ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

PULSE CIRCUITS LABORATORY FOR THE HIGHER VOCATIONAL CERTIFICATE PROGRAM BE 2567

จตุพร ไกรวัน

JATUPRON KRAIWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

PULSE CIRCUITS LABORATORY FOR THE HIGHER VOCATIONAL CERTIFICATE PROGRAM BE 2567

JATUPRON KRAIWAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION PROGRAM
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2024

COPYRIGHT OF SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ชื่อเรื่อง	**ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567**
นักศึกษา	**จตุพร ไกรวัน**
รหัสประจำตัว	**66036004**
ปริญญา	**ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร**
ปีการศึกษา	**2567**
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	**รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน**
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์สินี มะโน**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา หาประสิทธิภาพ ประเมินสมรรถนะ และ ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยใช้วิธีการเลือกแบบสุ่ม ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 ห้อง 3 กลุ่ม 5 สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค รหัสวิชา 30105 – 2029 จำนวน 13 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ใบงานการทดลอง แบบประเมินสมรรถนะ และแบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ E1/E2 ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ด้านใบงาน ($\bar{X}$ = 4.83, S.D. = 0.33) และด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.40) ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.53/84.06 (E_1 / E_2) เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80) สมรรถนะของนักศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับสูง โดยมีคะแนนปฏิบัติเฉลี่ยร้อยละ 86.03 และความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองนี้อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.37, S.D. = 0.74)

คำสำคัญ: ชุดทดลองวงจรพัลส์, สมรรถนะ, คุณภาพ, ประสิทธิภาพ, ความพึงพอใจ

Title	**PULSE CIRCUITS LABORATORY FOR THE HIGHER VOCATIONAL CERTIFICATE PROGRAM BE 2567**
Student	**JATUPRON KRAIWAN**
Student ID	**66036004**
Degree	**Master of Science in Industrial Education Program in Electrical Communications Engineering**
Academic Year	**2024**
Advisor	**Associate Professor Dr. KITIPONG MANO**
Co-Advisor	**Assistant Professor Dr. PITSINI MANO**

ABSTRACT

The objectives of this research were to develop, determine the efficiency, assess the competency, and evaluate the satisfaction of students toward the pulse circuits laboratory for the Higher Vocational Certificate Program B.E. 2567. The sample group was selected using a simple random sampling method and consisted of 13 first-year students from Group 5, Class 1/3, in the Electronic Technology program at Prachinburi Technical College, who were enrolled in the Pulse Circuits and Digital Techniques course with the Course Code 30105–2029. The research tools included: the pulse circuits laboratory for the Higher Vocational Certificate Program B.E. 2567, experimental worksheets, a competency assessment form, and a satisfaction questionnaire. The statistics used in data analysis were percentage, mean, standard deviation, and E1/E2 efficiency indices. The research findings revealed that the developed laboratory had a very good level of quality in both the worksheets ($\bar{X}$ = 4.83, S.D. = 0.33) and the equipment panel with measuring tools ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.40). The laboratory achieved an efficiency of 84.53/84.06 (E1/E2), which met the required criteria of 80/80. The overall student competency was at a high level, with an average performance score of 86.03%. Additionally, the students' satisfaction with the laboratory was at a high level ($\bar{X}$ = 4.37, S.D. = 0.74).

Keywords: Pulse Circuits Laboratory, authentic assessment of competency, Quality, Effectiveness, Satisfaction

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.กิติพงค์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.พิชญ์สินี มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาให้เกียรติเป็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัดให้มีความเหมาะสมต่อการวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ได้เป็นอย่างดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่งที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนช่วยเหลือผู้วิจัยทุกด้านเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

จตุพร ไกรวัน

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูปภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 สมมติฐานการวิจัย..... 3

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย..... 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 4

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย..... 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567..... 8

2.2 สังเขปรายวิชางจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค..... 11

2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลองวงจรพัลส์..... 13

2.4 การออกแบบชุดทดลอง..... 29

2.5 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง..... 32

2.6 สมรรถนะ..... 37

2.7 ความพึงพอใจ..... 45

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 47

สารบัญ

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 52

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 52

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 53

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 53

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 61

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 62

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 64

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 66

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลอง 66

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง 68

4.3 ผลการประเมินสมรรถนะ 70

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจ 71

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 73

5.1 สรุปผลการวิจัย 73

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย 77

5.3 ข้อเสนอแนะ 80

บรรณานุกรม 81

ภาคผนวก 83

ภาคผนวก ก ตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการทดลอง 84

สารบัญ

หน้า

ภาคผนวก ข หนังสือราชการและรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ 92
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพและแบบประเมินความพึงพอใจ 99
ภาคผนวก ง แบบประเมินสมรรถนะ 104
ภาคผนวก จ เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานการทดลอง 114
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างใบงานการทดลอง 131
ภาคผนวก ช ผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจ 162
ภาคผนวก ซ คะแนนการประเมินสมรรถนะ 165
ภาคผนวก ฌ คะแนนข้อคำถามท้ายการทดลอง 175
ภาคผนวก ญ คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ 185
ภาคผนวก ฎ ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน 213

ประวัติผู้เขียน 216

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การฝึกปฏิบัติด้านการออกแบบและวิเคราะห์ ประกอบ ตรวจสอบ วัด ทดสอบ วงจรพัลส์ 12

2.1 (ต่อ) 13

2.2 ขาต่อใช้งานของไอซี TL072 24

2.2 (ต่อ) 25

2.3 ขาต่อใช้งานของไอซี LF353 26

2.4 ขาต่อใช้งานของไอซี LM555 28

4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลอง 66

4.1 (ต่อ) 67

4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด 67

4.2 (ต่อ) 68

4.3 ผลวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ 69

4.4 ผลการประเมินสมรรถนะ 70

4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ 71

4.5 (ต่อ) 72

ช.1 คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ด้านใบงานการทดลอง 163

ช.2 คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด 163

ช.3 คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยรวม 164

ช.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 164

ซ.1 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 1 166

ซ.2 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 2 167

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ซ.3 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 3 168
ซ.4 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 4 169
ซ.5 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 5 170
ซ.6 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 6 171
ซ.7 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 7 172
ซ.8 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานแบบทดสอบวงจรพัลส์ 173
ซ.9 คะแนนประเมินสมรรถนะรวมทุกใบงานการทดลอง 174
ฌ.1 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 1 176
ฌ.2 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 2 177
ฌ.3 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 3 178
ฌ.4 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 4 179
ฌ.5 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 5 180
ฌ.6 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 6 181
ฌ.7 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 7 181
ฌ.8 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานการทดลองที่ 1 ถึง 7 183
ฌ.9 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานแบบทดสอบ 184

