนี้

- (1) การทำงานการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์
- (2) หลักการสื่อสารแบบอนุกรม RS232
- (3) การทำงานของอุปกรณ์ทางแสง Optocouplers
- (4) การทำงานของสวิทช์เท้า (Foot switch)

3.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์สมองกลควบคุมขนาดเล็กคล้ายกับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง สามารถเขียนโปรแกรมให้สามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานจริง ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการควบคุมอุปกรณ์ได้หลากหลาย เช่น เครื่องซักผ้า โทรทัศน์ เต้าไมโครเวฟ เป็นต้น

3.3.1.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบไปด้วย 4 ดังนี้

- (1) หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit)
- (2) หน่วยความจำ (Memory) ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บโปรแกรม (Program memory) และหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บข้อมูล (Data memory)
- (3) ส่วนที่ทำการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะ คือ พอร์ตรับสัญญาณเข้า (Input port) และพอร์ตส่งสัญญาณออก (Output port)
- (4) ช่องทางเดินของสัญญาณ (Bus) คือ เส้นทางแลกเปลี่ยนสัญญาณของข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งลักษณะเป็นข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Buss) และบัสควบคุม (Control Bus)

AVR คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ของบริษัท Atmel Corporation โดยเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถที่จะเขียนโปรแกรมได้ทั้งภาษาซีและภาษาแอสเซมบลี โดย AVR 90s series นั้นเป็นรุ่นที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง โดยมีสถาปัตยกรรมแบบ RISE (Reduce Instruction Set) โดยมีการประมวลผลคำสั่ง 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา ซึ่งทำให้การทำงานเร็วมาก

- (1) เป็นไมโครโปรเซสเซอร์แบบ สถาปัตยกรรม RISC ทำให้ประสิทธิภาพในการประมวลผลสูง
- (2) มีคำสั่งที่สามารถปฏิบัติงานเสร็จภายใน 1 สัญญาณนาฬิกาทั้งหมด 118 คำสั่ง
- (3) มี 32 X 8 รีจิสเตอร์ที่สามารถนำมาใช้งานได้
- (4) หน่วยความจำแบบ Flash สำหรับบันทึกโปรแกรม 8Kbyte
- (5) หน่วยความจำแบบแรม (SRAM) ขนาด 512 byte
- (6) หน่วยความจำแบบรอม (EEPROM) ขนาด 512 byte

(7) การความสามารถในการสื่อสารแบบ Master/Slave SPI Serial Interface

(8) Analog to Digital ขนาด 10 บิต 8 ช่อง

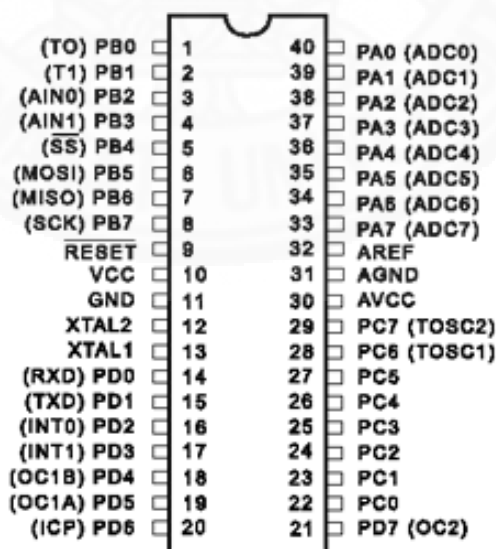
(9) มีความสามารถในการสื่อสารแบบ Programmable UART (RS232)

(10) Timer /Counter ขนาด 8 bit 2 ช่อง

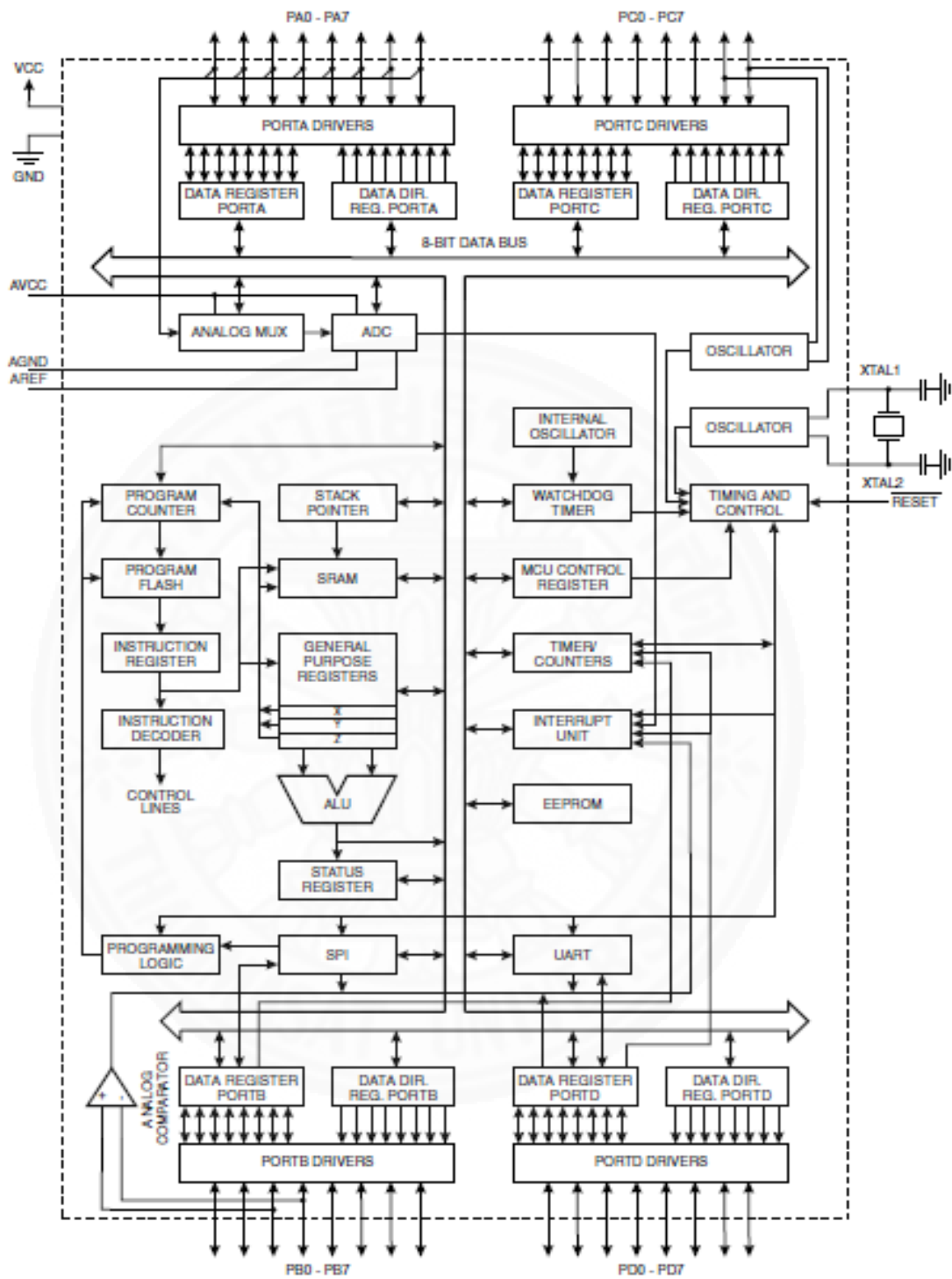
(11) Timer /Counter ขนาด 16 bit 1 ช่อง



ภาพที่ 3.6 ลักษณะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8535 แบบ DIP 40 ขา

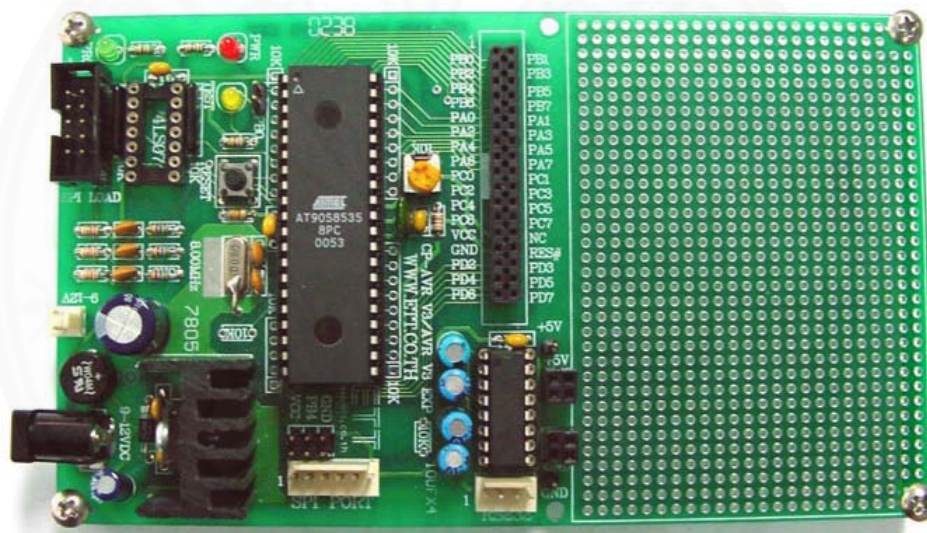


ภาพที่ 3.7 ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8535

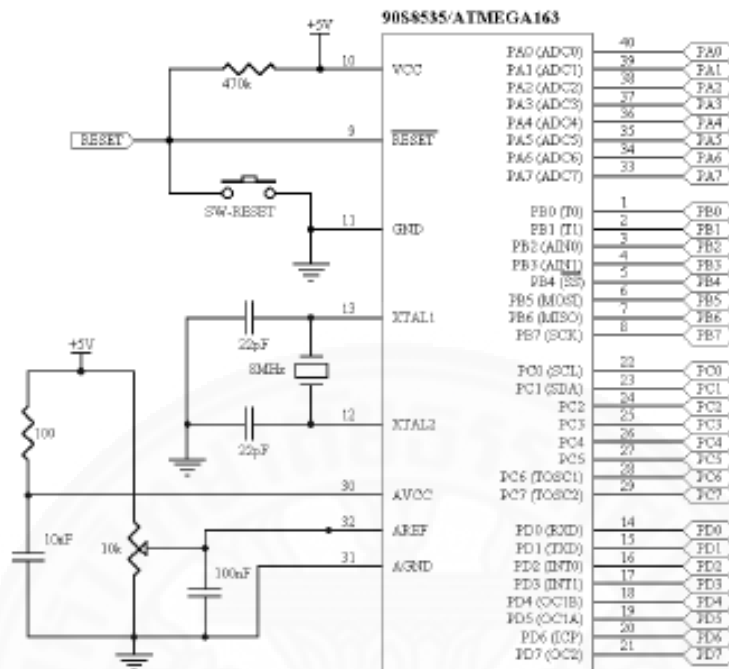


ภาพที่ 3.8 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT90S8535

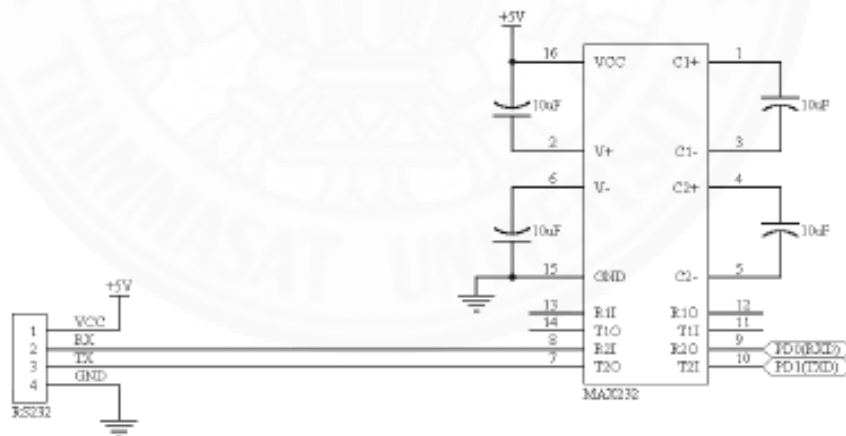
บอร์ด AVR ไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-AVR V3.0 ผลิตโดยบริษัท ETT สามารถใช้ได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ AT90S8535 และ ATmega163 โดยจะทำงานที่ความถี่สูงสุด 8 MHz เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งออกแบบวงจรเฉพาะส่วนพื้นฐานที่จำเป็น เช่น แหล่งจ่ายไฟ วงจรรีเซ็ต วงจรกำเนิดความถี่สัญญาณนาฬิกา วงจรสำหรับ Download โปรแกรม และวงจรสื่อสารอนุกรม ส่วนวงจร I/O ภายนอกนั้น จะไม่ได้จัดเตรียมไว้ให้ด้วย แต่จะทำการต่อสัญญาณ I/O ต่างๆ จาก CPU มาไว้ยังขั้วต่อ Connector สำหรับให้ผู้นำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ I/O ภายนอกได้โดยง่าย และยังมีพื้นที่เอนกประสงค์สำหรับให้ผู้ใช้ออกแบบวงจร I/O และต่อวงจร I/O เพิ่มเติมได้เอง เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการนำบอร์ดไปใช้พัฒนางานต้นแบบโดยการสร้าง I/O ต่างๆ ขึ้นมาใช้งานเอง



ภาพที่ 3.9 บอร์ด AVR ไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-AVR V3.0 ผลิตโดยบริษัท ETT



ภาพที่ 3.10 การต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของบอร์ด CP-AVR V3.0



ภาพที่ 3.11 การต่อวงจรในส่วนของการติดต่อสื่อสารแบบ RS232 บอร์ด CP-AVR V3.0

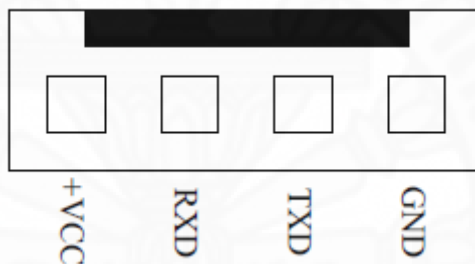
การใช้งานพอร์ตของ CPU เป็น I/O Port (Input / Output Port) ลักษณะการต่อขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เข้ากับพอร์ต I/O ขนาด 34 ขา (72IOZ80) สามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้ ซึ่งบอร์ดทั้งสามรุ่นจะต่อในรูปแบบเดียวกัน

PB0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PB1
PB2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PB3
PB4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PB5
PB6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PB7
PA0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PA1
PA2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PA3
PA4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PA5
PA6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PA7
PC0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PC1
PC2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PC3
PC4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PC5
PC6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PC7
+5V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NC
GND	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RES
PD2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PD3
PD4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PD5
PD6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PD7

ภาพที่ 3.12 พอร์ต I/O ขนาด 34 ขาของบอร์ด CP-AVR V3.0

ในกรณีนี้จะต้องทำการติดตั้งไอซี Line Driver เพื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณทางไฟฟ้าของขาสัญญาณสำหรับ รับ-ส่ง ข้อมูลแบบ TTL ของ CPU (RX และ TX) ให้เป็นระดับสัญญาณทางไฟฟ้าแบบ RS232 ($\pm 12V$) โดยการติดตั้งไอซีเบอร์ MAX232 เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนระดับสัญญาณ TTL จากขาสัญญาณส่งข้อมูล (TX) ของ CPU ให้เป็นระดับสัญญาณ $\pm 12V$ สำหรับส่งไปยังขารับสัญญาณ (RX) ของอุปกรณ์ภายนอก และในทางกลับกัน ก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนระดับสัญญาณส่ง (TX) แบบ RS232 ($\pm 12V$) จากอุปกรณ์ภายนอก ให้กลับมาเป็นระดับ TTL เพื่อส่งให้กับขารับข้อมูล (RX) ของ CPU ด้วย โดยเมื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณในการรับส่งข้อมูลจาก TTL มาเป็นแบบ RS232 นี้แล้วจะทำให้สามารถทำการ รับ-ส่ง ข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ระดับสัญญาณทางไฟฟ้าในการรับ-ส่ง แบบเดียวกัน (RS232) ได้ไกลขึ้น ประมาณ 50 ฟุต หรือประมาณ 15 เมตร โดยสามารถทำการ รับ-ส่ง ข้อมูลกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้ในลักษณะของตัวต่อตัว (Point-to-Point) เท่านั้น สำหรับสายสัญญาณที่จะนำมาใช้สำหรับทำการสื่อสารแบบ RS232 นั้น จะใช้สัญญาณเพียง 2-3 เส้นเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการสื่อสารว่า ต้องการสื่อสารแบบทิศทางเดียวหรือสองทิศทาง การสื่อสาร RS232 แบบสองทิศทาง ซึ่งจะมีทั้งการรับข้อมูลและส่งข้อมูลไปมา ระหว่างด้านรับและด้านส่ง โดยในกรณีนี้จะต้องใช้สายสัญญาณจำนวน 3 เส้น สัญญาณรับข้อมูล (RXD) สัญญาณส่งข้อมูล (TXD) และสัญญาณอ้างอิง (GND) โดยในการเชื่อมต่อสายนั้นจะต้องทำการสลับสัญญาณกับอุปกรณ์ปลายทางด้วย คือ สัญญาณส่ง (TXD) จากบอร์ด CP-AVR จะต้องต่อเข้ากับสัญญาณรับ (RXD) ของอุปกรณ์ และสัญญาณส่ง (TXD) จากอุปกรณ์ก็ต้องต่อกับสัญญาณรับ (RXD) ของบอร์ด

ส่วนสัญญาณอ้างอิง (GND) จะต้องต่อตรงถึงกัน จึงจะสามารถทำการ รับ-ส่ง ข้อมูลกันได้ การสื่อสาร RS232 แบบทิศทางเดียวซึ่งอาจเป็นการรอรับข้อมูลจากด้านส่งเพียงอย่างเดียวหรืออาจเป็นการส่งข้อมูลออกไปยังปลายทางเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการโต้ตอบข้อมูลซึ่งกันและกัน ซึ่งวิธีนี้จะใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เท่านั้น โดยถ้าเป็นทางด้านส่ง ก็จะต่อเพียงสัญญาณส่ง (TXD) และสัญญาณอ้างอิง (GND) แต่ถ้าเป็นทางด้านรับ ก็จะต่อเพียงสัญญาณรับ (RXD) และสัญญาณอ้างอิง (GND) เท่านั้น โดยขั้วต่อของสัญญาณ RS232 ของบอร์ด CP-AVR ทั้ง 3 รุ่น นั้น จะเป็นจุดเชื่อมต่อของสัญญาณ รับ-ส่ง ข้อมูล ที่เปลี่ยนระดับสัญญาณเป็นแบบ RS232 แล้ว ซึ่งจะมีลักษณะเป็นแบบขั้ว CPA ขนาด 4 PIN สำหรับใช้เป็นจุดเชื่อมต่อสัญญาณ รับ-ส่ง ข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก โดยมีลักษณะการจัดเรียงสัญญาณดังนี้



ภาพที่ 3.13 ขั้วต่อสัญญาณ RS-232 ของบอร์ด CP-AVR V3.0

3.3.1.2 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรม AVR STUDIO

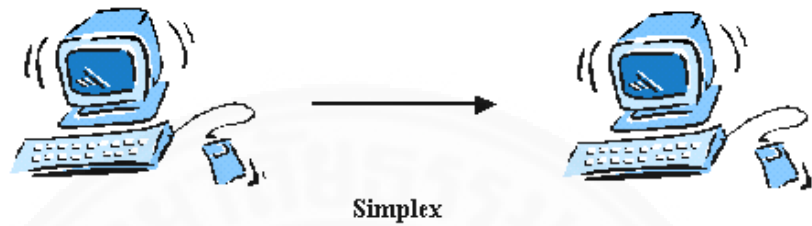
4.0 AVR STUDIO เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ในรูปแบบ IDE เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาแอสเซมบลี ดีบั๊กเกอร์ และอิดิเตอร์ไว้ในตัวเดียวกัน สามารถใช้โปรแกรม WinAVR ร่วมกับ AVR STUDIO เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมภาษา C ลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ได้ในส่วนของรายละเอียดของการทำงานของโปรแกรม AVR STUDIO 4.0 และการเขียนข้อมูลเลขฐาน 16 (HEX file) ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เครื่องโปรแกรมได้อธิบายไว้ในภาคผนวก ข

3.3.2 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)

เป็นการรับส่งข้อมูลที่ละบิต แทนที่จะทำการรับส่งข้อมูลพร้อมกันทุกบิตในเวลาเดียวกัน ข้อดีของการสื่อสารแบบนี้ คือ ใช้จำนวนสายในการสื่อสารน้อย สามารถรับส่งได้ในระยะทางที่ไกลๆ แต่ก็มีข้อเสียในด้านเวลา เพราะต้องใช้เวลาในการสื่อสารมาก เมื่อเทียบกับการสื่อสารแบบขนาน อีกทั้งโอกาสเกิดการผิดพลาดของข้อมูลก็สูงกว่าแบบขนาน การสื่อสารแบบอนุกรมนับว่ามี

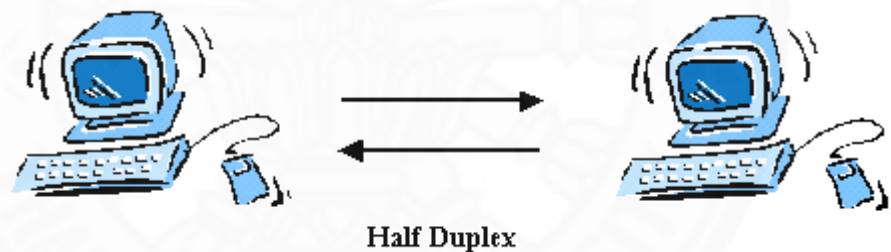
ความสำคัญต่อการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์มากเพราะสามารถใช้แป้นพิมพ์ และจอภาพของ PC เป็นอินพุต และเอาต์พุตในการติดต่อ หรือควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์รูปแบบของการสื่อสารแบ่งได้ 3 แบบ คือ

(1) แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) เป็นการสื่อสารทางเดียว



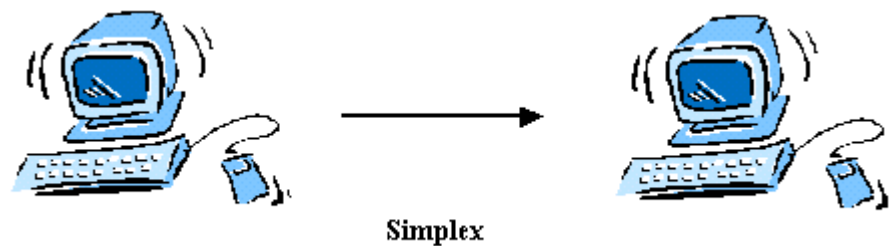
ภาพที่ 3.14 การสื่อสารทางเดียว (Simplex)

(2) แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half-duplex) เป็นการสื่อสารได้ทั้งสองทางแต่จะต้องผลัดกันรับส่ง



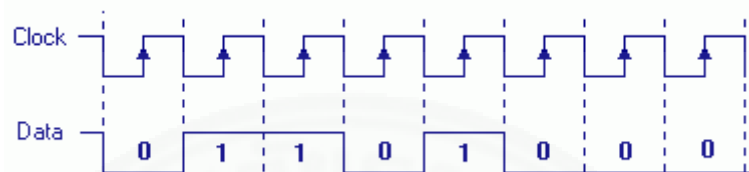
ภาพที่ 3.15 การสื่อสารสองทาง (Half-duplex)

(3) แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full-duplex) เป็นการสื่อสารได้ทั้งสองทางและทำได้ในเวลาเดียวกัน



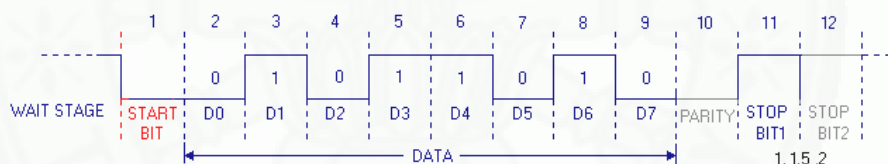
ภาพที่ 3.16 การสื่อสารสองทาง (Full-duplex)

การติดต่อแบบอนุกรมเมื่อแบ่งตามลักษณะของการส่งข้อมูลแบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบซิงโครนัส (Synchronous) และแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous) การรับส่งข้อมูลจะมีสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเป็นตัวกำหนด จังหวะเวลา การส่งข้อมูล รวมอยู่ด้วยอีกเส้นหนึ่ง ใ้คู่กับสัญญาณข้อมูล ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณจากคีย์บอร์ด



ภาพที่ 3.17 การรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous)

(4) การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) การรับส่งข้อมูล โดยที่ไม่จำเป็นต้อง มีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วย แต่จะใช้ให้ตัวส่ง และตัวรับ มีอัตราส่งข้อมูล ที่เท่ากัน



ภาพที่ 3.18 การรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

รูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- (1) บิตเริ่มต้น (Start bit) มีขนาด 1 บิต
- (2) บิตข้อมูล (Data) มีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
- (3) บิตตรวจสอบพาริตี (Parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
- (4) บิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1, 1.5, 2 บิต

3.3.2.1 มาตรฐานในการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

(1) มาตรฐาน RS-232C เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมที่นิยมใช้มากที่สุดกำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกาตั้งแต่ปี 1969

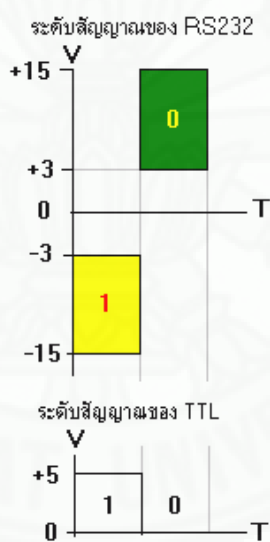
(2) มาตรฐาน RS-449 ข้อจำกัดของ RS-232C คือ สามารถใช้ Cable ได้ยาวที่สุดเพียงประมาณ 50 ฟุต (ประมาณ 16 ถึง 17 เมตร) มาตรฐานใหม่เพื่อปรับปรุงแก้ไขประสิทธิภาพ INTERFACE RS-232C มาตรฐานใหม่นี้ก็คือ มาตรฐาน RS449/RS422 ทำงานที่ความเร็วสูงที่สุดถึง 10 Mbps และระยะทางไกลที่สุดประมาณ 1,200 เมตร

(3) มาตรฐาน USB (Universal Serial Bus) ถูกวางโดยบริษัทยักษ์ใหญ่ ผู้นำทางด้านอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ ช่วยกันวางมาตรฐาน โดยในยุคเริ่มแรก นั้นก็มี COMPAQ, IBM, DEC, Intel, Microsoft, NEC และ Northern Telecom มาตรฐานของ USB นั้น ออกสู่สาธารณะชนเป็นครั้งแรก เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537 ได้ปรับปรุงแก้ไขเรื่อยมา จนกระทั่งเมื่อ วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2539 ออกมาเป็น Revision 1.0 (USB 1.0) ได้สำเร็จ และยังได้ปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่างๆ จนเมื่อวันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2541 ได้เป็น Revision 1.1 (USB 1.1) เมื่อความเร็วที่ได้ ยังไม่เพียงพอกับความต้องการ ดังนั้น ทางกลุ่มผู้พัฒนา หรือ USB-IF (USB Implementers Forum, Inc.) ได้ร่างมาตรฐาน USB รุ่นใหม่นี้ USB 1.1 จะมีความเร็วอยู่ที่ 12 Mbps ส่วน USB 2.0 นั้น รองรับระดับการรับส่งข้อมูลได้ถึง 3 ระดับ ความเร็ว 1.5 Mbps (Low Speed) สำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลคราวละมากๆ ความเร็ว 12 Mbps (Full Speed) สำหรับการเชื่อมต่อกับ USB 1.1 ความเร็ว 480 Mbps (Hi-Speed) สำหรับการเชื่อมต่อกับ USB 2.0 ด้วยกัน

(4) เทคโนโลยี IEEE-1394 Fire wire (ชื่อเรียกของ apple) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า i-link (ชื่อเรียกของ Sony) หรือ IEEE1394 เป็นข้อกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อับสการสื่อสารแบบอนุกรมของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการรับ-ส่งข้อมูลขนาดใหญ่ และมีอัตราการส่งข้อมูลสูง ความเร็วสูงระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ อย่างแพร่หลาย ทำให้เข้ามาทดแทนการเชื่อมต่อแบบ SCSI ในอุปกรณ์หลายชนิด IEEE-1394 ถูกออกแบบให้เป็นบัสอนุกรมประสิทธิภาพสูง (High Performance Serial Bus) มีลักษณะการทำงานในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ ที่ต่อเชื่อมจากโฮสต์ (คอมพิวเตอร์) ซึ่งเป็นแบบอนุกรม แต่ถูกพัฒนาให้มีความสามารถ "ลิงค์" ในลักษณะการต่อเชื่อมแบบ "ใยแมงมุม" จากนั้นพัฒนาให้มีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลสูงถึง 400 เมกะไบต์/วินาที (มากกว่า USB ซึ่งได้สูงสุด 12 เมกะไบต์ /วินาที อยู่หลายเท่าตัว) รวมทั้งการสนับสนุน "Hot plug" ใส่-ถอดอุปกรณ์ได้ระหว่างที่เปิดโฮสต์คอมพิวเตอร์ และไม่จำเป็นต้องใช้ "Terminator" ซึ่งมีความเหนือกว่า USB ในที่นี้จะอธิบายรายละเอียดเฉพาะมาตรฐาน RS-232C เท่านั้นเพราะมาตรฐานอื่นไม่ได้ใช้งาน

3.3.2.2 มาตรฐาน RS-232C เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมที่นิยมใช้มากที่สุดกำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา ตั้งแต่ปี 1969

(1) ระดับแรงดันในมาตรฐาน RS-232C โดยปกติพอร์ตอนุกรม RS-232C จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุตโดยประมาณ ขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และ ปริมาณสัญญาณรบกวน สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสายนำสัญญาณมักจะมีแรงดันเป็นบวกเมื่อเทียบกับกราวด์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนนี้ จึงออกแบบแรงดัน ของโลจิก "1" เป็นลบ คือ อยู่ในช่วง -3V ถึง -15V ส่วนแรงดัน ของโลจิก "0" อยู่ในช่วง +3V ถึง +15V และเหตุที่ระดับสัญญาณ ของ RS232 อยู่ในช่วง +15V ถึง -15V ก็เพื่อให้ต่อสายสัญญาณไปได้ไกลขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันของ RS232 มาเป็นระดับแรงดันของ TTL ในโครงงานนี้ใช้ IC MAX232 เป็นตัวแปลงระดับแรงดันของ RS232 มาเป็นระดับแรงดันของ TTL



ภาพที่ 3.19 ระดับแรงดันในมาตรฐาน RS-232C

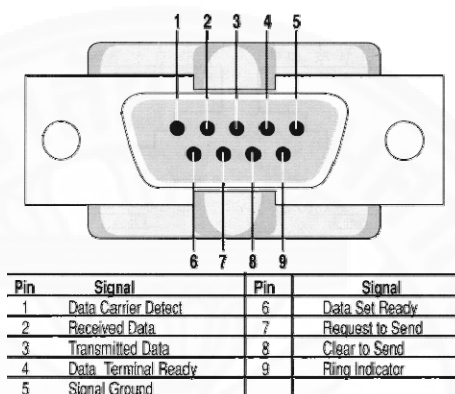
ลักษณะขั้วต่อของมาตรฐาน RS-232Cแบบ DB9



พอร์ตอนุกรมของ PC DB9 ตัวผู้ (Male)



พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB9 ตัวเมีย (Female)



ภาพที่ 3.20 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์อนุกรมแบบ DB9

หน้าที่การทำงานของขั้วต่อต่างๆ มีดังนี้

(1) Data Carrier Detect (DCD) เป็นทางของสัญญาณที่แจ้งจากอุปกรณ์มายังคอมพิวเตอร์ว่าได้รับสัญญาณเรียบร้อยแล้วขานี้จะมีสถานะภาพลอจิกเป็น “1”

(2) Received Data (RD) เป็นทางสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานะภาพลอจิกเป็น “1”

(3) Transmit Data (TD) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอจิกที่ขานี้มีค่าเท่ากับ “1” หรือเทียบเท่า Stop Bit

(4) Data Terminal Ready (DTR) คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณนี้ให้ออน (ลอจิก “0”) เมื่อพร้อมที่จะติดต่อรับส่งข้อมูล

(5) Signal Ground (SG) ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุกๆ สายสัญญาณจะมีแรงดันเป็น “0” เมื่อเทียบกับสายสัญญาณอื่นๆ

(6) Data Set Ready (DSR) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะออน (ลอจิก “0”) จะเป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์ว่า พร้อมที่จะส่งได้แล้ว

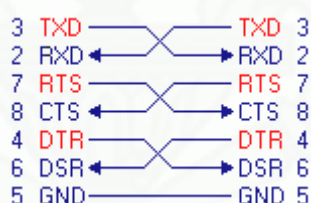
(7) Request to Send (RTS) ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทาง TD สัญญาณนี้จะใช้คู่กับ CTS ที่อุปกรณ์รับ หากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมก็จะส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS

(8) Clear to Send (CTS) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะออฟ (Negative Voltage หรือ ลอจิก "1" หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่า พร้อมจะรับข้อมูลแล้ว

(9) Ring indicator (RI) เป็นช่องทางในการจับสัญญาณ Ringing จากเครือข่ายโทรศัพท์ในกรณีที่ใช้งานเป็นโมเด็ม

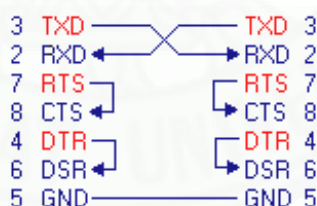
การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วย RS232 มี

(1) การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem



ภาพที่ 3.21 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem

(2) การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น



ภาพที่ 3.22 การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น

อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate) คือ ความเร็วของการรับ - ส่งข้อมูล เป็นจำนวนบิตต่อวินาที เช่น 300, 1,200, 2,400, 4,800, 9,600, 14,400, 19,200, 38,400, 56,000 เป็นต้น การเลือกอัตราการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และปริมาณสัญญาณรบกวน ในปัจจุบันในคอมพิวเตอร์ใช้ USB Port แทน Serial Port ดังนั้น จึงต้องใช้อุปกรณ์แปลงจาก USB Port เป็น Serial Port ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้แปลงจาก USB Port เป็น Serial Port ซึ่งก่อนที่ จะใช้งานต้องทำการติดตั้ง Device Driver บน Microsoft WindowsXP



ภาพที่ 3.23 อุปกรณ์ แปลงจาก USB Port เป็น Serial Port

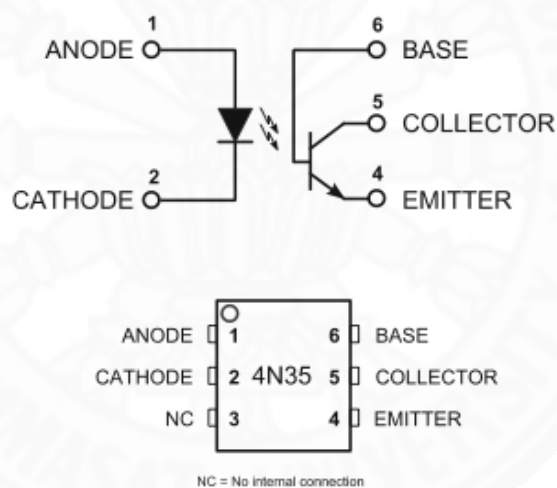
3.3.3 อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงออปโตคัปเปิลเลอร์ (Optocouplers)

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง หรือที่เรียกว่า “ออปโตคัปเปิลเลอร์” (OptoCoupler) หรือบางทีก็เรียกว่า อุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง (Opto-Isolator) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับการเชื่อมต่อทางแสง โดยการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นแสงแล้วเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม นิยมใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจร และต้องการแยกกันทางไฟฟ้าโดยเด็ดขาดเพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้าระหว่างสองวงจรภายในของอุปกรณ์ประเภทนี้ประกอบ ด้วยไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งแสง (Optical Transmitter) เช่น แสงอินฟราเรด (Infrared) และสำหรับตัวรับแสง (Optical Receiver) ซึ่งมักนิยมใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นตัวรับโดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวถังเดียวกัน

โฟโตทรานซิสเตอร์ทำงานได้ในลักษณะเดียวกับทรานซิสเตอร์รอยต่อคู่แบบ NPN แต่ไม่มีขาเบส (B) และถูกแทนที่ด้วยส่วนรับแสง เมื่อได้รับแสงหรืออนุภาคของแสง หรือที่เรียกว่า โฟตอน (Photons) ในปริมาณมากพอจะทำให้เกิดอนุภาคอิสระที่มีประจุในบริเวณรอยต่อระหว่างเบสและคอลเลคเตอร์ (Base-Collector Region) และให้ผลเหมือนมีกระแสไหลเข้าที่ขาเบส



ภาพที่ 3.24 ตัวอย่างอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่ใช้ตัวถังแบบต่างๆ

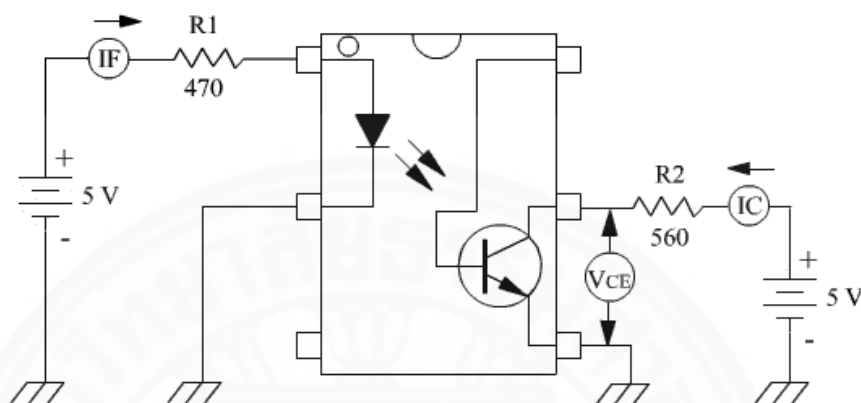


ภาพที่ 3.25 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าและตัวถังของแสง ออปโตคัปเปิลเลอร์เบอร์ 4N35 แบบ 6 ขา