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ออสซิลโลสโคป 14
2.2 องค์ประกอบแกน X, Y และ Z ของคลื่นสัญญาณที่แสดงผลบนออสซิลโลสโคป 14
2.3 การไล่ระดับความเข้มของสัญญาณบนแกน Z 14
2.4 การแสดงรูปคลื่นของสัญญาณออสซิลโลสโคปแบบแอนะล็อก และแบบดิจิทัล 15
2.5 ออสซิลโลสโคป Tektronix TDS2024 16
2.6 จอภาพออสซิลโลสโคป Tektronix TDS2024 17
2.7 การวัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าโดยออสซิลโลสโคป 18
2.8 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า เอ.ซี 18
2.9 ลักษณะของรูปคลื่นสัญญาณชนิดต่างๆ 20
2.10 ลักษณะของเครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดต่างๆ 20
2.11 Function Generator Agilent 33120A 21
2.12 วงจรรวม (IC) 23
2.13 ไอซี TL072 24
2.14 ขาต่อใช้งานและสัญลักษณ์ของไอซี TL072 24
2.15 ไอซี LF353 26
2.16 ขาต่อใช้งานและสัญลักษณ์ของไอซี LF353 26
2.17 ไอซี LM555 27
2.18 ขาต่อใช้งานไอซี LM555 28
2.19 การออกแบบการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง 40
3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด 54
3.1 (ต่อ) 55
3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง 56
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ 57
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินสมรรถนะ 59

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ..... 60

ก.1 (ก) วงจรผลิตสัญญาณรูปไซน์..... 85

ก.1 (ข) วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์..... 85

ก.1 (ค) วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์..... 86

ก.1 (ง) วงจรผลิตสัญญาณรูปฟันเลื่อย..... 86

ก.2 (ก) วงจรวงจรลดทอนสัญญาณไฟฟ้า ที่อินพุตเป็นรูปสี่เหลี่ยม..... 87

ก.2 (ข) วงจรแปลงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมเป็นสัญญาณสามเหลี่ยม..... 87

ก.3 วงจรอาร์ซีอินทิเกรเตอร์..... 88

ก.4 วงจรอาร์ซีดิฟเฟอร์เรนติเอเตอร์..... 88

ก.5 (ก) วงจรคลิปเปอร์..... 89

ก.5 (ข) วงจรแคลมเปอร์..... 89

ก.6 วงจรชมิตทริกเกอร์..... 90

ก.7 (ก) วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์..... 90

ก.7 (ข) วงจรไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์..... 91

ก.7 (ค) วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์..... 91

ฉ.1 วงจรผลิตสัญญาณรูปแบบไซน์แบบ Phase shift Oscillators..... 132

ฉ.2 วงจรผลิตสัญญาณรูปไซน์แบบ Wien-bridge oscillator..... 134

ฉ.3 หลักการพื้นฐานของวงจร Twin-T oscillator..... 135

ฉ.4 วงจรสร้างสัญญาณรูปไซน์แบบ Twin-T oscillator..... 136

ฉ.5 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์และ
รูปร่างสัญญาณที่จุดต่างๆ ภายในวงจร..... 137

ฉ.6 วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไอซี 555 และ
รูปร่างสัญญาณที่จุดต่างๆ ภายในวงจร..... 138

ฉ.7 วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสามเหลี่ยมด้วยออปแอมป์..... 139

ฉ.8 วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสามเหลี่ยมด้วยไอซี 555..... 140

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ฉ.9 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Phase shift Oscillators..... 141
ฉ.10 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Wien-bridge Oscillators..... 143
ฉ.11 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Twin-T Oscillators..... 144
ฉ.12 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์..... 145
ฉ.13 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไอซี 555..... 146
ฉ.14 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์..... 147
ฉ.15 วงจรผลิตสัญญาณรูปฟันเลื่อย..... 148
ฉ.16 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า..... 152
ฉ.17 วงจรลดทอนสัญญาณ..... 153
ฉ.18 วงจรอินทิเกรเตอร์..... 154
ฉ.19 วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์..... 155
ฉ.20 วงจรคลิปเปอร์..... 156
ฉ.21 วงจรชมิตทริกเกอร์..... 157
ฉ.22 วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์..... 158
ญ.1 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 1..... 186
ญ.2 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 2..... 187
ญ.3 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 3..... 188
ญ.4 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 4..... 189
ญ.5 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 5..... 190
ญ.6 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 6..... 191
ญ.7 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 7..... 192
ญ.8 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 8..... 193
ญ.9 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 9..... 194
ญ.10 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 10..... 195
ญ.11 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 11..... 196

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ญ.12 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 12..... 197
ญ.13 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 13..... 198
ญ.14 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 14..... 199
ญ.15 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 15..... 200
ญ.16 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 16..... 201
ญ.17 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 17..... 202
ญ.18 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 18..... 203
ญ.19 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 19..... 204
ญ.20 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 20..... 205
ญ.21 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 21..... 206
ญ.22 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 22..... 207
ญ.23 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 23..... 208
ญ.24 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 24..... 209
ญ.25 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 25..... 210
ญ.26 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 26..... 211
ญ.27 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 27..... 212
ฎ.1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง 1..... 214
ฎ.2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง 2..... 214
ฎ.3 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง 3..... 215
ฎ.4 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง 4..... 215

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีแอนะล็อกและดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทอย่างแพร่หลายในภาคส่วนต่างๆ ของสังคม ไม่ว่าจะเป็นด้านอุตสาหกรรม การเกษตร และระบบการศึกษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ส่งผลต่อการพัฒนารูปแบบการจัดการศึกษาให้มีความเหมาะสมกับศตวรรษที่ 21 โดยเน้นการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (learner-centered learning) โดยยึดหลักการว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ โดยถือว่าผู้เรียนเป็นสำคัญ กระบวนการจัดการศึกษาจึงต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ทั้งในด้านความรู้ ทักษะ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ และความรับผิดชอบ (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ, 2542, มาตรา 7) และจากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เป็นหลักสูตรเพื่อยกระดับความรู้และทักษะของผู้เรียนในสายวิชาชีพ โดยเน้นการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ เพื่อพัฒนาสมรรถนะของกำลังคนระดับเทคนิคให้มีคุณภาพ มีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และสามารถประกอบอาชีพในสาขาที่ตนศึกษาหรืออาชีพอิสระได้ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน ชุมชน สังคม และการพัฒนาประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2567)

ในการจัดการเรียนการสอนสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ตามหลักสูตรดังกล่าว จะต้องสอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชา และการจัดการเรียนการสอนจะต้องบรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา โดยเฉพาะรายวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค ซึ่งถือเป็นรายวิชาสำคัญในกลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ที่มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถออกแบบ วิเคราะห์ และใช้งานวงจรพัลส์และวงจรสวิตชิงได้อย่างถูกต้อง รวมถึงมีทักษะในการตรวจสอบ ประกอบ และทดสอบวงจร โดยเนื้อหาของรายวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิคในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ครอบคลุมทั้งส่วนของวงจรพัลส์เทคนิค และวงจรดิจิทัล ซึ่งทำให้เนื้อหามีปริมาณมากและต้องใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีความหลากหลาย และจากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาดังกล่าวมากกว่า 3 ปี พบปัญหาหลักในการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับวงจรพัลส์ ได้แก่ ปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์และเครื่องมือที่มีราคาสูง เช่น

ออสซิลโลสโคป เครื่องกำเนิดสัญญาณ แหล่งจ่ายไฟฟ้า และอุปกรณ์ไอซีต่างๆ ส่งผลให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการฝึกปฏิบัติอย่างเพียงพอและทั่วถึง ซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนขาดทักษะเชิงปฏิบัติงานที่จำเป็นต่อการประกอบอาชีพในอนาคต ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาชุดทดลองวงจรพัลส์ ที่สามารถใช้งานได้จริง เน้นการฝึกทักษะและการประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการจัดทำใบงานการทดลองที่สอดคล้องกับลำดับเนื้อหา และสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านกระบวนการลงมือทำจริง

นอกจากการพัฒนาชุดทดลองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แล้ว การวัดและประเมินผลก็มีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินความสามารถของผู้เรียน โดยเฉพาะในระบบอาชีวศึกษาที่ต้องการประเมินสมรรถนะจากการปฏิบัติงานจริง แนวคิดการวัดและประเมินผลที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในวงการศึกษาในปัจจุบัน คือ การประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ซึ่งเป็นกระบวนการวัดและประเมินที่เน้นให้ผู้เรียนแสดงออกถึงความสามารถในสถานการณ์จริงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง เช่น การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสร้างผลงาน หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งสะท้อนถึงสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง (จินตวีร์พร แป้นแก้ว, 2562; Wiggins, 1990)

การประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง (Authentic Assessment of Competency) จึงเป็นแนวทางสำคัญที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินสมรรถนะในการปฏิบัติงานวงจรพัลส์ โดยวัดจากการที่ผู้เรียนลงมือทดลอง ประกอบวงจร ทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทำงานของวงจร ซึ่ง การวัดผลจากการปฏิบัติจริงจะสามารถสะท้อนผลลัพธ์การเรียนรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์รายวิชา และยังสามารถนำไปใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนการสอนในอนาคตได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ควบคู่กับการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะตามสรรถนะรายวิชา ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการปฏิบัติงาน และเพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

1.2.3 เพื่อประเมินสมรรถนะของนักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

1.2.4 เพื่อหาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X}$ ≥3.50)

1.3.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 หรือ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

1.3.3 นักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ที่พัฒนาขึ้นมีสมรรถนะระดับสูง มีคะแนนปฏิบัติร้อยละ 80 ขึ้นไป

1.3.4 ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 อยู่ในระดับมากขึ้นไป ($\bar{X}$ ≥3.50)

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีกรอบแนวคิดดังนี้

1.4.1 การออกแบบและพัฒนาชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ วัลลภ จันทร์ตระกูล (2552, 24-32) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยมีแนวทางในการออกแบบและสร้างตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1.4.1.1 กำหนดจุดประสงค์ในการนำชุดทดลองไปใช้ในการสอน
1.4.1.2 กำหนดรายการของชิ้นส่วนต่างๆ ที่นำมาประกอบเป็นชุดทดลอง
1.4.1.3 ศึกษาปัจจัยที่จะทำให้ชิ้นส่วนที่นำมาประกอบเป็นชุดทดลองทำงานได้
1.4.1.4 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของชุดทดลอง
1.4.1.5 ออกแบบโดยนำชิ้นส่วนต่างๆ ที่เลือกไว้มาประกอบเป็นชุดทดลอง
1.4.1.6 สร้างต้นแบบและตรวจสอบชุดทดลอง
1.4.1.7 เตรียมเอกสารประกอบการใช้ชุดทดลอง

1.4.2 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ผู้วิจัยได้แนวคิดมาจาก ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556 : 6-19) โดยเกณฑ์ประสิทธิภาพหาได้จากการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน E_1 (Efficiency of Process) หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ เทียบกับ E_2 (Efficiency of Product) หรือประสิทธิภาพผลลัพธ์

1.4.3 การแบบประเมินสมรรถนะ

ผู้วิจัยได้แนวคิดมาจาก วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562) ที่กล่าวไว้ว่า การประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง หมายถึง การประเมินทักษะความสามารถของผู้เรียน ที่นำความรู้ ความเข้าใจ รวมทั้งทัศนคติ มาแสดงออกหรือกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งตามระดับมาตรฐานที่กำหนด โดยใช้วิธีการประเมินและแหล่งข้อมูลสำหรับประเมินอย่างหลากหลาย สอดคล้องกับสภาพการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะที่ประเมิน โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินสมรรถนะ โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริคที่มีมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ (1-3)

1.4.4 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้แนวคิดจาก พรรณี ลีกิจวัฒนะ (2553) ที่กล่าวไว้ว่า แบบประเมินความพึงพอใจ คือ ชุดของข้อคำถามที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อคำถาม สำหรับให้ผู้ตอบนั้นตอบโดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตามเงื่อนไขที่กำหนด ข้อมูลที่วัดโดยใช้แบบสอบถามมีได้หลายประการทั้งข้อเท็จจริง ความรู้ ความคิดเห็นและการปฏิบัติ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาสร้างเป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (1-5)

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

การวิจัยในครั้งนี้มีประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค รหัสวิชา 30105 – 2029 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 52 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยในครั้งนี้มีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ชั้นปีที่ 1 ห้อง 3 กลุ่ม 5 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 13 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบสุ่ม