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงสามารถรับสัญญาณอินพุต (ดิจิทัล) เช่น จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้เปิด-ปิดไดโอดเปล่งแสงที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ (ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง) และทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยแสง ดังนั้น จึงนำไปใช้ในลักษณะเป็นอุปกรณ์สวิตช์เปิด-ปิด หรือนำไปต่อกับวงจรทรานซิสเตอร์ภายนอกเพื่อให้สามารถขับกระแสได้ในปริมาณที่สูงขึ้น

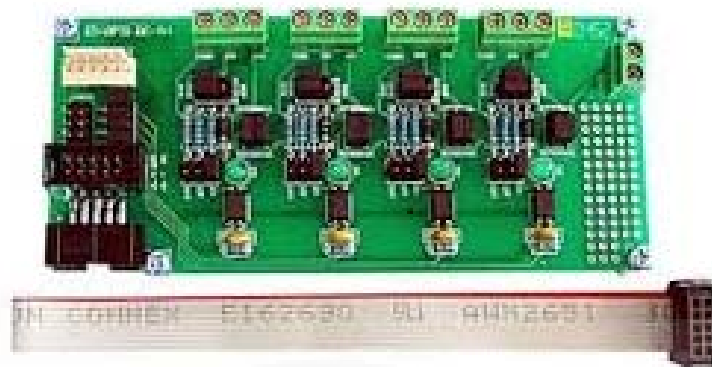
วงจรใช้งานเบื้องต้นของออปโตคัปเปิลเลอร์ โดยมีไดโอดเปล่งแสงอยู่ทางด้านอินพุต และโฟโตทรานซิสเตอร์ในด้านเอาต์พุตของวงจร เมื่อมีกระแสไหลผ่าน LED โดยมี ตัวต้านทาน R1 เป็น

ตัวจำกัดกระแส LED จะส่องแสงไปที่โฟโตทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ นำกระแสมีแรงดันเอาต์พุตต่อคร่อมที่ ตัวต้านทาน R2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเอาต์พุตของวงจรจะถูกควบคุมโดยอินพุต โดยทั้งอินพุตและเอาต์พุตแยกกันทางไฟฟ้าโดยสิ้นเชิง

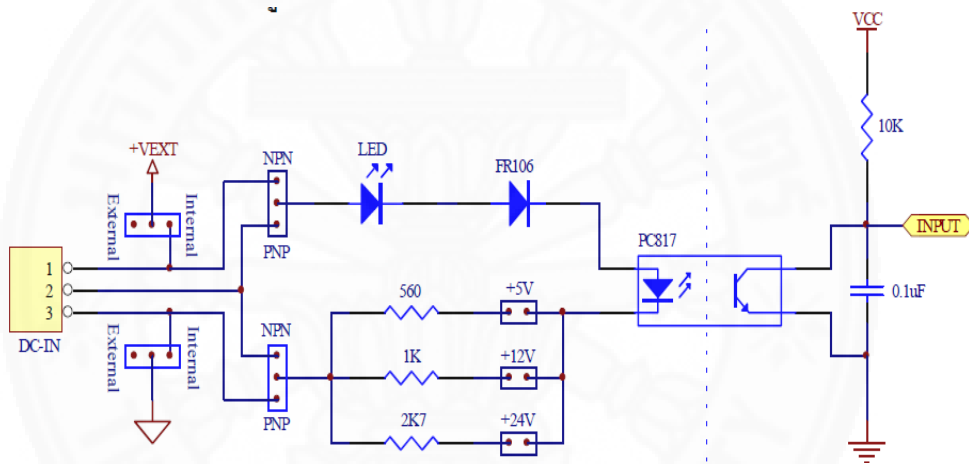


ภาพที่ 3.26 วงจรใช้งานออปโตคัปเปิลอร์เบื้องต้น

3.3.3.1 บอร์ดออปโตคัปเปิลอร์เอนกประสงค์ ET-OPTO DC-IN4 เป็นชุด OPTO-ISOLATE INPUT ขนาด 4 ช่อง โดยทำหน้าที่แปลงสัญญาณ Input ชนิดแรงดันไฟตรงแบบ DC Voltage ขนาด +5VDC, +12VDC หรือ +24VDC ให้เป็นสัญญาณ โลจิก “0” หรือ “1” แบบ TTL โดยในการประยุกต์ใช้งานนั้น จะใช้สำหรับตรวจจับการทำงานของอุปกรณ์ Sensor หรือหน้าสัมผัส สวิตช์ต่างๆ ที่ให้ผลการทำงานเป็นแรงดันไฟตรงแบบ DC Voltage ขนาด +5VDC, +12VDC หรือ +24VDC ซึ่งสามารถเลือกกำหนดได้จาก Jumper ภายในบอร์ด โดยการทำงานของวงจรจะให้ผลลัพธ์เป็นโลจิก TTL โดยถ้าทางด้าน Input ได้รับระดับแรงดันไฟตรงขนาดตามที่กำหนดไว้จะให้ผลลัพธ์หรือสถานะทาง Output ของ OPTO ISOLATE เป็นโลจิก “0” แต่ถ้า Input ได้รับระดับแรงดันเป็น 0V จะให้สถานะทาง Output ของ OPTO ISOLATE เป็นโลจิก “1” นอกจากนี้แล้วยังสามารถกำหนดการทำงานให้ใช้สำหรับทำหน้าที่ตรวจจับการทำงานของอุปกรณ์แบบหน้าสัมผัสหรือ Sensor ทั้งชนิด NPN และ PNP ได้อีกด้วย โดยการต่อแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจากภายนอกให้กับ Terminal ตำแหน่ง +VEXT และ GND ของบอร์ด ซึ่งแรงดันไฟตรง +VEXT นี้ควรเป็นไฟกระแสตรงที่ได้จากหม้อแปลงต่างขดกับที่จ่ายให้กับวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย เพื่อจะได้แยกสัญญาณ และ GND ของภาค INPUT และไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากกันอย่างเด็ดขาด



ภาพที่ 3.27 บอร์ดออปโตคัปเปิลอร์เอนกประสงค์ ET-OPTO DC-IN4



ภาพที่ 3.28 วงจรบอร์ดออปโตคัปเปิลอร์เอนกประสงค์ ET-OPTO DC-IN4

การทำงานของบอร์ด ในการใช้งานบอร์ด ET-OPTO DC-IN4 เพื่อตรวจจับการทำงานของ DC Voltage Input นั้น อันดับแรกผู้ใช้จะต้องทราบก่อนว่าระดับแรงดัน DC Voltage Input ที่จะต่อมาให้กับบอร์ดนั้นมีค่าเท่าใด ซึ่งก็จะต้องเลือกกำหนด Jumper เพื่อเลือกตัวต้านทานจำกัดกระแสที่จะให้ไหลผ่านวงจร Input ของ OPTO ISOLATE ให้เหมาะสมกับระดับแรงดันต่างๆ ด้วย โดยจะมี LED สำหรับแสดงสถานการณ์การทำงานของวงจรและมีไดโอด FR106 เพื่อป้องกันการป้อนแรงดันกลับชั่วให้วงจรซึ่งเมื่อมีแรงดันไฟตรงป้อนเข้ามาทางด้านภาค Input ของวงจร OPTO ISOLATE (PC817) ก็จะทำให้ LED แสดงสถานการณ์การทำงานของวงจรติดสว่างให้เห็นซึ่งจะทำให้สัญญาณลอจิกที่จุด INPUT มีสถานะเป็น “0” ด้วยเนื่องจากเมื่อวงจรด้าน Input ของ OPTO ISOLATE (PC817) ทำงานก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่บรรจุไว้ภายในตัว OPTO ISOLATE นำกระแสตามไปด้วย แต่เมื่อไม่มีแรงดันจ่ายให้กับภาค Input ของวงจร OPTO ISOLATE ก็จะทำให้

ทรานซิสเตอร์หยุดทำงานส่งผลให้สถานะทางโลจิกที่จุด INPUT มีค่าเป็นโลจิก “1” ตามการ Pull-Up ของตัวต้านทาน 10K ที่ต่ออยู่นั่นเอง การต่อสัญญาณ Input ให้บอร์ด สำหรับการต่อ Input ให้กับบอร์ดนั้น จะสามารถทำได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของสัญญาณ Input ซึ่งแยกอธิบายในภาคผนวก ก

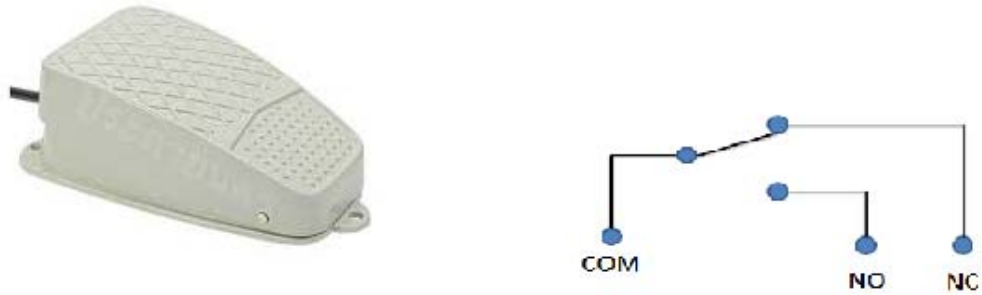
3.3.4 สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง ถือว่าเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่พบการใช้งานได้บ่อยหน้าที่ของสวิตช์ คือ ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีการจ่ายแรงดันเข้าวงจร หรืองดจ่ายแรงดันเข้าวงจร จะมีแรงดันจ่ายเข้าวงจรเมื่อสวิตช์ต่อวงจร (Close Circuit) และไม่มีแรงดันจ่ายเข้าวงจรเมื่อสวิตช์ตัดวงจร (Open Circuit)



ภาพที่ 3.29 สัญลักษณ์ของสวิตช์แบบต่างๆ

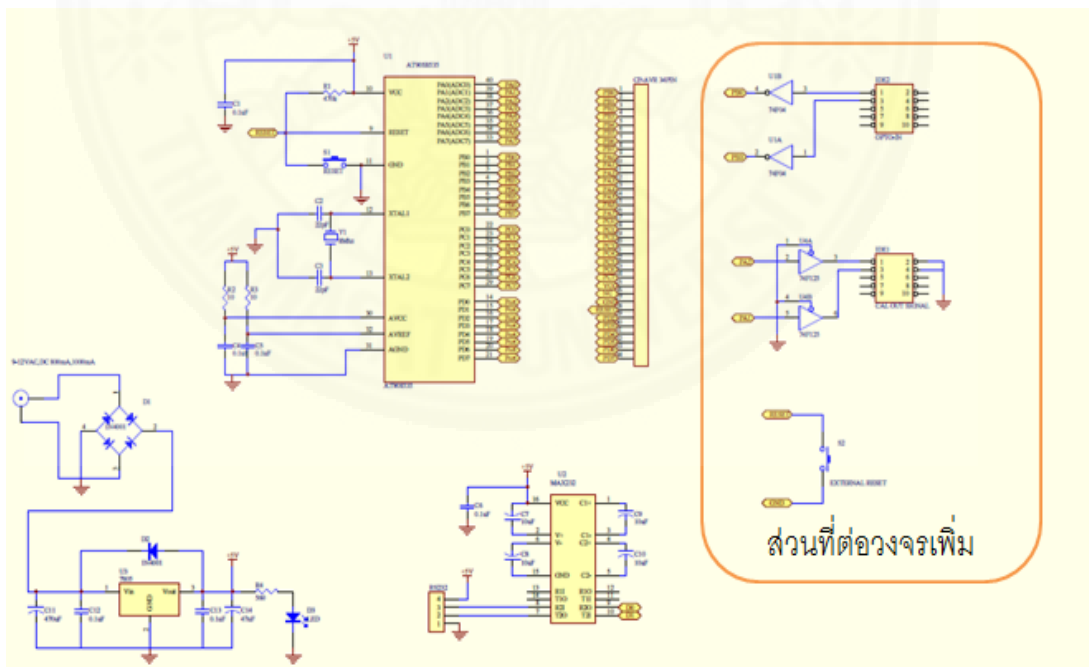
3.3.4.1 สวิตช์แบบเท้าเหยียบ (Foot Switch) คือ สวิตช์ตัดต่อวงจรชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานโดยการใช้เท้าเหยียบ เพื่ออำนวยความสะดวกในการควบคุมวงจรไฟฟ้าในกรณีที่ไม่สามารถทำการควบคุมด้วยมือ และหลักการทำงานจะเหมือนสวิตช์ที่ควบคุมด้วยมือทุกอย่าง



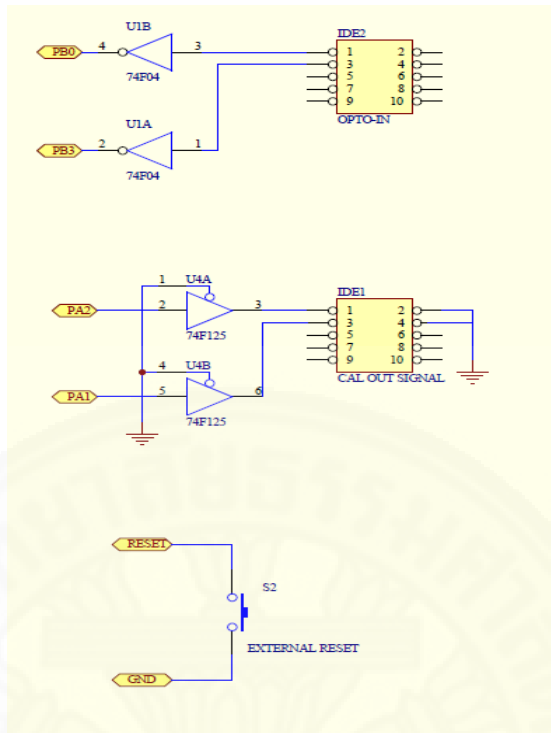
ภาพที่ 3.30 รูปร่างและสัญลักษณ์ของสวิตช์แบบเท้าเหยียบ (Foot Switch)

3.4 การประกอบกล่องจับเวลา

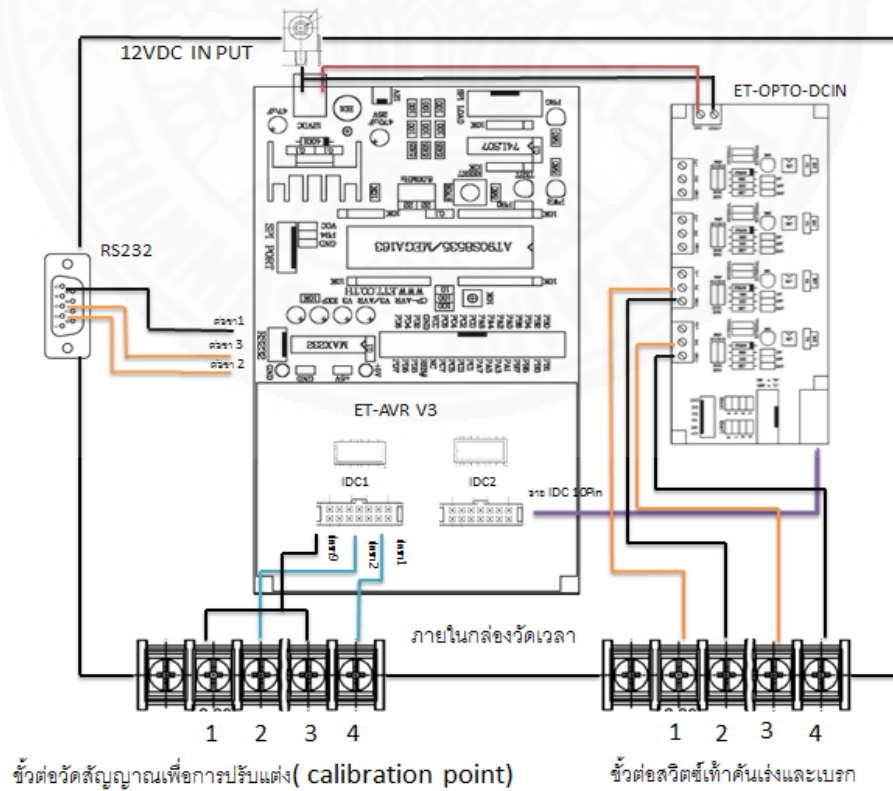
จากข้อมูลของบอร์ด ET-OPTO-DCIN การทำงานของวงจรทางด้านออกนั้น เมื่อสัญญาณเข้าเป็น “0” (สวิตช์เท้าไม่ทำงาน) สัญญาณด้านออกเป็น “1” (5VDC) แต่สัญญาณด้านเข้าเป็น “1” (สวิตช์เท้าทำงาน) สัญญาณด้านออกเป็น “0” (0VDC) ดังนั้น ต้องมีการต่อวงจรเพิ่มเพื่อทำการกลับสถานะด้านออกของ ET-OPTO-DCIN ให้ทำงานสอดคล้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการขยายสัญญาณออกเพื่อการปรับค่าเวลา โดยการต่อวงจรดังภาพที่ 3.34



ภาพที่ 3.31 วงจรบอร์ด AVR ไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-AVR V3.0 และส่วนที่ต่อเพิ่ม



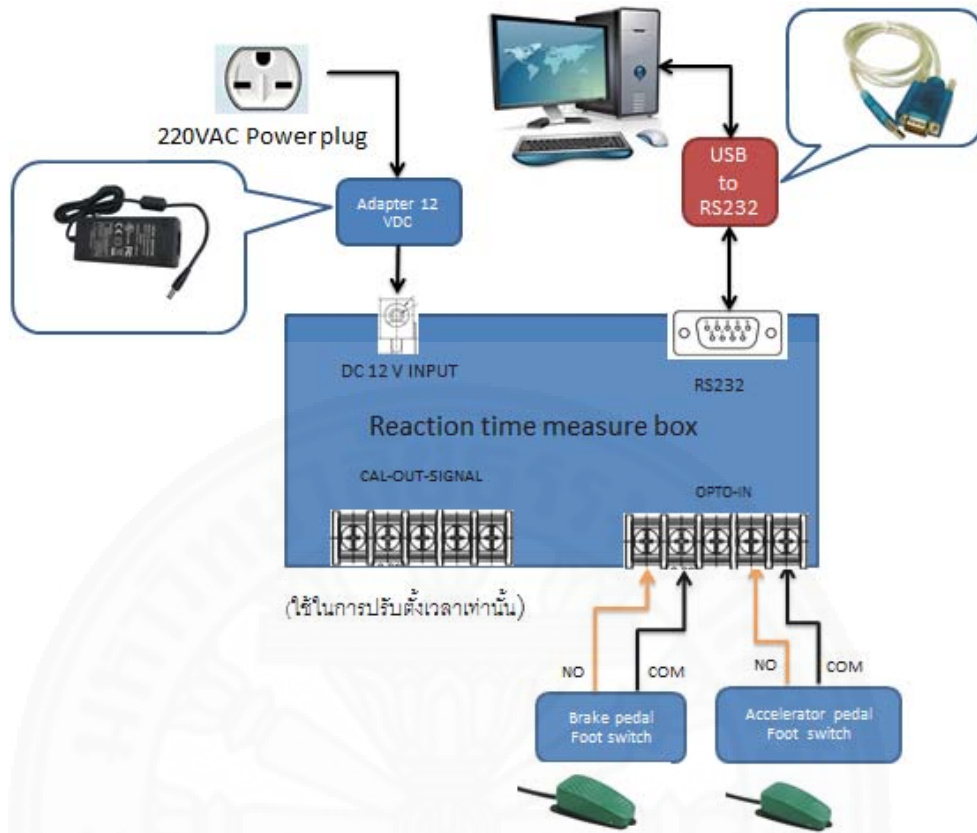
ภาพที่ 3.32 วงจรส่วนที่ต่อเพิ่ม



ขั้วต่อวัดสัญญาณเพื่อการปรับแต่ง (calibration point)