1.5.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ตัวแปรตาม คือ คุณภาพ ประสิทธิภาพ สมรรถนะ และความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

1.5.4 ขอบเขตของเนื้อหา

เนื้อหาของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จำแนกออกเป็นใบงานการทดลองตามลำดับได้ดังนี้

ใบงานการทดลองที่ 1 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า

ใบงานการทดลองที่ 2 วงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณ

ใบงานการทดลองที่ 3 วงจรอินทิเกรเตอร์

ใบงานการทดลองที่ 4 วงจรดิฟเฟอร์เรนติเอเตอร์

ใบงานการทดลองที่ 5 วงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์

ใบงานการทดลองที่ 6 วงจรชมิตทริกเกอร์

ใบงานการทดลองที่ 7 วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์

ใบงานแบบทดสอบวงจรพัลส์

1.5.5 ขอบเขตของชุดทดลองวงจรพัลส์

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดทดลองวงจรพัลส์ที่ครอบคลุมการใช้งานสำหรับการทดลอง ซึ่งในชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีส่วนประกอบดังนี้

1.5.5.1 สามารถเชื่อมต่อกับ IC เบอร์ต่างๆ สำหรับวงจรพัลส์ได้

1.5.5.2 มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ระดับแรงดัน 5 โวลต์

1.5.5.3 มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายแรงดันไฟบวก ไฟลบ และกราวด์ ที่ระดับแรงดัน 0 – 30 โวลต์ ได้

1.5.5.4 มีแผงสำหรับต่อวงจร

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1.5.5.5 มีออสซิลโลสโคปเพื่อแสดงสัญญาณ

1.5.5.6 มีมัลติมิเตอร์เพื่อวัดค่าทางไฟฟ้า

1.5.5.7 มีลอจิกสวิตซ์สำหรับป้อนอินพุต

1.5.5.8 มีไดโอดเปล่งแสงในการแสดงเอาต์พุต

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด ใบงานการทดลอง และคู่มือการใช้งานที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

1.6.2 ชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด หมายถึง การรวมแผงอุปกรณ์ แหล่งจ่ายไฟ และเครื่องมือวัด สำหรับการทดลองไว้เป็นชุดเดียวกัน

1.6.3 ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารประกอบการเรียนรู้ที่ใช้เป็นแนวทางในการฝึกปฏิบัติงาน ประกอบด้วยหัวข้อการทดลอง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เครื่องมือและอุปกรณ์ ทฤษฎีและความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง และการสรุปผล มีจำนวนทั้งหมด 7 ใบงาน และใบงานแบบทดสอบ

1.6.4 คู่มือการใช้งาน หมายถึง เอกสารอธิบายการใช้งานชุดทดลองและเครื่องมือต่างๆ ในชุดทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้ชุดทดลองได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

1.6.5 แบบประเมินคุณภาพ หมายถึง แบบประเมินที่ใช้สำหรับประเมินคุณภาพของใบงานการทดลองและ แผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

1.6.6 คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ หมายถึง ผลการประเมินความเหมาะสมของใบงานการทดลองและชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด โดยประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาอิเล็กทรอนิกส์

1.6.7 ประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ หมายถึง ค่าร้อยละที่ผู้เรียนสามารถทำได้ในกระบวนการเรียนรู้ (E_1) จากคะแนนคำถามท้ายใบงานการทดลองรวมกับคะแนนการประเมินสมรรถนะในใบงานที่ 1 ถึง 7 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ (E_2) จากใบงานแบบทดสอบ

โดยประเมินจากผลรวมของคะแนนคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบและคะแนนการประเมินสมรรถนะ ซึ่งต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

1.6.8 แบบประเมินความพึงพอใจ หมายถึง ชุดคำถามความรู้สึกของผู้เรียนต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ

1.6.9 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง บุคคลที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์ จบการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโท และมีประสบการณ์ในการสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี

1.6.10 สมรรถนะ หมายถึง สมรรถนะ (การปฏิบัติการทดลอง) ตามสภาพจริง โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริค โดย 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน และ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง ซึ่งประเมินจากการปฏิบัติงานของนักศึกษาจากการทำใบงานการทดลองทั้ง 7 ใบงาน

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้ารายละเอียดข้อมูลเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

2.2 สังเขปรายวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค

2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลองวงจรพัลส์

2.4 การออกแบบชุดทดลอง

2.5 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

2.6 สมรรถนะ

2.7 ความพึงพอใจ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

2.1.1 หลักการของหลักสูตร

2.1.1.1 เป็นหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หลังจากจบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพหรือระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า ซึ่งเป็นการจัดการศึกษาด้านวิชาชีพและยกระดับการศึกษาวิชาชีพของบุคคลให้สูงขึ้น สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ เป็นไปตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติ กรอบคุณวุฒิอ้างอิงอาเซียน หรือกรอบคณวุฒิอื่นในระดับสากล มาตรฐานการศึกษาของชาติ และกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ โดยเน้นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ เพื่อพัฒนาสมรรถนะกำลังคนระดับเทคนิค รวมทั้งคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพและกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงาน ให้สอดคล้องกับความต้องการกำลังคนของตลาดแรงงาน ชุมชน สังคม และการพัฒนาประเทศ รวมทั้งประกอบอาชีพอิสระได้

2.1.1.2 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้เลือกเรียนได้หลายรูปแบบตามศักยภาพและโอกาสของผู้เรียน เน้นสมรรถนะเฉพาะด้านในระดับเทคนิคด้วยการปฏิบัติจริง เปิดโอกาสให้ผู้เรียน

สามารถยกเว้นการเรียนรายวิชาโดยการโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน การเทียบโอนความรู้และประสบการณ์ การเทียบโอนผลลัพธ์การเรียนรู้ การเทียบโอนประสบการณ์ของบุคคล การเทียบโอนสมรรถนะบุคคลตามมาตรฐานอาชีพกรอบคุณวุฒิแห่งชาติและกรอบคุณวุฒิอ้างอิงอาเซียน มาตรฐานอาชีพระดับสากลเข้าสู่หน่วยกิตตามหลักสูตร ตามหลักเกณฑ์ แนวปฏิบัติและวิธีการที่คณะกรรมการการการอาชีวศึกษากำหนด

2.1.1.3 เป็นหลักสูตรที่ส่งเสริมและสนับสนุนความร่วมมือในการจัดการศึกษาและพัฒนาวิชาชีพร่วมกัน ระหว่างสถาบันการอาชีวศึกษาและสถานศึกษากับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน องค์กรวิชาชีพทั้งในและต่างประเทศ

2.1.1.4 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถาบันการอาชีวศึกษาและสถานศึกษา สถานประกอบการ ชุมชน และท้องถิ่น มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรให้ตรงตามความต้องการในการทำงานและการประกอบอาชีพโดยยึดโยงกับมาตรฐานอาชีพ และสอดคล้องกับบริบทเชิงพื้นที่ ประเทศ และสังคมโลก เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขัน

2.1.2 จุดหมายของหลักสูตร

2.1.2.1 เพื่อให้มีพฤติกรรมหรือการกระทำระดับบุคคลที่สะท้อนถึงบุคลิกภาพ ลักษณะนิสัย และค่านิยมที่สะท้อนคุณลักษณะเฉพาะศาสตร์ วิชาชีพ และสถาบัน มีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ เจตคติ และกิจนิสัยที่ดีภูมิใจและรักษาเอกลักษณ์ของชาติไทย เคารพกฎหมาย เคารพสิทธิของผู้อื่น มีความรับผิดชอบตามบทบาทหน้าที่ของตนเอง ตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข ปฏิบัติตนตามแบบแผน หรือข้อบังคับที่สอดคล้องกับมาตรฐานในการปฏิบัติที่ดีของคนในสังคม มีจิตสาธารณะ จิตสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อมและการดำรงตนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยพัฒนาผ่านการเรียนรู้ และการฝึกประสบการณ์ตามหลักสูตร

2.1.2.2 เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจทางทฤษฎีและเทคนิคเชิงลึกภายใต้ขอบเขตของงานอาชีพ รวมทั้งในระดับที่เชื่อมโยงกับการทำงาน

2.1.2.3 เพื่อให้มีทักษะในการปรับใช้กระบวนการปฏิบัติงานให้เหมาะสม ทักษะด้านความปลอดภัยที่เชื่อมโยงกันในการทำงานที่หลากหลาย ทักษะทางเทคโนโลยีดิจิทัล ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา ทักษะในการวางแผน การบริหารจัดการ การประสานงาน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการสื่อสาร และการประเมินผลในการปฏิบัติงานด้วยตนเอง

2.1.2.4 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานตามแบบแผน และปรับตัวภายใต้ความเปลี่ยนแปลง การพัฒนานวัตกรรมตามสายอาชีพ สามารถแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหรือซับซ้อนและเป็นนามธรรมเป็นบางครั้ง

2.1.2.5 เพื่อให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมือง สิ่งแวดล้อม มีความรักชาติ สำนึกในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนรวม ธำรงรักษาไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข ให้ประเทศมีความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน

2.1.3 จุดประสงค์สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

2.1.3.1 เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านภาษาและการสื่อสาร ทักษะการคิดและการแก้ปัญหา ทักษะทางสังคมและการดำรงชีวิตในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ

2.1.3.2 เพื่อให้มีความเข้าใจหลักการบริหารและจัดการวิชาชีพ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการสื่อสารหลักการของงานอาชีพที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าของเศรษฐกิจ สังคมและเทคโนโลยี

2.1.3.3 เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและกระบวนการทำงานในกลุ่มงานพื้นฐานด้านพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

2.1.3.4 เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางเทคโนโลยีด้านพลังงานไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ

2.1.3.5 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานวิเคราะห์ แก้ปัญหา สร้างสรรค์และนำเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนางานพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

2.1.3.6 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานช่างอิเล็กทรอนิกส์ ช่างควบคุมด้วยระบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ช่างควบคุมหุ่นยนต์ นักพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Product) เพื่อรองรับ IoT (Internet of Things) นักพัฒนากระบวนการผลิตชั้นสูง ช่างติดตั้งระบบบ้านอัจฉริยะ ผู้บังคับโดรนแบบปีกหมุนทั่วไป นักพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว ผู้ให้บริการด้านคอมพิวเตอร์และระบบคอมพิวเตอร์ นักทดสอบชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในอุตสาหกรรม การประยุกต์ใช้งานเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในกระบวนการผลิต การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในงานอุตสาหกรรม ออกแบบวงจรอิเล็กหรอนิกส์ด้วยคอมพิวเตอร์ ในสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระ รวมทั้งการใช้ความรู้และทักษะเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นได้

2.1.3.7 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานและดำรงชีวิตโดยประยุกต์ใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงหลักการใช้พลังงานและทรัพยากรอย่างคุ้มค่า คำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเอง ผู้อื่นและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

2.1.3.8 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัย มีความรับผิดชอบต่อสังคม สิ่งแวดล้อม ต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด

2.2 สังเขปรายวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค

2.2.1 อ้างอิงมาตรฐาน

2.2.1.1 มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ อาชีพอุตสาหกรรมดิจิทัล สาขาฮาร์ดแวร์ (Hardware) ระดับ 4 หน่วยสมรรถนะ 31101 พัฒนาฮาร์ดแวร์สำหรับระบบสมองกลฝังตัว (เฉพาะ EOC 31101.06 , 31101.07 , 31101.08)

2.2.1.2 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน อาชีพสาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างควบคุมด้วยระบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ระดับ 1

2.2.2 ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

เข้าใจหลักการออกแบบ การวิเคราะห์ วงจรพัลส์และสวิตชิง วงจรดิจิทัล มีทักษะการประกอบ ตรวจสอบ วัด ทดสอบวงจรพัลส์และสวิตชิง วงจรดิจิทัล ออกแบบวงจรดิจิทัลด้วยวิธีเขียน schematic diagram ออกแบบวงจรดิจิทัลด้วยวิธีเขียนภาษา VHDL และประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลในงานต่าง ๆ

2.2.3 จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

2.2.3.1 เข้าใจหลักการออกแบบ การวิเคราะห์ วงจรพัลส์และสวิตชิง วงจรดิจิทัล

2.2.3.2 มีทักษะการประกอบ ตรวจสอบ วัด ทดสอบ วงจรพัลส์และสวิตชิง วงจรดิจิทัล

2.2.3.3 ออกแบบวงจรดิจิทัลด้วยวิธีเขียน schematic diagram

2.2.3.4 ออกแบบวงจรดิจิทัลด้วยวิธีเขียนภาษา VHDL

2.2.3.5 ประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลในงานต่าง ๆ

2.2.3.6 มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัย ปฏิบัติตนตามแบบแผนหรือข้อบังคับที่สอดคล้องกับมาตรฐานในการปฏิบัติที่ดีของคนในสังคม มีความรับผิดชอบต่องานอาชีพ