ขั้วต่อลิตซ์ให้กำลังและเบรก

ภาพที่ 3.33 วงจรภายในกล่องจับเวลา



ภาพที่ 3.34 วงจรภายในกล่องจับเวลา



ภาพที่ 3.35 เครื่องที่ทำการประกอบเรียบร้อยแล้ว

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การประเมินคุณสมบัติด้านไบอัสและประเมินเสถียรภาพของเวลาจะใช้หลักการโดยให้วงจรภายในที่ทำหน้าที่กำเนิดฐานเวลาให้ทำการกำเนิดสัญญาณออกมาในคาบเวลาที่แน่นอน และการวัดค่าเวลานั้น โดยเครื่องมือที่แม่นยำในการทดลองนี้ใช้ออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ Trextronix 1Ghz

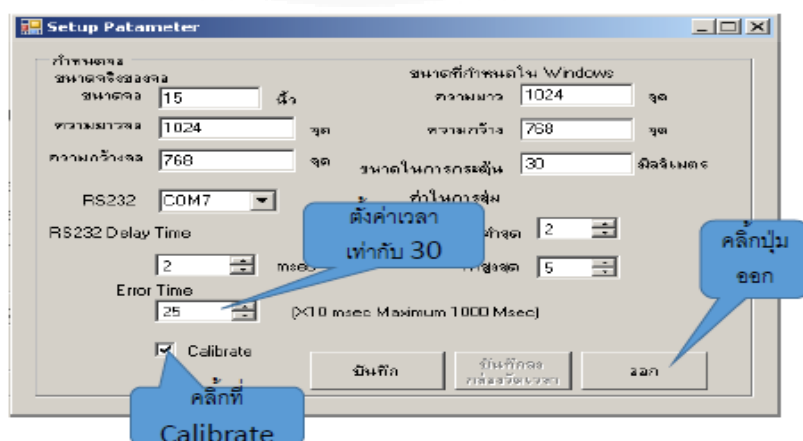
4.1 การประเมินคุณสมบัติด้านไบอัสและประเมินเสถียรภาพของเวลาตอบสนอง

ทำการต่อวงจรและทำการวัดดังในภาพที่ 4.1 การประเมินคุณสมบัติด้านไบอัสและประเมินเสถียรภาพของเวลาตอบสนอง จะทำการกำหนดคาบเวลาที่แน่นอนในการทดสอบเท่ากับ 300 มิลลิวินาที โดยอ้างอิงจาก ตารางที่ 2.1 ค่าเวลาของตอบสนองจะอยู่ในย่าน 240 ถึง 500 มิลลิวินาที ดังนั้น จึงเลือกย่าน 300 มิลลิวินาทีเป็นย่านกลางในการทดสอบ โดยทำการวัด 10 ครั้ง 3 รอบ และอ้างอิงตามมาตรฐานของเครื่อง 653MP คือ ± 0.001 วินาที

4.1.1 ทำการเปิดโปรแกรม Reaction time test -> ทำการคลิกที่ปุ่ม “กำหนดค่า”
ฟอร์มกำหนดค่าจะปรากฏขึ้น

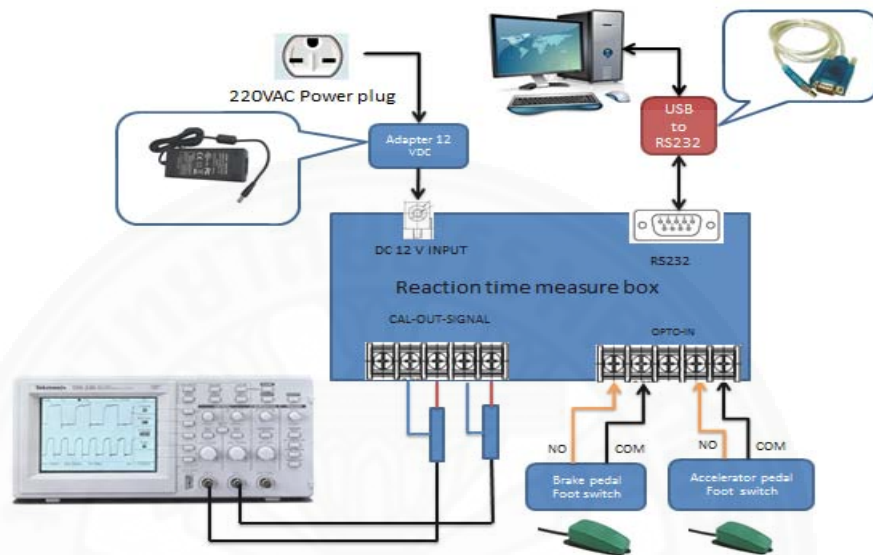


4.1.2 ทำการตั้งค่าเวลาในช่อง “Error time”-> ทำการคลิกที่ “Calibrate”

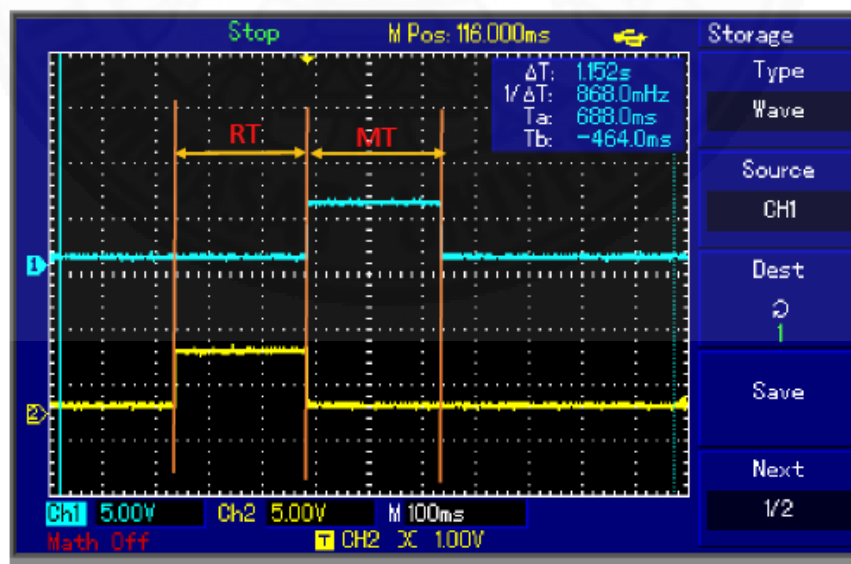


4.1.3 ทำการคลิก “บันทึกค่า”-> ทำการคลิก “บันทึกลงกล่องวัดเวลา”-> คลิก “ออก”

4.1.4 ทำการทดสอบ โดยการเทียบคั้งเร่งจนค่าเวลาปรากฏในช่อง “ค่าเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง” ทำการบันทึกค่าเวลาจากออสซิลโลสโคป



ภาพที่ 4.1 การวัดสัญญาณนาฬิกาจากข้อต่อเพื่อการทดสอบ (Test Point)



ภาพที่ 4.2 การวัดรูปสัญญาณนาฬิกาด้วยออสซิลโลสโคป

จากภาพที่ 4.2 การวัดรูปสัญญาณนาฬิกาด้วยออสซิลโลสโคป โดย Ta คือ จุดเริ่มทำการวัด Tb คือ จุดสิ้นสุดในการวัด DeltaT คือ ค่าความต่างของเวลา 1/deltaT คือ ส่วนกลับของเวลา หมายถึง ความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz) และได้รูปสัญญาณพัลส์ออกมาสองรูป โดยรูปแรก RT (Response time) คือ หรือคาบเวลาที่กำเนิดจากฐานเวลาที่ใช้ในการวัดเวลาในการตอบสนอง และรูปที่สอง คือ MT (Movement time) คือ เวลาในการเคลื่อนที่ หรือคาบเวลาที่กำเนิดจากฐานเวลาที่ทำการวัดเวลาในเคลื่อนที่ของเท้า ได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1

ข้อมูลเวลาคาบเวลาที่กำเนิดจากฐานเวลาที่ใช้ในการวัดเวลาในการตอบสนอง ตอบสนอง ย่าน 300 มิลลิวินาที จากช่วงสัญญาณ RT

Item	1	2	3	Mean
1	299.6	300.4	300.4	300.13
2	300.4	300.4	300	300.27
3	300.4	299.6	300	300.00
4	300	300.4	299.6	300.00
5	299.6	300.4	300	300.00
6	300.4	300	300.8	300.40
7	300	299.6	300.4	300.00
8	299.6	300	300	299.87
9	300	300.4	300	300.13
10	300.4	300.4	300	300.27
		Total Average =		300.11
		Bias =		0.11

4.1.5 ทำการประเมินคุณสมบัติด้านไบอัส โดยใช้สมการที่ 2.23 เมื่อค่า Total Average คือ \bar{X}

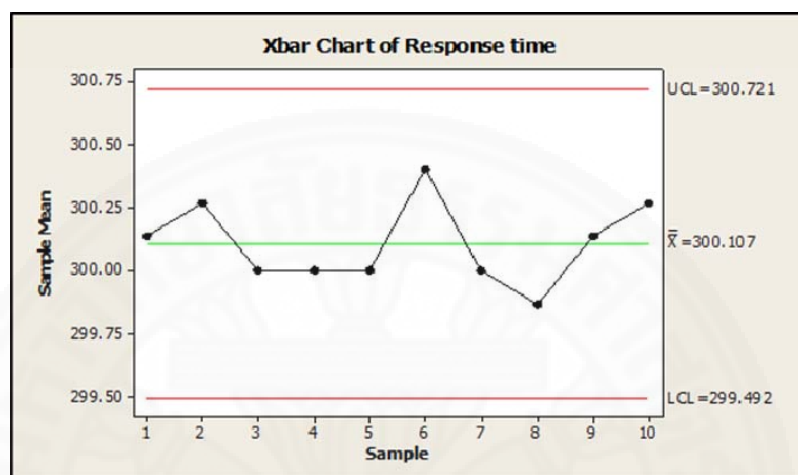
$$\begin{aligned} \text{ค่าไบอัส} &= \bar{X} - \text{ค่าอ้างอิง} \\ &= |300.11 - 300| \\ &= 0.11 \text{ มิลลิวินาที} \end{aligned}$$

ใช้สมการที่ 2.4 ทำการหาค่าร้อยละของไบอัสโดยใช้ค่าความผันแปรของกระบวนการอ้างอิงตามมาตรฐานของเครื่อง 653MP คือ ± 0.001 วินาที หรือเท่ากับ ± 1 มิลลิวินาที

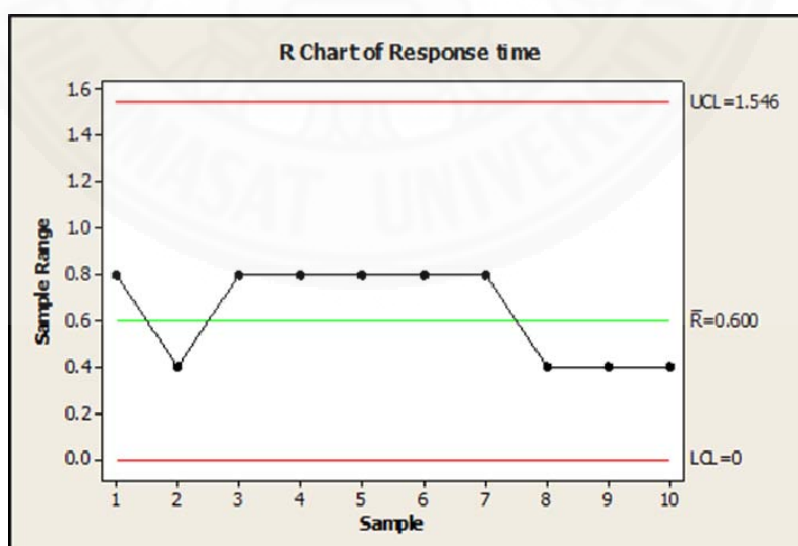
$$\begin{aligned} \text{ร้อยละไบอัส} &= (\text{ค่าไบอัส} / \text{ความผันแปรของกระบวนการ}) * 100 \\ &= ((0.11 / (2)) * 100 \\ &= 5.33 \text{ เปอร์เซ็นต์} \end{aligned}$$

ค่าเปอร์เซ็นต์ของความผันแปร 5.33 เปอร์เซ็นต์ ค่ามากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่ากระบวนการอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

4.1.6 ทำการประเมินคุณสมบัติทางด้านเสถียรภาพ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในกราฟในแผนภูมิเอ็ก-อาร์ โดยใช้โปรแกรม Minitab



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิเอ็ก ของคาบเวลาที่กำเนิดจากฐานเวลาที่ใช้ในการวัดเวลาในการตอบสนอง โดยใช้โปรแกรม Minitab



ภาพที่ 4.4 แผนภูมิอาร์ ของคาบเวลาที่กำเนิดจากฐานเวลาที่ใช้ในการวัดเวลาในการตอบสนอง โดยใช้โปรแกรม Minitab

จากภาพค่าเอ็กบาร์ ไม่ออกนอกเส้น ± 1.5 sigma และภาพแผนภูมิอาร์ ค่ายัง อยู่ภายใต้เส้นควบคุม แต่มีจุดต่อเนื่อง ทางด้านบน 6 จุด แสดงว่าเครื่องมือวัดมีความสามารถ แยกแยะได้แค่จำกัดในที่นี่ประมาณ 0.4 มิลลิวินาที จากด้านล่าง

ทำการทดสอบสมมุติฐานโดยโปรแกรม minitab 1-sample z test โดยนำค่า จากตารางที่ 1 มาทดสอบ โดยใช้ค่าความผันแปรของกระบวนการอ้างอิงตามมาตรฐานของเครื่อง 653MP คือ ± 0.001 วินาที หรือเท่ากับ ± 1 มิลลิวินาที ที่ความเชื่อมั่น 0.05

โดยตั้งสมมุติฐานว่า เมื่อ $\mu_0=300$, $\mu = \bar{X}$

$H_0: \mu=\mu_0$ (ค่า \bar{X} เท่ากับ 300)

$H_1: \mu \neq \mu_0$ (ค่า \bar{X} ไม่เท่ากับ 300)

One-Sample Z: Response time

Test of $\mu = 300$ vs not = 300
The assumed standard deviation = 2

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	P
Response time	30	300.107	0.331	0.365	(299.391, 300.822)	0.29	0.770

ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบ 1-sample z test ของคาบเวลาที่กำเนิดจากฐานเวลาที่ใช้ในการวัด เวลาในการตอบสนองที่กำหนดค่าคงที่เท่ากับ 300 มิลลิวินาที

จากผลการทดสอบ ค่า P เท่ากับ 0.770 มีค่ามากกว่า 0.05 ไม่สามารถปฏิเสธ สมมุติฐานหลักที่ระดับนัยยะสำคัญ 0.05 ได้แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาของคาบเวลาที่แน่นอนที่กำเนิด จากฐานเวลาที่ใช้วัดเวลาตอบสนองเท่ากับ 300 มิลลิวินาที

4.2 การประเมินคุณสมบัติด้านไบอัสและประเมินเสถียรภาพของค่าเวลาในการเคลื่อนที่

ขั้นที่ 4.2.1 และ 4.2.2 เหมือนกับการประเมินเสถียรภาพของคาบเวลาที่กำเนิดจากฐาน เวลาที่ใช้ในการวัดค่าเวลาในการเคลื่อนที่ ข้อ 4.1.1 และ 4.1.2 ได้ค่าจากการวัดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ข้อมูลของคาบเวลาที่กำเนิด จากฐานเวลาที่ใช้ในการวัดค่าเวลาในการเคลื่อนที่ที่วัดได้โดยกำเนิดให้
กำเนิดค่าเวลาคงที่เท่ากับ 300 มิลลิวินาที โดยวัดจากช่วงสัญญาณ MT

Item	1	2	3	Mean
1	300.4	300	300	300.13
2	300	300	300	300.00
3	300	300.4	300	300.13
4	300	300	300	300.00
5	300.4	300	300	300.13
6	300	300	300	300.00
7	300	300	300	300.00
8	300	300	300	300.00
9	300.4	300	300	300.13
10	300.4	300	300	300.13
Total Average=				300.07
Bias(spect-total Average)=				0.07

4.2.3 ทำการประเมินคุณสมบัติด้านไบอัส โดยใช้สมการที่ 2.23

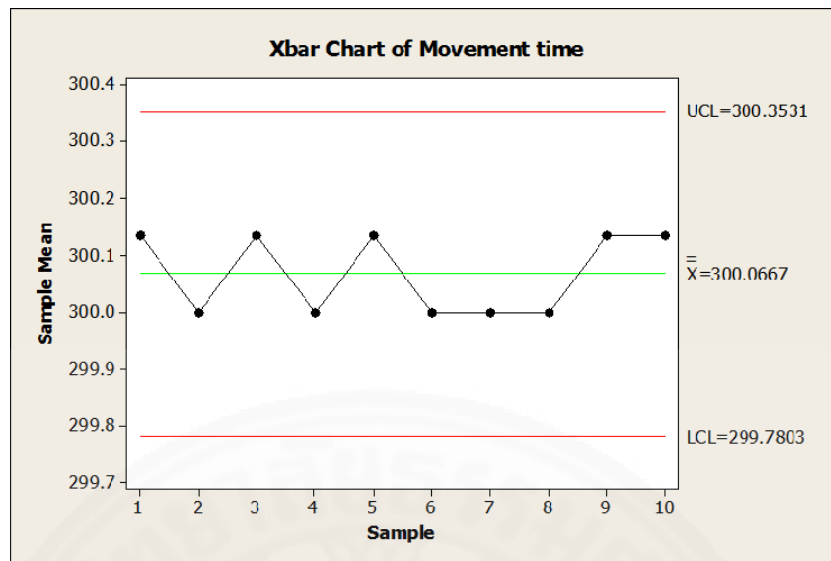
$$\begin{aligned} \text{ค่าไบอัส} &= \bar{x} - \text{ค่าอ้างอิง} \\ &= |300.07 - 300| \\ &= 0.07 \end{aligned}$$

ใช้สมการที่ 2.4 ทำการหาค่าร้อยละของไบอัส โดยใช้ค่าความผันแปรของ
กระบวนการอ้างอิงตามมาตรฐานของเครื่อง 653MP คือ ± 0.001 วินาที หรือเท่ากับ ± 1 มิลลิวินาที