2.2.4 สมรรถนะรายวิชา

2.2.4.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการออกแบบ การวิเคราะห์ การสร้างสัญญาณพัลส์

2.2.4.2 แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการออกแบบ การวิเคราะห์ วงจรดิจิทัล

2.2.4.3 ออกแบบและทดสอบวงจรดิจิทัลด้วยการเขียน schematic diagram

2.2.4.4 ออกแบบและทดสอบวงจรดิจิทัลด้วยการเขียนภาษา VHDL

2.2.4.5 การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลในงานต่าง ๆ

2.2.5 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงาน การวิเคราะห์ การออกแบบ วงจรสร้างรูปสัญญาณ แปลงรูปสัญญาณ ลดทอนสัญญาณ วงจรลอจิกเกตพื้นฐาน การลดรูปสมการในงานดิจิทัล การออกแบบวงจรดิจิทัลโดยการใช้อุปกรณ์ CPLD หรือ FPGA ร่วมกับซอฟต์แวร์สังเคราะห์ โดยการเขียนแผนผังวงจร (Schematic Diagram) หรือใช้การออกแบบวงจรด้วยภาษา VHDL ในการสร้างวงจรนับ วงจรเปรียบเทียบ วงจรมัลติเพล็กซ์ วงจรดีมัลติเพล็กซ์ วงจร BCD to 7-Segment วงจรสแกนคีย์ วงจรเลื่อนข้อมูล วงจรหารความถี่ และวงจรอื่นๆ การประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลในงานต่างๆ

ตารางที่ 2.1 การฝึกปฏิบัติด้านออกแบบ การวิเคราะห์ การประกอบ ตรวจสอบ วัด ทดสอบวงจรพัลส์

ชื่อใบงานการทดลอง	เนื้อหาโดยสังเขป	วิธีการสอน	รูปวงจร
ใบงานการทดลองที่ 1 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า	- วงจรผลิตสัญญาณรูปไซน์ - วงจรผลิตสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม - วงจรผลิตสัญญาณรูปสามเหลี่ยม - วงจรผลิตสัญญาณรูปฟันเลื่อย	ปฏิบัติการ	ภาคผนวก ก ภาพที่ ก.1 (ก) ภาพที่ ก.1 (ข) ภาพที่ ก.1 (ค) ภาพที่ ก.1 (ง)
ใบงานการทดลองที่ 2 วงจรสดทอนสัญญาณ และแปลงรูปร่างสัญญาณ	- วงจรลดทอนสัญญาณ - วงจรแปลงรูปร่างสัญญาณ	ปฏิบัติการ	ภาคผนวก ก ภาพที่ ก.2 (ก) ภาพที่ ก.2 (ข)
ใบงานการทดลองที่ 3 วงจรอินทิเกรเตอร์	- วงจรอินทิเกรเตอร์	ปฏิบัติการ	ภาคผนวก ก ภาพที่ ก.3

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชื่อใบงานการทดลอง	เนื้อหาโดยสังเขป	วิธีการสอน	รูปวงจร
ใบงานการทดลองที่ 4 วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์	- วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์	ปฏิบัติการ	ภาคผนวก ก ภาพที่ ก.4
ใบงานการทดลองที่ 5 วงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์	- วงจรคลิปเปอร์ - วงจรแคลมเปอร์	ปฏิบัติการ	ภาคผนวก ก ภาพที่ ก.5 (ก) ภาพที่ ก.5 (ข)
ใบงานการทดลองที่ 6 วงจรชมิตทริกเกอร์	- วงจรชมิตทริกเกอร์	ปฏิบัติการ	ภาคผนวก ก ภาพที่ ก.6
ใบงานการทดลองที่ 7 วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์	- วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ - วงจรไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ - วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	ปฏิบัติการ	ภาคผนวก ก ภาพที่ ก.7 (ก) ภาพที่ ก.7 (ข) ภาพที่ ก.7 (ค)

2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรพัลส์

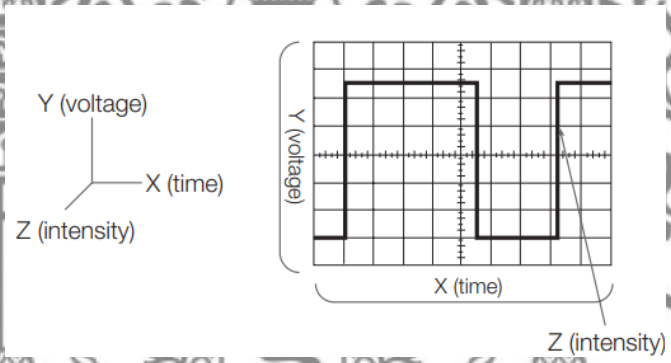
วงจรพัลส์ ประกอบไปด้วย เนื้อหาทั้งหมด 7 หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย เครื่องมือวัด แหล่งกำเนิดสัญญาณ อุปกรณ์และวงจร ดังนี้

2.3.1 ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

ออสซิลโลสโคป คือ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่สามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าชนิดต่างๆ ได้และแสดงในรูปกราฟทั้งขนาด (Amplitude) และเวลา (Time) บนหน้าจอภาพของออสซิลโลสโคป สามารถวัดรูปคลื่นได้ตั้งแต่ 1 ช่องสัญญาณ (Chanel) ถึง 16 ช่องสัญญาณ มีทั้งชนิดตั้งโต๊ะที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ และชนิดมือถือที่เหมาะสมกับงานในภาคสนาม ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ซึ่งในการแสดงกราฟของสัญญาณไฟฟ้า ในการใช้งานส่วนใหญ่กราฟจะแสดงให้เห็นว่าสัญญาณเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาอย่างไร แกนแนวตั้ง (แกน Y) แสดงแรงดันไฟฟ้า และแกนแนวนอน (แกน X) แสดงเวลา ความเข้มหรือความสว่างของจอแสดงผลบางครั้งเรียกว่าแกน Z ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ในออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล DPO (Digital Phosphor Oscilloscope) แกน Z สามารถแสดงในรูปแบบของการไล่เฉดสีบนจอภาพ ดังแสดงในภาพที่ 2.3