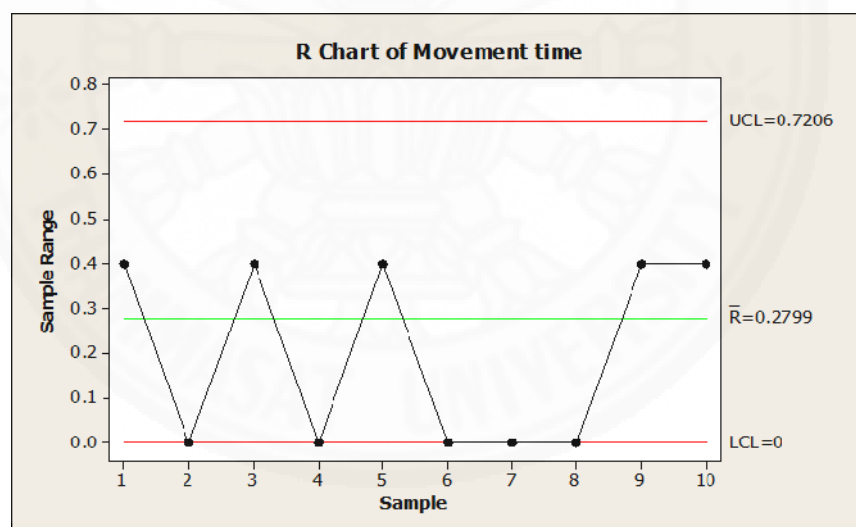
$$\begin{aligned} \text{ร้อยละไบอัส} &= (\text{ค่าไบอัส} / \text{ความผันแปรของกระบวนการ}) * 100 \\ &= ((0.07 / (2)) * 100 \\ &= 3.33\% \end{aligned}$$

ค่าร้อยละ ของความผันแปร 3.33 เปอร์เซ็นต์ คำน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า
กระบวนการอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

4.2.4 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในกราฟในแผนภูมิเฮอร์-อาร์ โดยใช้โปรแกรม Minitab



ภาพที่ 4.6 แผนภูมิเอ็กซ์ ของคาบเวลาที่กำเนิดจากฐานเวลาที่ใช้ในการวัดเวลาในการเคลื่อนที่ โดยใช้โปรแกรม Minitab



ภาพที่ 4.7 แผนภูมิอาร์ ของคาบเวลาที่กำเนิดจากฐานเวลาที่ใช้ในการวัดเวลาในการเคลื่อนที่ โดยใช้โปรแกรม Minitab

จากภาพเอ็กซ์บาร์ ไม่ออกนอกเส้น ± 1.5 sigma และภาพแผนภูมิอาร์ ค่ายังอยู่ภายใต้เส้นควบคุม แต่มีจุดที่อยู่บนเส้น LCL แสดงว่าเครื่องมือวัดมีความสามารถแยกแยะได้แค่ 0.4 มิลลิวินาที เพราะค่าจะ Run ที่ LCL=0 ถึง 0.4 แต่เมื่อเทียบกับความแปรผันของกระบวนการอ้างอิง

ตามมาตรฐานของเครื่อง 653MP คือ ± 0.001 วินาที หรือเท่ากับ ± 1 มิลลิวินาที สามารถยอมรับได้ ทำการนำค่าจากตารางที่ 1 มาทดสอบทดสอบสมมุติฐาน โดย minitab 1-sample z test โดยให้ค่า Total Average เท่ากับ \bar{X} และใช้ค่าค่าความผันแปรของกระบวนการอ้างอิงตามมาตรฐานของเครื่อง 653MP คือ ± 0.001 วินาที หรือเท่ากับ ± 1 มิลลิวินาที ที่ความเชื่อมั่น 0.05

โดยตั้งสมมุติฐานว่า เมื่อ $\mu_0=300$, $\mu=\bar{X}$

$H_0: \mu=\mu_0$ (ค่า \bar{X} เท่ากับ 300ms)

$H_1: \mu \neq \mu_0$ (ค่า \bar{X} ไม่เท่ากับ 300ms)

One-Sample Z: Movement

Test of $\mu = 300$ vs not = 300
The assumed standard deviation = 2

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	P
Movement	30	300.067	0.152	0.365	(299.351, 300.782)	0.18	0.855

ภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบ 1-sample z test ของ Movement time จาก Minitab

จากผลการทดสอบ ค่า $P=0.855$ มีค่ามากกว่า 0.05 ไม่สามารถปฏิเสธสมมุติฐานหลักที่ระดับนัยยะสำคัญ 0.05 ได้แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาของคาบเวลาที่แน่นอนที่กำเนิดจากฐานเวลาที่ใช้วัดเวลาตอบสนองเท่ากับ 300 มิลลิวินาที

4.3 การประเมินคุณสมบัติทางเส้นตรงของเวลาตอบสนอง

4.3.1 เหมือนกับขั้นตอน 4.1.1

4.3.2 ทำการวัดค่าเวลาในย่าน 100, 300, 500, 800 มิลลิวินาที ย่านละ 10 ครั้ง ทำการบันทึกค่าดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3

ค่าที่ทำการทดสอบเวลาตอบสนองในย่าน 100, 300, 500, 800 มิลลิวินาที

Range	100	300	500	800
1	100	299.6	501	801
2	99.19	300.4	500	801
3	99.2	300	500.1	801
4	99.19	300.4	500	802
5	99.6	300.4	500	800
6	99.2	299.6	500	801
7	99.61	300	500	801
8	99.58	300	501	800
9	99.2	300	500	801
10	100.4	300	500	801
Average	99.517	300.04	500.21	800.9

4.3.3 ทำการหาค่าไบอัสของเวลาตอบสนอง

Range (x) (ms)	100	300	500	800
Average (ms)	99.64386	299.9486	500.1729	800.7
Bias(y) (ms)	0.356143	0.051429	-0.17286	-0.7

x	y	x*x	y*y	x*y
100	0.356143	10000	0.126838	35.61429
300	0.051429	90000	0.002645	15.42857
500	-0.172857	250000	0.02988	-86.4286
800	-0.7	640000	0.49	-560
1700	-0.465286	990000	0.649362	-595.386

4.3.4 ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจอาร์สแควร์ โดยใช้สมการที่ 2.26, 2.27, 2.28, 2.29 และ 2.30 ได้ค่าต่างดังนี้

$$S_{yy} = 0.59524$$

$$S_{xy} = -397.6393$$

$$S_{xx} = 267500$$

$$\hat{\beta}_1 = -0.001487$$

$$R^2 = 99.30315\%$$

ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจอาร์สแควร์เท่ากับ 99.30315 เปอร์เซ็นต์ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลมีคุณภาพพอในการอธิบายเชิงเส้น

4.3.5 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจอาร์สแควร์มีค่าสูงกว่า 0.70 ให้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง XY โดยใช้ ANOVA ทำการทดสอบ โดย ANOVA ตั้งสมมุติฐานดังนี้

โดย

H0: $\beta_1 = 0$ (ค่าไบอัสไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าอ้างอิง)

H1: $\beta_1 \neq 0$ (ค่าไบอัสมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าอ้างอิง)

SS	DF	MS	F
0.591092	1	0.591092	285.0055
0.004148	2	0.002074	
0.59524	3		

จากการทดสอบข้างต้นค่า F เท่ากับ 285.00 ซึ่งมากกว่า 18.51 ($f_{0.05, 1, 2}$ จากตาราง f-test ในภาคผนวก จ) แสดงว่าสามารถปฏิเสธสมมุติฐานหลักที่ระดับนัยยะสำคัญ 0.05 ค่า Bias มีอิทธิพลต่อการวัด

4.3.6 เมื่อค่าไบอัสและค่าอ้างอิงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยยะสำคัญ ให้ทำการคำนวณสมการถดถอยเชิงเส้นตรงดังนี้ ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ได้ผลดังนี้

4.3.7 ทำการหาค่าร้อยละของการผันแปรกระบวนการโดยใช้สมการที่ 2.33, 2.34 และ 2.35 ได้ค่าร้อยละเชิงเส้นของกระบวนการ = 0.14865 เปอร์เซ็นต์ ค่าต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่ากระบวนการไม่ต้องปรับปรุง

4.4 การประเมินคุณสมบัติทางเส้นตรงของวัดเวลาในการเคลื่อนที่

4.4.1 เหมือนกับขั้นตอน 4.1.1

4.4.2 ทำการวัดค่าเวลาในการเคลื่อนที่ ในย่าน 100, 300, 500, 800 มิลลิวินาที ย่านละ 10 ครั้ง ทำการบันทึกค่าดังในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

ค่าที่ทำการทดสอบวัดเวลาในการเคลื่อนที่ในย่าน 100, 300, 500, 800 มิลลิวินาที

Range	100	300	500	800
1	99.58	300	500	801
2	99.59	300	501	801
3	99.59	300	501	801
4	99.6	300	500	801
5	99.59	300	501	801
6	99.59	300	501	801
7	99.99	300	501	801
8	100	300.4	500	801
9	99.6	300	500	801
10	99.6	300	500	801
Average	99.673	300.04	500.5	801

4.4.3 ทำการหาค่าไบอัสของวัดเวลาในการเคลื่อนที่

Range (x)	100	300	500	800
Average	99.673	300.04	500.5	800.9
Bias (y)	0.327	-0.04	-0.5	-0.9

x	y	x*x	y*y	x*y
100	0.327	10000	0.106929	32.7
300	-0.04	90000	0.0016	-12
500	-0.5	250000	0.25	-250
800	-0.9	640000	0.81	-720
1700	-1.113	990000	1.168529	-949.3

4.4.4 ทำการหาสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจอาร์สแควร์ โดยใช้สมการที่ 2.26, 2.27, 2.28, 2.29 และ 2.30 ได้ค่าต่างดังนี้

$$S_{xy} = -476.275$$

$$S_{xy} = 0.85883675$$

$$S_{xx} = 267500$$

$$\hat{\beta}_1 = -0.0017805$$

$$R^2 = 98.7372\%$$

ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจอาร์สแควร์เท่ากับ 98.7372 มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลมีคุณภาพพอในการอธิบายเชิงเส้น

4.4.5 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจอาร์สแควร์ มีค่าสูงกว่า 0.70 ให้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง XY โดยใช้ ANOVA ทำการทดสอบ โดย ANOVA ตั้งสมมุติฐานดังนี้

โดย

H0: $\beta_1 = 0$ (ค่าไบอัสไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าอ้างอิง)

H1: $\beta_1 \neq 0$ (ค่าไบอัสมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าอ้างอิง)

SS	DF	MS	F
0.847992058	1	0.847992	156.3884
0.010844692	2	0.005422	
0.85883675	3		

ซึ่งมากกว่า 18.51 ($f_{0.05, 1, 2}$ จากตาราง F-test ในภาคผนวก จ) แสดงว่าสามารถปฏิเสธสมมุติฐานหลักที่ระดับนัยยะสำคัญ 0.05 ค่าไบอัสมีอิทธิพลต่อการวัด

4.4.6 ทำการหาค่าร้อยละของการผันแปรกระบวนการโดยใช้สมการที่ 2.33, 2.34 และ 2.35 ได้ค่าร้อยละเชิงเส้นของกระบวนการเท่ากับ 0.178047 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่ากระบวนการไม่ต้องปรับปรุง

4.5 การทดสอบเครื่องวัดเวลาในการตอบสนอง

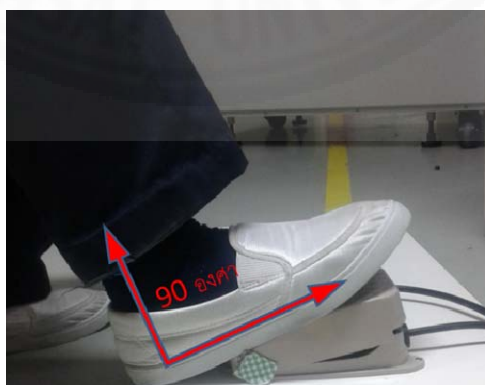
ในการทดสอบเครื่องนั้นได้ทำการทดลอง โดยทำการวัดความแตกต่างของเวลาในการตอบสนอง (Response time) เมื่อตัวกระตุ้นมีขนาดที่แตกต่างกัน เพื่อจำลองสถานการณ์ว่ามีสิ่งกีดขวางสีแดงมาปรากฏตรงหน้า ขนาดต่างกันสองขนาดในเวลากลางวัน โดยมีการเตรียมการทดลองดังนี้

1. กำหนดให้สีพื้นในการทดสอบเป็นสีขาวและสีของตัวกระตุ้นในการทดสอบเป็นรูปวงกลมสีแดง เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวกระตุ้น 10 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร ระยะห่างจากจอจนถึงตาของผู้ถูกทดสอบ 1.5 เมตร ในสภาพแวดล้อมแสง 400 ลักซ์ ดังภาพที่ 4.9 โดยผู้ถูกทดสอบเป็นเพศชายอายุ 30 – 40 ปี



ภาพที่ 4.9 การทดสอบเครื่องวัดเวลาในการตอบสนอง

2. ทำการจัดท่านั่งและการวางเท้าตำแหน่งของข้อเท้าประมาณ 90 องศา เพื่อให้การวางเท้าของผู้ถูกทดสอบอยู่ในตำแหน่งสบายที่สุดและนั่งฟังอย่างผ่อนคลาย ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 การวางเท้าในขณะที่ทำการทดสอบ

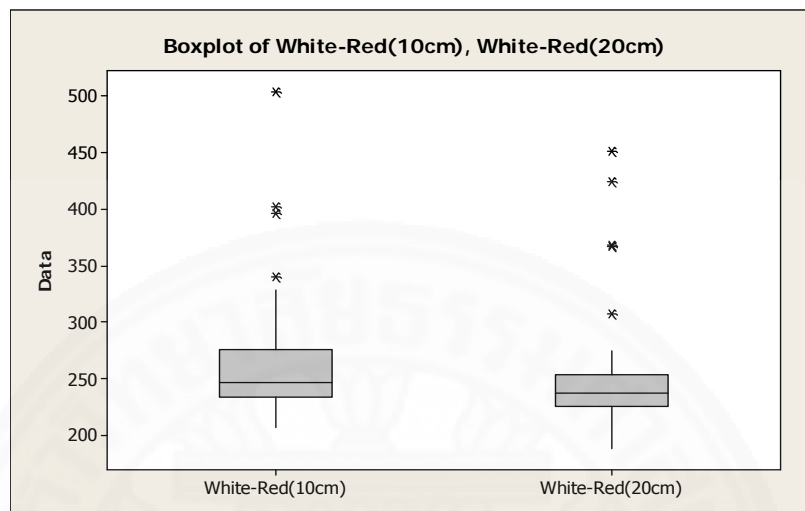
จากการทดสอบจากผู้ถูกทดสอบ 8 คนได้ข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 4.5

ผลการทดสอบจากผู้ถูกทดสอบ 8 คน

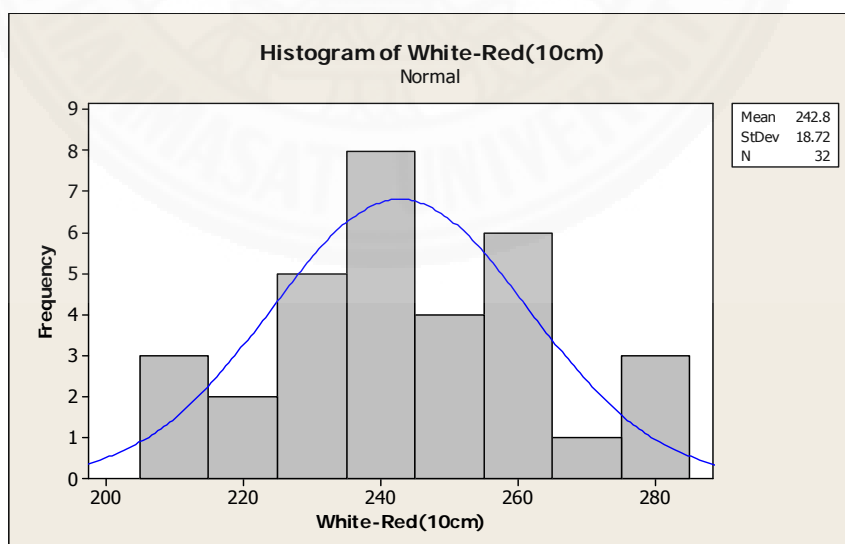
ครั้งที่	ตัวกระด้นสีแดง 10 ช.ม.	ตัวกระด้นสีแดง 20 ช.ม.
1	208	211
2	213	225
3	217	222
4	210	189
5	232	200
1	257	227
2	259	236
3	255	234
4	263	240
5	340	232
1	275	216
2	263	218
3	234	242
4	245	213
5	220	208
1	325	228
2	277	272
3	236	238
4	225	253
5	245	231
1	503	424
2	396	451
3	328	307
4	296	368
5	402	367
1	324	270
2	266	254
3	243	235
4	258	262
5	250	244
1	237	249
2	249	245
3	240	233
4	235	237
5	236	233
1	276	251
2	234	275
3	234	251
4	241	224
5	237	242

เมื่อนำข้อมูลมาทดสอบมาทดสอบ โดยบล็อกพล็อต (Block plot) จะเห็นว่าข้อมูลบางจุดออกนอกกลุ่ม (Outlier) ดังนั้น จึงต้องทำการตัดออก

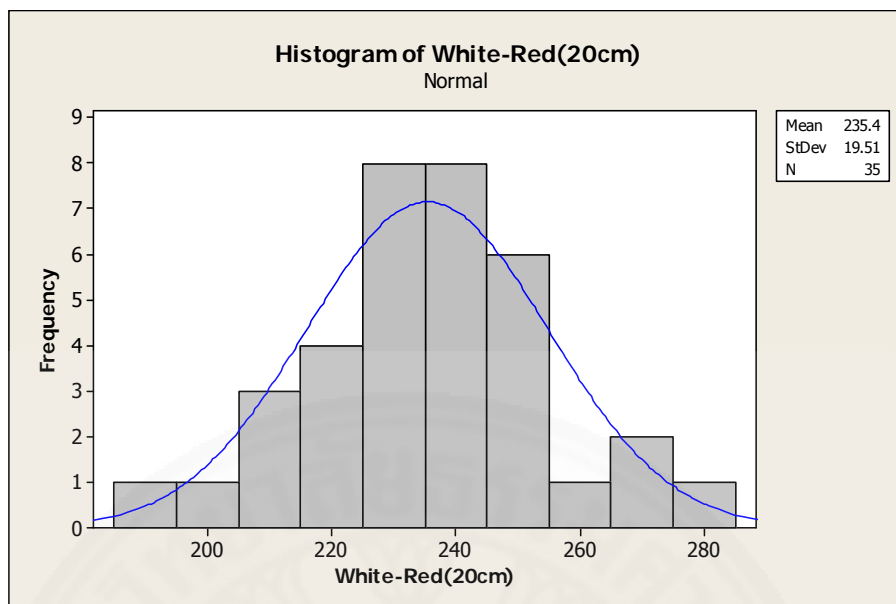


ภาพที่ 4.11 เมื่อนำข้อมูลมาทดสอบมาทดสอบ โดยบล็อกพล็อต (Block plot)

เมื่อทำการตัดข้อมูลบางจุดออกนอกกลุ่ม (Outlier) แล้วทำการสร้างฮิสโตแกรม (Histogram) เพื่อดูการกระจายตัวของข้อมูลดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ฮิสโตแกรมของค่าเวลาตอบสนองจากการทดสอบ โดยใช้ตัวกระตุ้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 4.13 ฮิสโตแกรมของค่าเวลาตอบสนอง (Response time) จากการทดสอบโดยใช้ตัวกระตุ้น
เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร

ทำการทดสอบโดยใช้ 2-sample T test ที่ความเชื่อมั่น 95% โดยกำหนดให้
 μ_A คือ ค่าเวลาตอบสนองจากการทดสอบ โดยใช้ตัวกระตุ้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 10
เซนติเมตร

μ_B คือ ค่าเวลาตอบสนองจากการทดสอบ โดยใช้ตัวกระตุ้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 20
เซนติเมตร

ทำการตั้งสมมติฐาน ดังนี้

$H_0: \mu_A - \mu_B = 0$ (ค่าเวลาตอบสนองจากการทดสอบโดยใช้ตัวกระตุ้นเส้นผ่านศูนย์กลาง
10 เซนติเมตร เท่ากับค่าเวลาตอบสนองจากการทดสอบ โดยใช้ตัวกระตุ้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 20
เซนติเมตร)

$H_1: \mu_A - \mu_B \neq 0$ (ค่าเวลาตอบสนองจากการทดสอบ โดยใช้ตัวกระตุ้นเส้นผ่าน
ศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ไม่เท่ากับค่าเวลาตอบสนองจากการทดสอบ โดยใช้ตัวกระตุ้นเส้นผ่าน
ศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร)

ผลการทดสอบจากโปรแกรมมินิแท็บได้ผลดังภาพที่ 4.14

	N	Mean	StDev	SE Mean
White-Red(10cm)	32	242.8	18.7	3.3
White-Red(20cm)	35	235.4	19.5	3.3

Difference = μ (White-Red(10cm)) - μ (White-Red(20cm))
 Estimate for difference: 7.38393
 99% CI for difference: (-5.02032, 19.78818)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.58 P-Value = 0.119 DF = 64

ภาพที่ 4.14 ผลการทดสอบ 2 – sampleT จากโปรแกรมมินิแท็บ

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.119 มากกว่า 0.05 ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ค่าเวลาในการตอบสนองจากการทดสอบ โดยใช้ตัวกระตุ้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากค่าเวลาตอบสนองจากการทดสอบ โดยใช้ตัวกระตุ้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตรที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ทางด้านเสถียรภาพ และความเป็นเชิงเส้นที่ความผันแปรของกระบวนการที่ ± 1 มิลลิวินาที ในบทที่ 4 เครื่องมือนี้สามารถใช้ในการวัดค่าเวลาในการตอบสนอง ในการขับเคลื่อนได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการสร้างและการทดสอบกล่องวัดเวลา จะใช้หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) ซึ่งเพียงพอในการทดสอบค่าเวลาในการตอบสนองการขับเคลื่อน ถ้าต้องการที่จะนำเครื่องไปใช้ในการทดลองที่ต้องการวัดค่าเวลาที่ละเอียดกว่านี้ เช่น ต้องการวัดค่าเวลาตอบสนองในย่านไมโครวินาที (μs) ต้องทำการปรับปรุง โดยทำการเทียบวิเคราะห์ทางด้านเสถียรภาพ และความเป็นเชิงเส้น (Linearity) กับเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดในระดับไมโครวินาที จากผลการทดสอบเครื่อง โดยแผนภูมิเอ็ก-อาร์ ในบทที่ 4 จะเห็นว่าเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบมีความละเอียดที่ 0.4 มิลลิวินาที ซึ่งเมื่อเทียบกับค่าความผันแปรของกระบวนการที่ ± 1 มิลลิวินาทีแล้ว จะเห็นว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบจะอยู่ในช่วง 0.4 มิลลิวินาที แสดงว่าในส่วนของกล่องวัดเวลาสามารถวัดค่าเวลาในการตอบสนองได้ละเอียดกว่า 0.4 มิลลิวินาที และสามารถปรับแต่งให้สามารถวัดค่าเวลาความละเอียดในระดับไมโครวินาทีได้

จากการทดลองการใช้งานเครื่องในหัวข้อ 4.5 เมื่อทำบ็อกพล็อตออกมาแล้วปรากฏว่ามีบางจุดข้อมูลออกนอก (Outlier) ทางด้านสูง สาเหตุเพราะในช่วงต้นของการทดสอบผู้ถูกทดสอบต้องปรับตัวให้เข้ากับเครื่อง ดังนั้น เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ถูกต้องจึงควรให้ผู้ถูกทดสอบปรับตัวให้เข้ากับเครื่องก่อน โดยทดสอบแบบไม่เก็บค่าก่อนทำการทดสอบจริง

ในส่วนของตัวโปรแกรมนั้น หน้าจอทดสอบยังเป็นแค่สองมิติซึ่งยังไม่เหมือนจริง ซึ่งถ้าปรับปรุงให้เป็นสามมิติ ให้คล้ายคลึงกับการขับรถจริงจะทำให้ผลการทดสอบเหมือนกับการขับรถจริงมากขึ้น และในส่วนของแป้นเหยียบเบรก และคันเร่งที่ใช้สวิตซ์เท่านั้น ระยะเวลาในการเหยียบจะสั้นกว่าแป้นเหยียบเบรก และคันเร่งของรถจริง ถ้าทำการปรับปรุงให้เหมือนกว่าแป้นเหยียบเบรก และคันเร่งของรถจริงจะทำให้ผลการทดสอบเหมือนกับการขับรถจริงมากขึ้น

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- กิตติ อินทรานนท์. (2548). “การยศาสตร์ (Ergonomics)”. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
กรุงเทพฯ
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2546). “การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)”. สำนักพิมพ์สมาคม
เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- จิราพร วรแสน. (2550). “การยศาสตร์ (ERGONOMICS) AE 313”. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
รามคำแหง. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- ธวัชชานนท์ สิปป์ภากุล. (2548). “การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล”. กรุงเทพฯ
- วิฑูรย์ สิมะโชคดี และกฤษฎา ชัยกุล. (2537). “เออگونอมิกส์”. ดวงกลมสมัย. กรุงเทพฯ
- Stephen A. Burns and Robert H. (1995). “HANDBOOK OF OPTICS”. Webb The
Schepens Eye Research Institute Boston, Massachusetts.
- Specifying the Visual Stimulus John M. Foley UC Santa Barbara
- Kosinski, Robert J. (2005). “A Literature Review of Reaction Time. Accessed March
17”, 2005. <http://biae.clemson.edu/bpc/bp/Lab/110/reaction.htm#Arousal>

วิทยานิพนธ์

- Jose Shelton, Gideon Praveen Kumar “Comparison between Auditory and Visual
Simple Reaction Times”, Neuroscience & Medicine, 2010, 1, 30-32
- Badwe N, Patil KB, Yelam SB , Vikhe BB, Vatve MS “A Comparative study of hand
reaction time to visual stimuli in students of 1st MBBS of a Rura Medical
College”, Paravara Med Rev 2012;4(1)
- Tejas P Ghuntla, Hemant B Mehta, Pradnya A Gokhale, Chinmay J Shah “Effect of
number of stimuli on auditory reaction time in healthy subjects of
Bhavnagar region” Indian Journal of Otology | October 2013 | Vol 19 | Issue 4

Karia Ritest M., Ghuntla Tejas P. "Comparative study of simple and choice visual reaction time on medical students of Bhavnagar region" Karia Ritesh M et al. IRJP 2012,3(7)

Marc Green "How Long Does It Take to Stop?", Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times, TRANSPORTATION HUMAN FACTORS, (2000)

Annie W.Y. Ng and Alan H.S. Chan "Finger Response Times to Visual, Auditory Tactile Modality Stimuli" Proceeding of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2012 Vol II, UN/ecs 2012mNarcg 14-16, 2012, Hong Kong

Sunita B. Kalyanshettl "Effect of Colour of Object on Simple Visual Reaction Time in Normal Subjects" JKIMSU, Vol. 3, No. 1, Jan-June 2014

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

www.kmutnb.ac.th > ขวามหาวิทยาลัย "เครื่องวัดการตอบสนองฝีมือคนไทยผลงาน ภาควิชา คอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2014)

<http://dpc5.ddc.moph.go.th/Data/data07.08.html> อาศัยอำนาจตามความในข้อ 2 (7) แห่งประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 103 ลงวันที่ 16 มีนาคม 2515 กระทรวงมหาดไทยจึงกำหนดสวัสดิการเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยสำหรับลูกจ้าง

ประกาศกรมการขนส่งทางบกเรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการทดสอบสมรรถภาพร่างกายเบื้องต้นของผู้สมัครเรียนขับรถ พ.ศ. 2555

http://www.promolux.com/thai/faq_th.php สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การปรับบอร์ด ET-OPTO DC-IN4

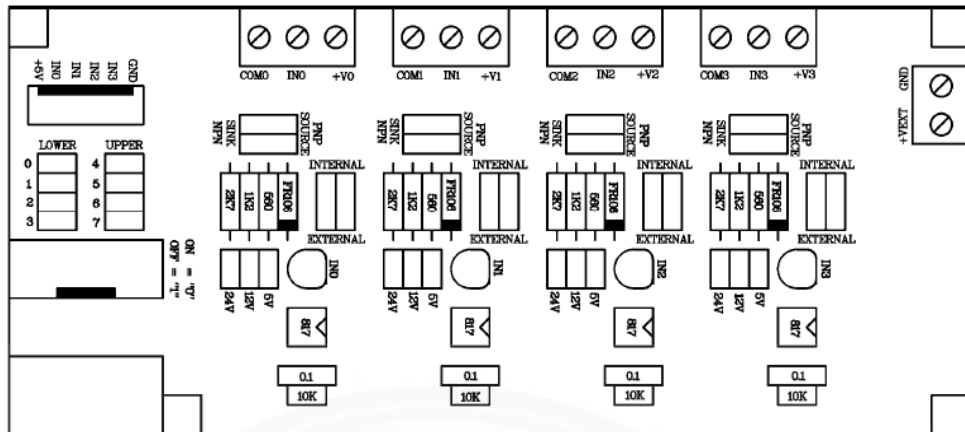
1. การทำงานของบอร์ด

ในการใช้งานบอร์ด ET-OPTO DC-IN4 เพื่อตรวจจับการทำงานของ DC Voltage Input นั้น อันดับแรกผู้ใช้จะต้องทราบก่อนว่าระดับแรงดัน DC Voltage Input ที่จะต่อมาให้กับบอร์ดนั้นมีค่าเท่าใด ซึ่งก็จะต้องเลือกกำหนด Jumper เพื่อเลือกตัวต้านทานจำกัดกระแสที่จะให้ไหลผ่านวงจร Input ของ OPTO ISOLATE ให้เหมาะสมกับระดับแรงดันต่างๆ ด้วย โดยจะมี LED สำหรับแสดงสถานะการทำงานของวงจรและมีไดโอด FR106 เพื่อป้องกันการป้อนแรงดันกลับขั้วให้วงจร ซึ่งเมื่อมีแรงดันไฟตรงป้อนเข้ามาทางด้านภาค Input ของวงจร OPTO ISOLATE (PC817) ก็จะทำให้ LED แสดงสถานะการทำงานของวงจรติดสว่างให้เห็น ซึ่งจะทำให้สัญญาณลอจิกที่จุด INPUT มีสถานะเป็น “0” ด้วยเนื่องจากเมื่อวงจรด้าน Input ของ OPTO ISOLATE (PC817) ทำงานก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่บรรจุไว้ภายในตัว OPTO ISOLATE นำกระแสตามไปด้วย แต่เมื่อไม่มีแรงดันจ่ายให้กับภาค Input ของวงจร OPTO ISOLATE ก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์หยุดทำงานส่งผลให้สถานะทางลอจิกที่จุด INPUT มีค่าเป็นลอจิก “1” ตามการ Pull-Up ของตัวต้านทาน 10K ที่ต่ออยู่นั่นเองหน้าที่ของ Jumper ของภาค Input

- INTERNAL/EXTERNAL ใช้สำหรับเลือกกำหนดว่าต้องการใช้แหล่งจ่ายไฟสำหรับจ่ายให้กับ Sensor จากภายนอก (EXTERNAL) หรือจากภายในบอร์ดเอง (INTERNAL) โดยถ้าเลือกเป็น INTERNAL จะต้องต่อแรงดันไฟตรงขนาด +12VDC ให้กับจุด Terminal (+VEXT) ของบอร์ด ET-OPTO DC-IN4 ด้วย โดยแรงดัน +VEXT นี้จะถูกใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟของ Sensor ที่จะนำมาต่อกับ Input ของบอร์ด

- SINK/SOURCE ใช้สำหรับเลือกกำหนดว่าต้องการต่อสัญญาณ Input กับ Sensor แบบ NPN (SINK) หรือแบบ PNP (SOURCE) โดยถ้าเลือกเป็น PNP หรือ SOURCE จะเป็นการกำหนดให้วงจรทำหน้าที่รอรับแรงดันที่จ่าย (Source) มาจากอุปกรณ์ภายนอก แต่ถ้าเลือกเป็น NPN หรือ SINK จะเป็นการกำหนดให้วงจรทำหน้าที่จ่ายแรงดันออกไปให้กับ Sensor ภายนอก

- 5V/12V/24V ใช้สำหรับเลือกย่านของแรงดัน Input ที่ป้อนมาให้กับวงจร



ภาพที่ ก-2 รูปร่างของ ET-OPTO DC-IN4

ในกรณีที่ต่อกับอุปกรณ์แบบหน้าสัมผัสสวิทช์จะต้องป้อนแรงดัน +12V ให้กับขั้วต่อ +VEXT ให้กับบอร์ดด้วยโดยในกรณีนี้ให้เลือกกำหนด Jumper เลือกแรงดัน Input ไว้ที่ Internal และเลือกกำหนด Jumper สำหรับเลือกย่านแรงดันให้ถูกต้องตามขนาดของแรงดัน Input ที่จะป้อนให้บอร์ดซึ่งในที่นี้ก็คือ 12V

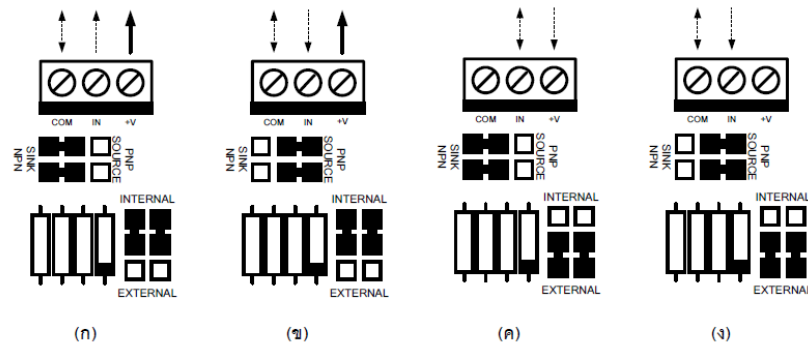
ถ้ากำหนด Jumper เลือกชนิดสัญญาณเป็น PNP (SOURCE) ให้ต่อหน้าสัมผัสสวิทช์เข้าระหว่างจุดต่อ (+V) และ (IN) ของ Terminal Input

ถ้ากำหนด Jumper เลือกชนิดสัญญาณเป็น NPN (SINK) ให้ต่อหน้าสัมผัสสวิทช์เข้าระหว่างจุดต่อ (IN) และ (COM) ของ Terminal Input

ในกรณีที่ต่อกับ DC Voltage Input จากภายนอกให้เลือกกำหนด Jumper เลือกแรงดัน Input เป็น External และเลือกกำหนด Jumper สำหรับเลือกย่านแรงดันให้ถูกต้องตามขนาดของแรงดัน Input ที่จะป้อนให้บอร์ด

ถ้ากำหนด Jumper เลือกชนิดสัญญาณเป็น PNP (SOURCE) ให้ต่อ Input ที่เป็นแรงดันไฟตรงขั้วบวกเข้ากับจุด (IN) ของ Terminal Input ส่วน GND หรือ Common ของแรงดัน Input ก็ให้ต่อเข้ากับ (COM) ของ Terminal Input

ถ้ากำหนด Jumper เลือกชนิดสัญญาณเป็น NPN (SINK) ให้ต่อ Input ที่เป็นแรงดันไฟตรงขั้วบวกเข้ากับจุด (+V) ของ Terminal Input ส่วน GND หรือ Common ของแรงดัน Input ก็ให้ต่อเข้ากับ (IN) ของ Terminal Input

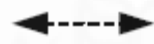


ภาพที่ ก-3 การเลือกกำหนด Jumper ของบอร์ด ET-OPTO DC-IN4 เพื่อใช้กับ Sensor แบบต่างๆ

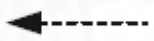
หมายเหตุ



หมายถึง แหล่งจ่ายไฟ (+VEXT) ซึ่งบอร์ด ET-OPTO DC-IN4 จ่ายออกไปให้ Sensor โดยแรงดันนี้จะเป็นแรงดันที่ต่อมาให้กับบอร์ดทาง Terminal (+VEXT) เช่น ถ้าใช้กับ Sensor ที่ทำงานด้วยแหล่งจ่าย +12V ก็ควรต่อ +VEXT ให้กับบอร์ดด้วยไฟ +12V เช่นเดียวกัน



หมายถึง จุด Common



หมายถึง สัญญาณ Input ซึ่งมีค่าเท่ากับ (+VEXT) โดยถ้าทิศทางของลูกศรชี้เข้ามายังบอร์ด หมายถึง เป็นสัญญาณที่ส่งมาจาก Sensor แต่ถ้าทิศทางของลูกศรชี้ออกไปจากบอร์ดจะหมายถึงว่าเป็นสัญญาณที่ส่งไปหา Sensor

รูป ก. เป็นการกำหนด Jumper เพื่อต่อใช้งานกับ Sensor แบบ NPN หรือ Sensor ที่มีลักษณะการทำงานแบบรับกระแส (Sink) โดยบอร์ด ET-OPTO DC-IN4 จะทำหน้าที่จ่ายแรงดัน (+V) ออกไปยังภายนอกเพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับ Sensor ด้วย โดยในด้านของสัญญาณ Input นั้น บอร์ดจะส่งสัญญาณแบบแรงดันจากจุด (IN) ออกไปยัง Sensor ซึ่งถ้า Sensor ทำงานก็จะทำให้มีแรงดันย้อนกลับผ่าน Sensor กลับมาทางจุด (COM) ของบอร์ดซึ่งเป็นการครบวงจรพอดี โดยในกรณีนี้การต่อสัญญาณ Input จะใช้จุด (IN) และ (COM) ซึ่งนอกจากจะต่อใช้งานกับ Sensor แล้วยังสามารถต่อใช้งานกับหน้าสัมผัสได้อีกด้วย โดยถ้าเป็นการต่อกับหน้าสัมผัส จะไม่ต้องคำนึงถึงขั้วของสัญญาณแต่ถ้าเป็น Sensor จะต้องต่อ (IN) กับสัญญาณที่เป็น (+) และต่อ (COM) กับสัญญาณที่เป็น (-) ของ Sensor

รูป ข. เป็นการกำหนด Jumper เพื่อต่อใช้งานกับ Input แบบ PNP หรือ Sensor ที่มีลักษณะการทำงานแบบจ่ายกระแส (Source) โดยบอร์ด ET-OPTO DC-IN4 จะทำหน้าที่จ่ายแรงดัน (+V) ออกไปยังภายนอกเพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับ Sensor ด้วยโดยในด้านของสัญญาณ Input นั้น

บอร์ดจะรองรับ Input เข้ามาทางจุด (IN) โดยในกรณีนี้การต่อสัญญาณ Input จะใช้จุด (IN) และ (COM) โดยจะต้องต่อ (IN) กับสัญญาณที่เป็น (+) และต่อ (COM) กับสัญญาณที่เป็น (-) ของ Sensor ซึ่งการกำหนด Jumper แบบนี้สามารถต่อใช้กับ Input แบบหน้าสัมผัสได้ โดยการต่อหน้าสัมผัสเข้ากับขั้ว (+V) และ (IN) โดยเมื่อหน้าสัมผัสทำงาน (ปิด) จะทำให้แรงดันไฟจาก +V ย้อนกลับมาเข้าจุด (IN) ทำให้ Sensor ทำงานได้เช่นเดียวกัน

รูป ค. เป็นการกำหนด Jumper เพื่อต่อใช้งานกับ Input แบบ PNP หรือ Sensor ที่มีลักษณะการทำงานแบบจ่ายกระแส (Source) เช่นเดียวกับ รูป ข เพียงแต่จะไม่มีกระแสแรงดัน (+V) ออกไปยังภายนอกเพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับ Sensor ด้วยเหมือนในกรณีรูป ข โดยในด้านของสัญญาณ Input นั้น บอร์ดจะรองรับ Input เข้ามาทางจุด (+V) และใช้จุด (IN) เป็น Common ซึ่งการกำหนด Jumper แบบนี้จะไม่สามารถใช้งานกับ Input แบบหน้าสัมผัสได้

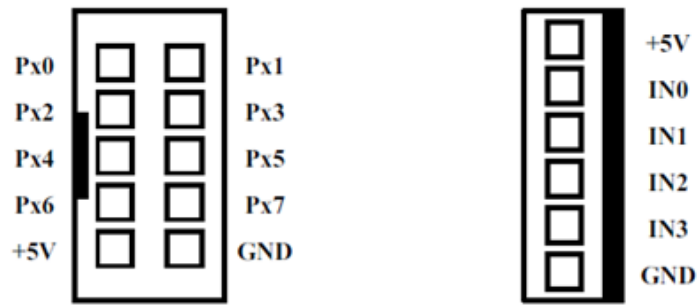
รูป ง เป็นการกำหนด Jumper เพื่อต่อใช้งานกับ Input แบบ PNP หรือ Sensor ที่มีลักษณะการทำงานแบบจ่ายกระแส (Source) เช่นเดียวกับรูป ข เพียงแต่จะไม่มีกระแสแรงดัน (+V) ออกไปยังภายนอกเพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับ Sensor ด้วยเหมือนในกรณีรูป ข โดยในด้านของสัญญาณ Input นั้น บอร์ดจะรองรับ Input เข้ามาทางจุด (IN) และใช้จุด (COM) เป็น Common ซึ่งการกำหนด Jumper แบบนี้จะไม่สามารถใช้งานกับ Input แบบหน้าสัมผัสได้

สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณ TTL ไปให้กับวงจรภาค Input ของไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้น จะสามารถกระทำได้ 2 แบบด้วยกัน คือ ต่อผ่านขั้วต่อแบบ IDE ขนาด 10 Pin โดยใช้สายแพร์เป็นสายนำสัญญาณ โดยสามารถเลือกกำหนดสัญญาณ TTL ที่ได้จากการทำงานของบอร์ด ได้ 2 กลุ่ม คือ LOWER และ UPPER ส่วนอีกวิธีหนึ่งจะสามารถกระทำ ได้โดยต่อสัญญาณผ่านขั้วต่อแบบ CPA ขนาด 6 Pin ดังตารางที่ ก-1

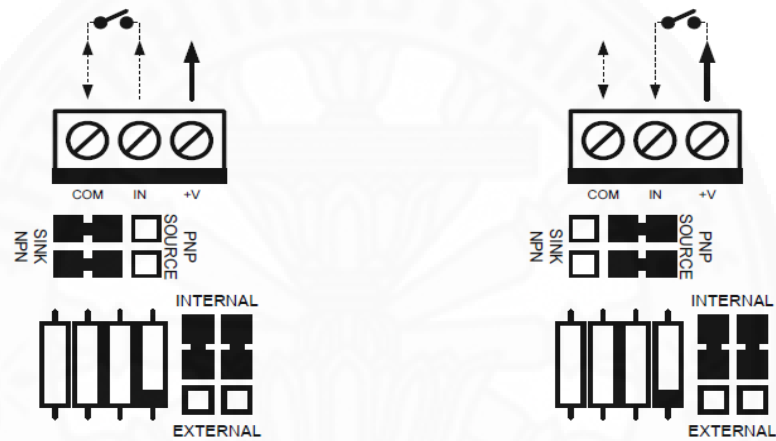
ตารางที่ ก-1

จุดเชื่อมต่อสัญญาณของบอร์ด ET-OPTO DC-IN4 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

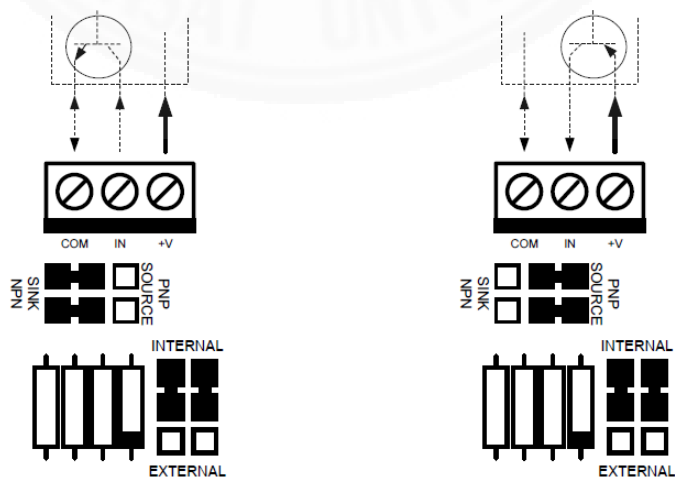
ขั้วต่อ Input (Terminal)	LOWER		UPPER	
	IDE 10 Pin	CPA 6 Pin	IDE 10 Pin	CPA 6 Pin
AC-IN0	Px0	IN0	Px4	IN0
AC-IN1	Px1	IN1	Px5	IN1
AC-IN2	Px2	IN2	Px6	IN2
AC-IN3	Px3	IN3	Px7	IN3



ภาพที่ ก-4 การจัดเรียงสัญญาณของหัว IDE-10 Pin และ CPA-6 Pin



ภาพที่ ก-5 การกำหนด Jumper เพื่อต่อ Input แบบหน้าสัมผัสแบบปรกติเปิด โดยใช้แหล่งจ่ายจากบอร์ด

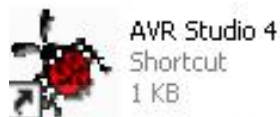


ภาพที่ ก-6 การกำหนด Jumper เพื่อต่อ Input ด้วย Sensor แบบต่างๆ โดยใช้แหล่งจ่ายจากบอร์ด

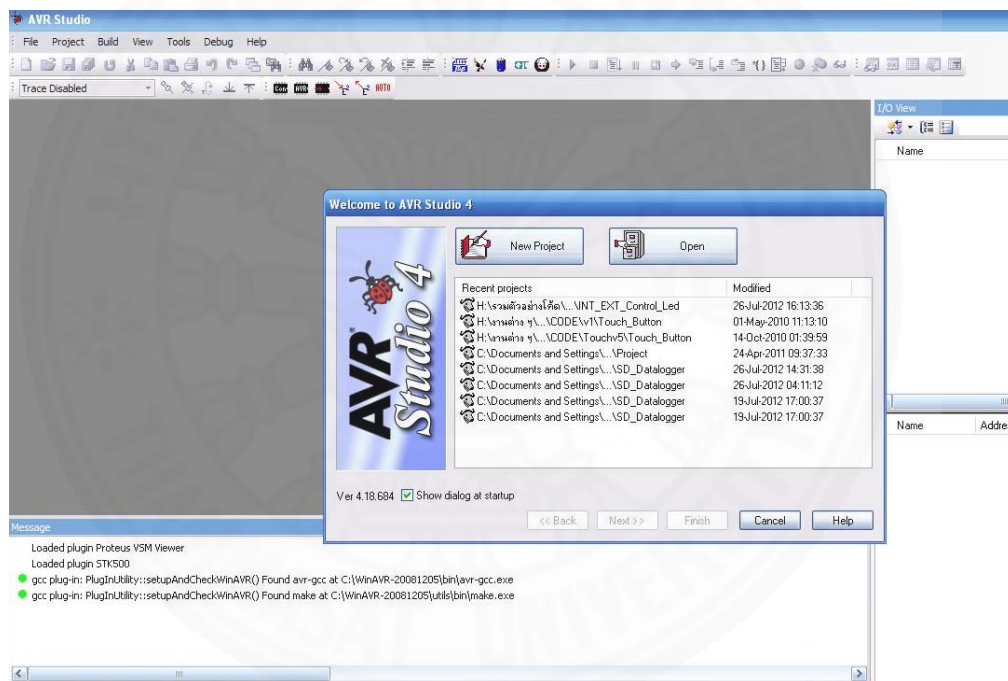
ภาคผนวก ข

การใช้งานโปรแกรม AVR Studio 4

(1) ดับเบิลคลิกที่ไอคอนของโปรแกรม AVR Studio 4



1.1 เมื่อดับเบิลคลิก จะปรากฏหน้าต่างของโปรแกรม AVR Studio 4 ดังรูปด้านล่าง



ภาพที่ ข-1 หน้าต่างของโปรแกรม AVR Studio 4

(2) ในหน้าต่าง Welcome to AVR Studio 4 ดังรูปด้านบน จะมีปุ่มให้เลือก 2 ปุ่มได้แก่

2.1 ปุ่ม New Project ใช้สำหรับสร้างไฟล์ Project ใหม่

2.2 ปุ่ม Open ใช้สำหรับเปิดไฟล์ Project ที่สร้างไว้แล้ว

(3) ทำการกดเลือกปุ่ม New Project เพื่อต้องการสร้างไฟล์ Project ใหม่

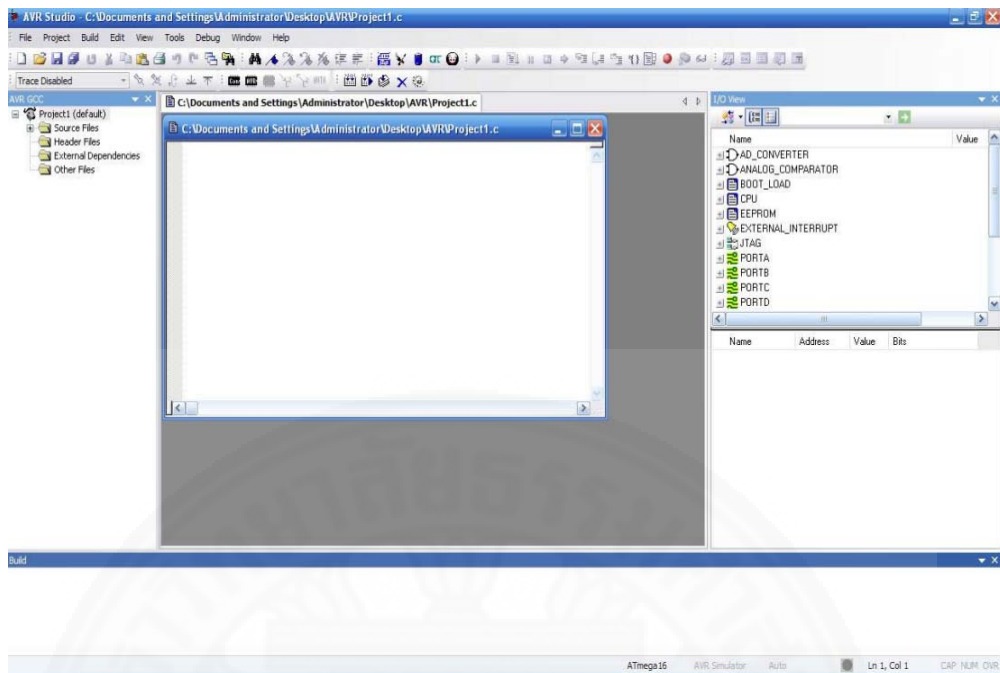
(4) ให้คลิกเลือก AVR GCC สำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C ส่วน เมื่อคลิกแล้วให้ใส่ชื่อของ Project ในช่อง Project name ดังรูป ส่วนใน location หากเราต้องการให้ Project ที่สร้างขึ้นจัดเก็บไว้ที่ใดก็สามารถเข้าไปแก้ไขได้

(5) หลังจากที่เราได้ทำตามหัวข้อที่ 4 แล้วให้เรากดปุ่ม Next เพื่อไปทำ ในขั้นตอนต่อไปเป็นการเลือกตัวโปรแกรมที่ใช้ Debug การทำงานและการเลือกบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะใช้สำหรับการเขียนโปรแกรม



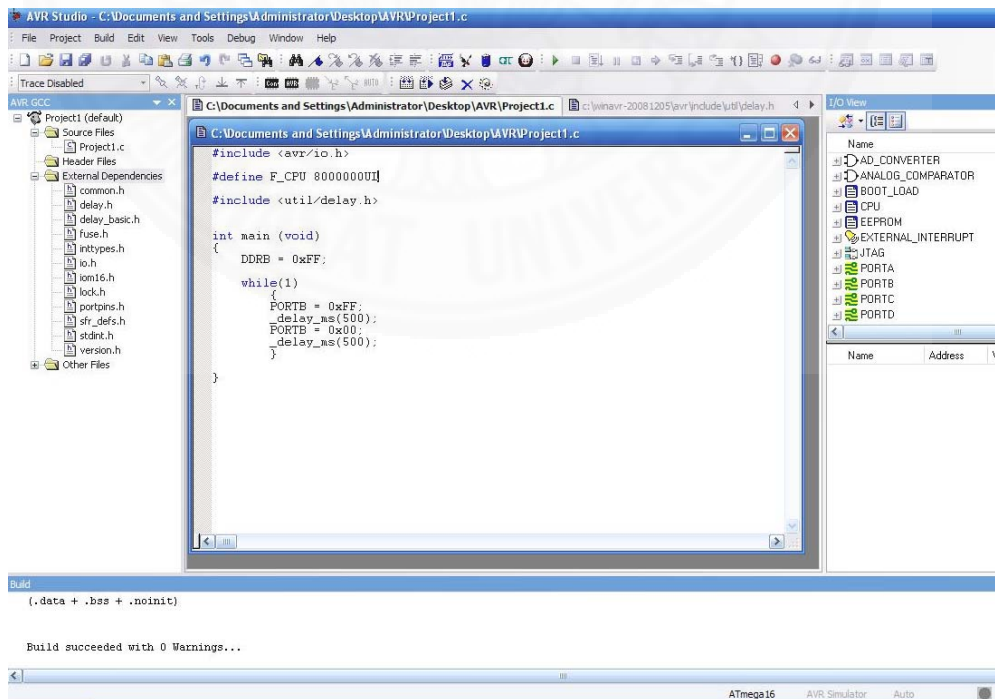
ภาพที่ ข-2 เลือกตัวโปรแกรมที่ใช้ Debug การทำงานและการเลือกบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

(6) ให้เลือก AVR Simulator สำหรับ Debug การทำงานของโปรแกรมและเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องการใช้งาน หลังจากนั้นให้กดปุ่ม Finish จะปรากฏหน้าต่างดังรูป



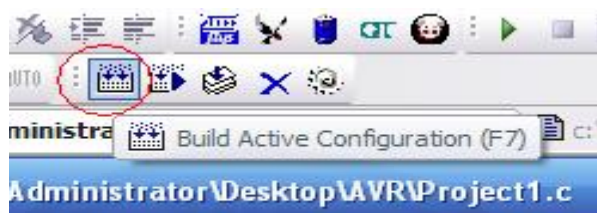
ภาพที่ ข-3 หน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรม

(7) ทำการเขียนโปรแกรมภาษาซี



ภาพที่ ข-4 หน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรม

(8) เมื่อเราเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการคอมไพล์โปรแกรม เพื่อแปลงภาษา C เป็นไฟล์ Hex ที่เรานำไปใส่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการกดที่ปุ่ม Build ดังรูปด้านล่าง



ภาพที่ ข-5 ปุ่ม Build

หากโปรแกรมเขียนถูกต้อง โปรแกรมก็จะสร้างไฟล์ Hex มาให้ เราสามารถตรวจสอบหรือดูผลการคอมไพล์ได้ที่หน้าต่าง Build ดังรูป

```
Build
rm -rf Project1.o Project1.elf dep/* Project1.hex Project1.eep Project1.lss Prc
Build succeeded with 0 Warnings...
● avr-gcc -mmcu=atmega16 -Wall -gdwarf-2 -Os -std=gnu99 -funsigned-char -funsigned
● avr-gcc -mmcu=atmega16 -Wl,-Map=Project1.map Project1.o -o Project1.elf
● avr-objcopy -O ihex -R .eeprom -R .fuse -R .lock -R .signature Project1.elf Prc
● avr-objcopy -j .eeprom --set-section-flags=.eeprom="alloc,load" --change-section
avr-objdump -h -S Project1.elf > Project1.lss

AVR Memory Usage
-----
Device: atmega16
```