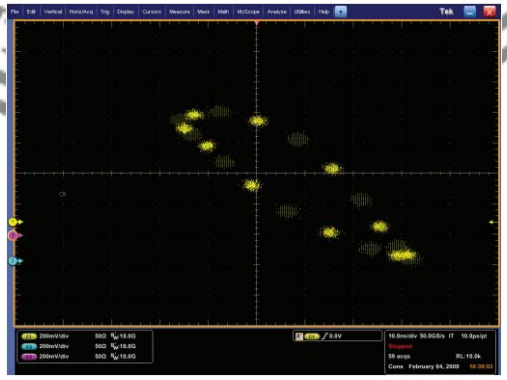
ภาพที่ 2.1 ออสซิลโลสโคป

ที่มา : https://shorturl.asia/UzNtf



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบแกน X, Y และ Z ของคลื่นสัญญาณที่แสดงผลบนออสซิลโลสโคป

ที่มา : https://www.tek.com/en/documents/primer/oscilloscope-basics



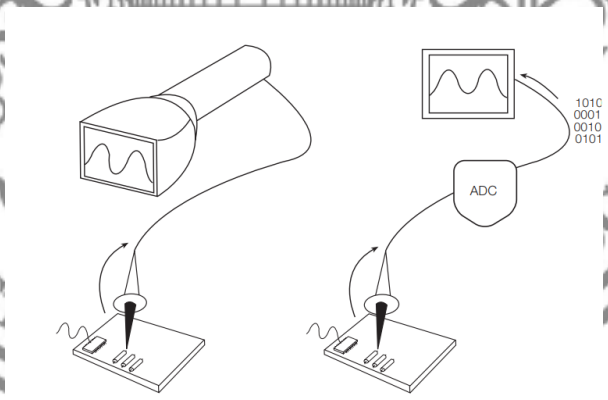
ภาพที่ 2.3 การไล่ระดับความเข้มของสัญญาณบนแกน Z

ที่มา : https://www.tek.com/en/documents/primer/oscilloscope-basics

ซึ่งจากกราฟที่แสดงผลจากออสซิลโลสโคป สามารถบอกข้อมูลมากมายเกี่ยวกับสัญญาณ เช่น ค่าของเวลาและแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณ ความถี่ของสัญญาณ ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงของวงจรที่แสดงผ่านสัญญาณ ความถี่ที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของสัญญาณเกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆ ของสัญญาณ สัดส่วนของกระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC) ในสัญญาณ ปริมาณสัญญาณรบกวน (noise) และสัญญาณรบกวนที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาหรือไม่ เป็นต้น

2.3.1.1 ประเภทของออสซิลโลสโคป

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท ได้แก่ แอนะล็อก (Analog) และดิจิทัล (Digital) ซึ่งอุปกรณ์แอนะล็อกทำงานกับแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่อุปกรณ์ดิจิทัลทำงานกับตัวเลขไบนารีที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างแรงดันไฟฟ้า ซึ่งออสซิลโลสโคปก็สามารถแบ่งประเภทได้เช่นเดียวกัน คือแบบแอนะล็อกและแบบดิจิทัล โดยออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลจะแตกต่างจากแบบแอนะล็อกตรงที่ใช้วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ให้กลายเป็นข้อมูลดิจิทัล จากนั้นออสซิลโลสโคปจะเก็บสัญญาณในรูปแบบชุดของตัวอย่าง (samples) และสะสมตัวอย่างเหล่านี้จนได้จำนวนเพียงพอที่จะสร้างรูปคลื่นขึ้นมาได้ เมื่อได้ครบแล้วระบบก็จะประกอบคลื่นสัญญาณขึ้นมาใหม่และแสดงผลบนหน้าจอ แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การแสดงรูปคลื่นของสัญญาณออสซิลโลสโคปแบบแอนะล็อก และแบบดิจิทัล
ที่มา : https://www.tek.com/en/documents/primer/oscilloscope-basics

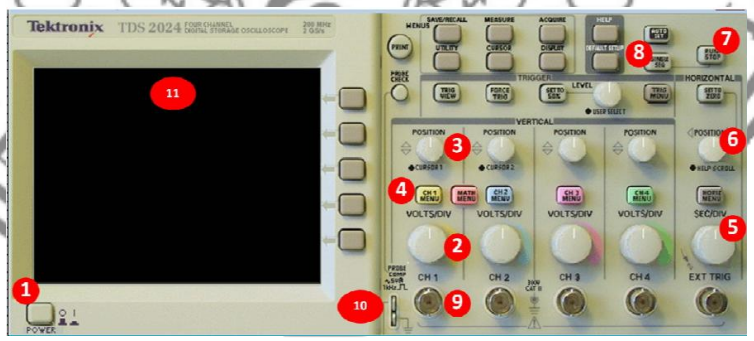
ซึ่งออสซิลโลสโคปดิจิทัลยังสามารถแบ่งออกได้เป็น ออสซิลโลสโคปเก็บข้อมูลดิจิทัล (Digital Storage Oscilloscopes - DSOs) ออสซิลโลสโคปฟอสฟอรัสดิจิทัล (Digital Phosphor Oscilloscopes - DPOs) ออสซิลโลสโคปสัญญาณผสม (Mixed Signal Oscilloscopes - MSOs) และออสซิลโลสโคปตัวอย่างดิจิทัล (Digital Sampling Oscilloscopes)

ในปัจจุบัน ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถแสดงสัญญาณภายในช่วงความถี่ที่รองรับได้อย่างมีเสถียรภาพ ความสว่าง และความชัดเจนสำหรับสัญญาณที่เกิดซ้ำ แบนด์วิดท์ของออสซิลโลสโคปจะขึ้นอยู่กับแบนด์วิดท์ของวงจรแอนะล็อกด้านหน้า โดยมีจุดอ้างอิงคือ –3 dB ขณะที่การตรวจวัดสัญญาณที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวหรือมีความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น พัลส์หรือสเต็ป ความสามารถในการแสดงสัญญาณจะขึ้นอยู่กับอัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sample Rate) ของออสซิลโลสโคป ซึ่งมีผลต่อความละเอียดและความแม่นยำของข้อมูลที่แสดงผลบนหน้าจอ