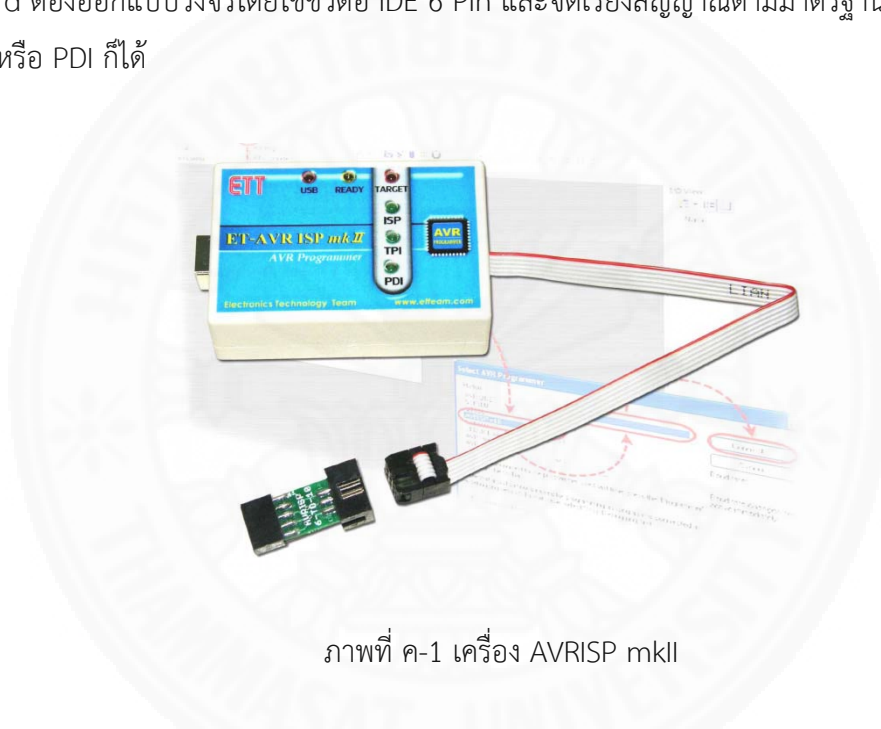
ภาพที่ ข.6 หน้าต่าง Build

ภาคผนวก ค

การดาวน์โหลดข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์

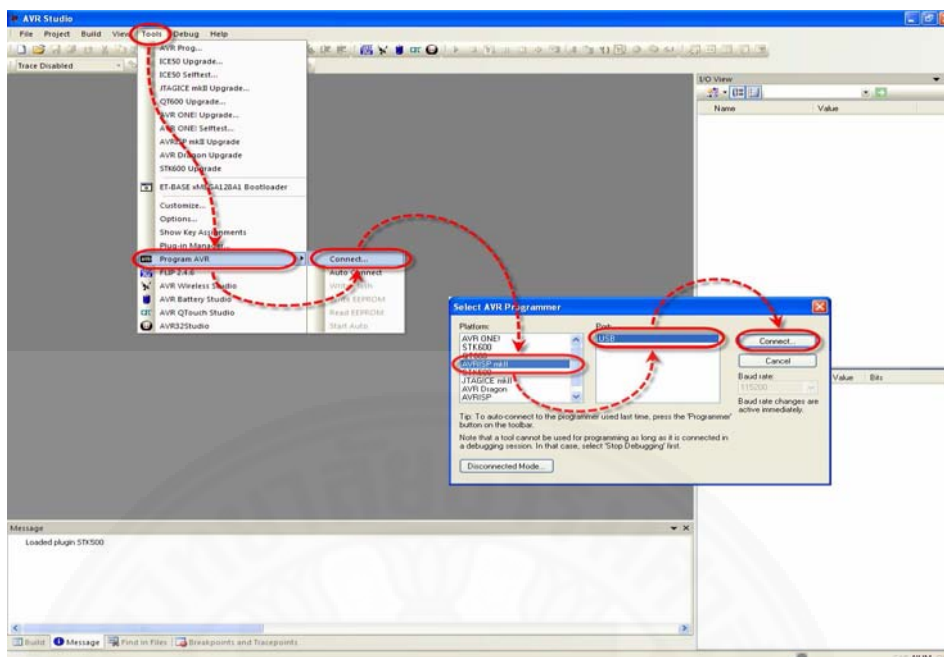
(1) เปิดโปรแกรม AVRStudio ให้เลือกเปิด Project ที่สร้างไว้ขึ้นมา หรือ ถ้าไม่ต้องการสร้าง Project ในขณะนี้ก็ให้ เลือก Cancel ผ่านไป

(2) เสียบสาย USB ของเครื่อง AVRISP mkII เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ให้ทำการต่อสายแพร์ 6 Pin จากเครื่อง ET-AVRISP mkII ไปยัง Target Board ให้เรียบร้อยโดย Target Board ต้องออกแบบวงจรโดยใช้ขั้วต่อ IDE 6 Pin และจัดเรียงสัญญาณตามมาตรฐาน ซึ่งจะเป็น ISP, TPI หรือ PDI ก็ได้



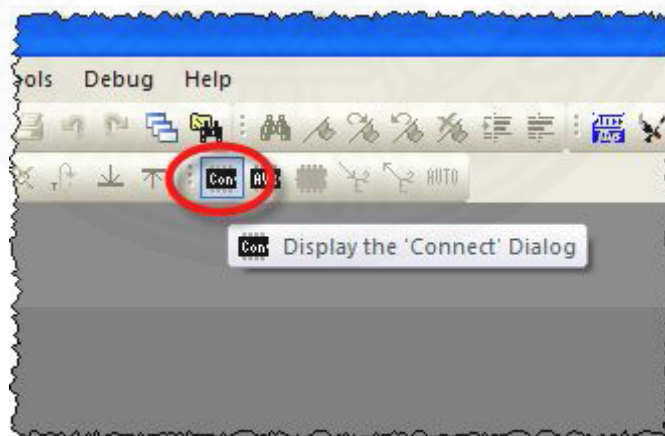
ภาพที่ ค-1 เครื่อง AVRISP mkII

(3) ให้เลือกเมนู Tools >Program AVR > Connect แล้วเลือกกำหนดในตัวเลือกของ Select AVR Programmer ในหัวข้อ Platform ให้เลือกเป็น AVRISP mkII และเลือก Port ให้เลือกเป็น USB จากนั้นเลือก Connect ดังรูป



ภาพที่ ค-2 ขั้นตอนการเลือกการเชื่อมต่อ

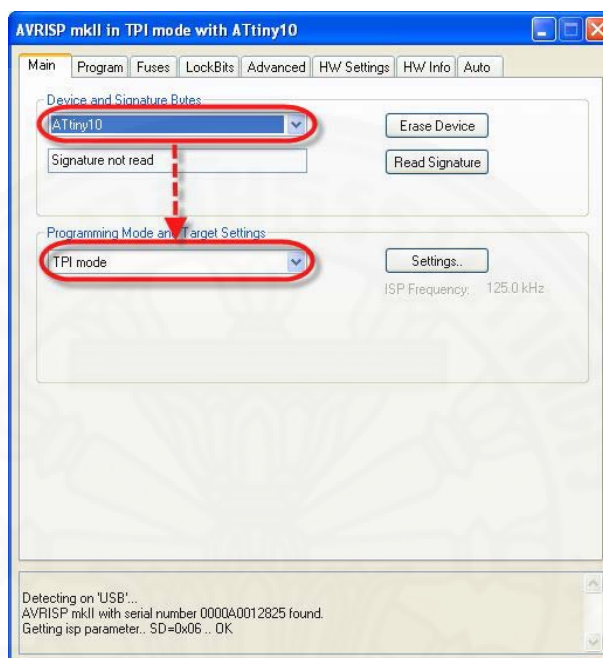
(4) เมนู Tools >Program AVR > Connect... เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งานสามารถเลือกคลิกเมาส์ที่ Dialog Connect แทนได้ดังรูป



ภาพที่ ค-3 คลิกเมาส์ที่ Dialog Connect

ถ้าทุกอย่างถูกต้องโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าต่างโปรแกรมของ AVRISP mkII ให้เลือกที่ Tap ของ Main แล้วกำหนดเบอร์ของ MCU ที่ต้องการจะโปรแกรมในช่อง Device and Signature

Bytes ซึ่งเมื่อเลือกกำหนดเบอร์เรียบร้อยแล้ว ที่ช่อง Programming Mode and Target Settings โปรแกรมจะแสดงรูปแบบการ Interface ที่เป็นไปได้ของ MCU เบอร์นั้นๆ ให้เห็นทันที เช่น ถ้าเลือกเป็น ATmega128A1 จะเป็น PDI หรือ ถ้าเลือก ATtiny10 Mode จะเป็น TPI mode หรือถ้าเลือก ATmega2560 จะเป็น ISP Mode เป็นต้น ดังรูป

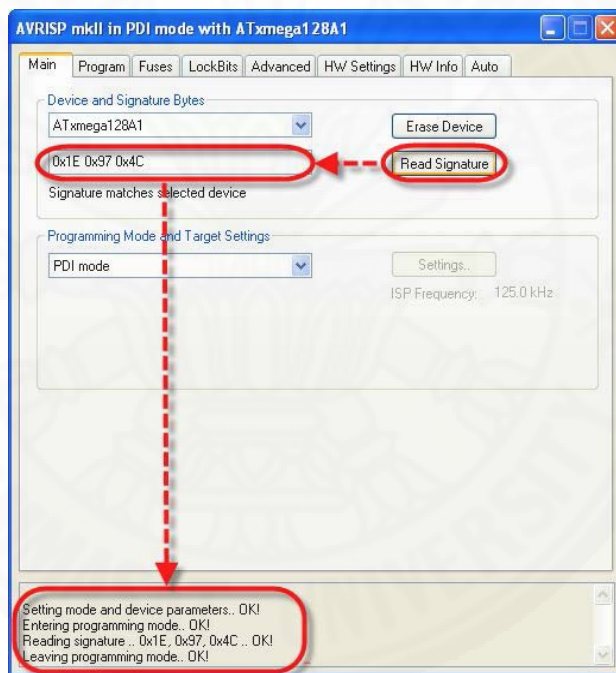


ภาพที่ ค.-4 กำหนดเบอร์ของ MCU และการรูปแบบการ Interface

โดยเครื่องโปรแกรม ET-AVRISP mkII จะปรับเปลี่ยนโหมดการทำงานตาม Programming Mode ที่เลือกไว้เองโดยอัตโนมัติ ให้ลองทดสอบการเชื่อมต่อระหว่าง MCU กับ โปรแกรมดูว่าสามารถสื่อสารกันได้อย่างถูกต้องหรือยัง ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องกำหนดเบอร์ MCU ให้ถูกต้องตามที่เชื่อมต่อไว้จริงๆ ด้วย โดยให้ทดสอบเลือก Read Signature ดู ซึ่งถ้าทุกอย่างถูกต้อง โปรแกรมควรต้องอ่านค่า Signature ของเบอร์ MCU ที่เลือกไว้มาแสดงให้เห็นได้อย่างถูกต้อง ซึ่งถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้น ควรต้องตรวจสอบหาข้อผิดพลาดและแก้ไขปัญหานั้นก่อน อย่าเพิ่งเข้าไปสั่งงานเครื่องโปรแกรมให้กระทำอย่างอื่นกับ MCU อีกไม่ว่าจะเป็นการสั่ง Program Flash หรือ Program Fuse หรือ LockBits เพราะอาจทำให้เกิดความผิดพลาดมากขึ้น ซึ่งถ้าทุกอย่างถูกต้องควรได้ผลดังรูป

(5) เมื่อทุกอย่างถูกต้องแล้วให้เลือกไปที่ Tab ของ Program พร้อมทั้งเลือก ตัวเลือก ต่างๆดังนี้ > Device ให้เลือก Erase device before flash programming และ Verify device

after programming > Flash ให้เลือก Input HEX File ที่ต้องการจะโปรแกรมให้กับ MCU บนบอร์ด จากนั้นให้เลือกที่ Program เพื่อสั่ง Program Hex File ให้กับ MCU ซึ่งจะได้ผลดังรูป > Fuses และ Lock Bits สามารถเลือกกำหนด และสั่งโปรแกรมค่าได้ตามต้องการ ซึ่งก่อนจะสั่ง Program ค่าของ Fuse Bit ผู้ใช้ควรต้องศึกษารายละเอียดในการกำหนดค่าให้เข้าใจซึ่งจะต้องสัมพันธ์สอดคล้องกับความต้องการของระบบ Hardware ที่ใช้อยู่ด้วย ถ้ายังไม่แน่ใจในรายละเอียดไม่ควรไปสั่งโปรแกรมค่า ของ Fuse Bit เหล่านี้ เพราะถ้ามีการโปรแกรมค่าของ Fuse Bit ผิดไปอาจส่งผลให้ MCU ไม่ทำงาน โดยเฉพาะ Fuse Bit สำหรับเลือกกำหนด Clock และที่สำคัญ คือ Fuse Bit ของ SPIEN (SPI Enable) ห้ามไปสั่ง Disable ค่า Fuse Bit อันนี้ออกเพราะจะทำให้ MCU ไม่สามารถสั่งโปรแกรมด้วย ISP Mode ได้อีก



ภาพที่ ค-5 ค่า Signature ของเบอร์ MCU

ภาคผนวก ง
ค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุมความผันแปร

ตารางที่ ง-1

ค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุมความผันแปร

Sample Size = m	A ₂	A ₃	d ₂	D ₃	D ₄	B ₃	B ₄
2	1.880	2.659	1.128	0	3.267	0	3.267
3	1.023	1.954	1.693	0	2.574	0	2.568
4	0.729	1.628	2.059	0	2.282	0	2.266
5	0.577	1.427	2.326	0	2.114	0	2.089
6	0.483	1.287	2.534	0	2.004	0.030	1.970
7	0.419	1.182	2.704	0.076	1.924	0.118	1.882
8	0.373	1.099	2.847	0.136	1.864	0.185	1.815
9	0.337	1.032	2.970	0.184	1.816	0.239	1.761
10	0.308	0.975	3.078	0.223	1.777	0.284	1.716
11	0.285	0.927	3.173	0.256	1.744	0.321	1.679
12	0.266	0.886	3.258	0.283	1.717	0.354	1.646
13	0.249	0.850	3.336	0.307	1.693	0.382	1.618
14	0.235	0.817	3.407	0.328	1.672	0.406	1.594
15	0.223	0.789	3.472	0.347	1.653	0.428	1.572
16	0.212	0.763	3.532	0.363	1.637	0.448	1.552
17	0.203	0.739	3.588	0.378	1.622	0.466	1.534
18	0.194	0.718	3.640	0.391	1.608	0.482	1.518
19	0.187	0.698	3.689	0.403	1.597	0.497	1.503
20	0.180	0.680	3.735	0.415	1.585	0.510	1.490
21	0.173	0.663	3.778	0.425	1.575	0.523	1.477
22	0.167	0.647	3.819	0.434	1.566	0.534	1.466
23	0.162	0.633	3.858	0.443	1.557	0.545	1.455
24	0.157	0.619	3.895	0.451	1.548	0.555	1.445
25	0.153	0.606	3.931	0.459	1.541	0.565	1.435

ဇယား ၅.၁၂ F ဖြန့်ဖြူးမှုပုံစံရှိ ၀.၀၅ (၅%)

F-Distribution

၀.၀၅

df2	df1																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	27	30	40	50	75	100	200	500	1000
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.85	1.83	1.81	1.79	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.57	1.56
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.49	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95	1.93	1.92	1.90	1.88	1.87	1.85	1.82	1.80	1.78	1.73	1.69	1.65	1.62	1.59	1.56	1.55
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95	1.93	1.91	1.89	1.88	1.86	1.84	1.82	1.79	1.77	1.72	1.68	1.64	1.62	1.58	1.55	1.54
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.36	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94	1.92	1.90	1.88	1.87	1.85	1.83	1.81	1.78	1.76	1.71	1.68	1.63	1.61	1.57	1.54	1.53
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93	1.91	1.89	1.88	1.86	1.85	1.82	1.80	1.77	1.75	1.70	1.67	1.62	1.60	1.56	1.53	1.52
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.90	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.74	1.69	1.66	1.61	1.59	1.55	1.53	1.51
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92	1.90	1.88	1.86	1.85	1.83	1.81	1.79	1.76	1.74	1.69	1.65	1.61	1.58	1.54	1.52	1.50
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91	1.89	1.87	1.86	1.84	1.83	1.80	1.78	1.75	1.73	1.68	1.65	1.60	1.57	1.53	1.51	1.49
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.83	1.82	1.79	1.77	1.75	1.72	1.67	1.64	1.59	1.57	1.53	1.50	1.49
44	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	1.81	1.78	1.76	1.73	1.71	1.66	1.63	1.58	1.55	1.51	1.49	1.47
45	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42	2.30	2.22	2.15	2.09	2.04	2.00	1.97	1.94	1.91	1.89	1.87	1.85	1.83	1.82	1.80	1.78	1.76	1.73	1.71	1.65	1.62	1.57	1.55	1.51	1.48	1.46
46	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42	2.30	2.22	2.15	2.09	2.04	2.00	1.97	1.94	1.91	1.89	1.87	1.85	1.83	1.82	1.80	1.78	1.76	1.73	1.71	1.65	1.62	1.57	1.55	1.51	1.48	1.46
47	4.05	3.20	2.80	2.57	2.41	2.30	2.21	2.14	2.09	2.04	2.00	1.96	1.93	1.91	1.88	1.86	1.84	1.83	1.81	1.80	1.77	1.75	1.72	1.70	1.65	1.61	1.57	1.54	1.50	1.47	1.46
48	4.04	3.19	2.80	2.57	2.41	2.29	2.21	2.14	2.08	2.03	1.99	1.96	1.93	1.90	1.88	1.86	1.84	1.82	1.81	1.79	1.77	1.75	1.72	1.70	1.64	1.61	1.56	1.54	1.49	1.47	1.45
49	4.04	3.19	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.08	2.03	1.99	1.96	1.93	1.90	1.88	1.85	1.84	1.82	1.80	1.79	1.76	1.74	1.71	1.69	1.64	1.60	1.56	1.53	1.49	1.46	1.44
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.76	1.74	1.71	1.69	1.63	1.60	1.55	1.52	1.48	1.46	1.44
55	4.02	3.16	2.77	2.54	2.38	2.27	2.18	2.11	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.88	1.85	1.83	1.81	1.79	1.78	1.76	1.74	1.72	1.69	1.67	1.61	1.58	1.53	1.50	1.46	1.43	1.41
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75	1.72	1.70	1.67	1.65	1.59	1.56	1.51	1.48	1.44	1.41	1.39
65	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36	2.24	2.15	2.08	2.03	1.98	1.94	1.90	1.87	1.85	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75	1.73	1.71	1.69	1.66	1.63	1.58	1.54	1.49	1.46	1.42	1.39	1.37
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72	1.70	1.67	1.65	1.62	1.57	1.53	1.48	1.45	1.40	1.37	1.35
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.72	1.70	1.68	1.65	1.63	1.60	1.54	1.51	1.45	1.43	1.38	1.35	1.33
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70	1.69	1.66	1.64	1.61	1.59	1.53	1.49	1.44	1.41	1.36	1.33	1.30
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.68	1.65	1.63	1.60	1.57	1.52	1.48	1.42	1.39	1.34	1.31	1.28
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.67	1.66	1.63	1.60	1.58	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.31	1.27	1.25
150	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.76	1.74	1.71	1.69	1.67	1.66	1.64	1.61	1.59	1.56	1.54	1.48	1.44	1.38	1.34	1.29	1.25	1.22
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.05	1.98	1.93	1.88	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.60	1.57	1.54	1.52	1.46	1.41	1.35	1.32	1.26	1.22	1.19
400	3.86	3.02	2.63	2.39	2.24	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.78	1.74	1.72	1.69	1.67	1.65	1.63	1.61	1.60	1.57	1.54	1.51	1.49	1.42	1.38	1.32	1.28	1.22	1.17	1.13
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.56	1.54	1.51	1.48	1.42	1.38	1.31	1.28	1.21	1.16	1.12
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80	1.76	1.73	1.70	1.68	1.65	1.63	1.61	1.60	1.58	1.55	1.53	1.50	1.47	1.41	1.36	1.30	1.26	1.19	1.13	1.08
10000	3.84	3.00	2.61	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.79	1.75	1.72	1.69	1.67	1.64	1.62	1.60	1.59	1.57	1.54	1.52	1.49	1.46	1.40	1.35	1.28	1.25	1.17	1.11	1.03

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายชูชาติ ดวงหาญ
วันเดือนปีเกิด	8 เมษายน 2518
ตำแหน่ง	วิศวกร บริษัท ฟาบริเนท จำกัด
ผลงานทางวิชาการ	“การพัฒนาเครื่องมือในการวัดเวลาปฏิกิริยาในการตอบสนอง และเวลาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ขาภายใต้การจำลองสถานการณ์ ในการขับขี่รถยนต์” จากการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการ ดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 7 (CIOD 2016)
ประสบการณ์ทำงาน	2558 - 2559 วิศวกร บริษัท แมกเนคอมพิวเตอร์ พรีซิชั่น เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน) 2554 - 2558 วิศวกร บริษัท ฟาบริเนท จำกัด 2549 - 2554 วิศวกร บริษัท นิปปอน ซุปเปอร์ พรีซิชั่น จำกัด