ในการพัฒนาชุดทดลองวงจรพัลส์ ผู้วิจัยเลือกใช้ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการตรวจวัดและวิเคราะห์สัญญาณพัลส์ ทำให้สามารถแสดงผลสัญญาณที่เกิดขึ้นได้อย่างแม่นยำ ชัดเจน นอกจากนี้ ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลยังรองรับการแสดงผลสัญญาณในช่วงความถี่ที่กว้าง ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในการทดลอง ที่ต้องการความถูกต้องในการวิเคราะห์คลื่นสัญญาณ เพื่อประเมินความเข้าใจและสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.1.2 การใช้งานออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปที่ใช้อธิบายการใช้งาน คือ Tektronix TDS2024 เป็นออสซิลโลสโคปแบบดิจิตอล วัดได้ 4 แชนแนล ใช้มากสำหรับห้องปฏิบัติการทั่วไป มีปุ่มปรับและส่วนประกอบที่ใช้งานบ่อยๆ ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ออสซิลโลสโคป Tektronix TDS2024

ที่มา : https://shorturl.asia/UzNtf

ปุ่ม (1) POWER คือ ปุ่ม เปิด ปิด เครื่องมือวัดเมื่อกดเปิดหน้าจอภาพจะแสดงตารางกริดและด้านขวาของหน้าจอภาพจะมีปุ่ม ควบคุมช่องวัด chanel1 และด้านล่างจะ แสดงค่า Volts/Div =1V, Time/Div=2mS

ปุ่ม (2) (3) (4) ปุ่ม (2) คือปุ่ม VOLT/DIV ปรับขนาดของสเกลวัดแรงดันได้ตั้งแต่ 2mV-100V/Div ปุ่ม (3) POSITION ใช้ปรับระดับของเส้นอ้างอิง(เส้นศูนย์โวลต์ของสัญญาณ หรือ GND) ปรับขึ้นหรือลงได้ ปุ่ม (4) คือ ปุ่มเลือกเมนูใช้งานของแชนแนลที่ 1 สำหรับออสซิลโลสโคป 4 แชนแนล จะมีปุ่ม เมนูนี้จำนวน 4 ปุ่ม

(12) คือ สายวัดหรือสายโปรบ(Probe) ใช้วัดสัญญาณจากวงจรต่างๆ โดยต่อเข้าด้วยปลั๊กชนิด BNC ที่ปลายสายโปรบเข้าที่จุด A หรือ B หรือ C หรือ D ตามที่ต้องการ สำหรับออสซิลโลสโคปรุ่นนี้วัดพร้อมกันได้ 4 แชนแนล

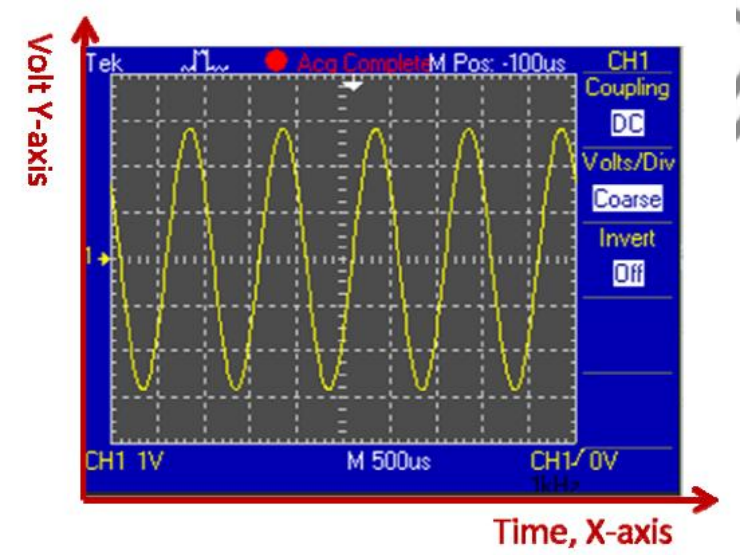
ปุ่ม (5) (6) คือ ปุ่ม (5) TIME/DIV ใช้ปรับขนาดของสเกลวัดเวลาปรับได้ ตั้งแต่ 2.5nS-50S/Div ปุ่ม (6) POSITION ใช้ปรับระดับของเส้นอ้างอิงแกนเวลา (แกน X ของสัญญาณ) ปรับให้เลื่อนทางซ้ายหรือขวาได้

ปุ่ม (7) ใช้กดเลือกให้สัญญาณหยุดหรือวิ่ง

ปุ่ม (8) ใช้กดเลือกให้สัญญาณแสดงผลเพียงหนึ่งจอภาพแล้วหยุดหรือแสดงต่อเนื่อง

ปุ่ม (10) คือ ใช้สำหรับสอบเทียบสายโพรปที่จะนำมาใช้วัดว่ามีความถูกต้องหรือไม่ โดยการกดปุ่มชดเชยสัญญาณ (Probe check) เมื่อทำการสอบเทียบสายโปรบจะต้องต่อสายเข้าที่ปลั๊ก BNC แชนแนล 1 และใช้ปลายสายวัดคีบเข้าที่จุดที่ 10 ก่อนที่จะทำการสอบเทียบ

ภาพที่ 2.6 แสดงรูปคลื่นไซน์บนจอภาพ ออสซิลโลสโคป Tektronix TDS2024 แสดง แกน X คือ แกน Volts และแกน Y เป็ นแกน Times

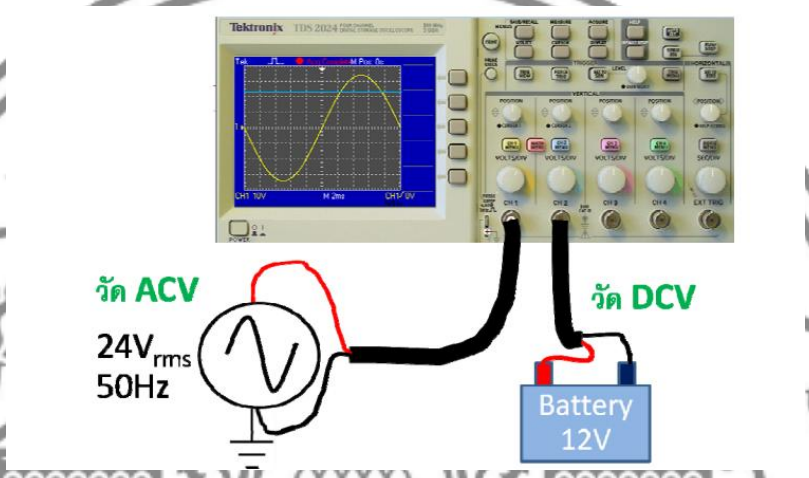


ภาพที่ 2.6 จอภาพออสซิลโลสโคป Tektronix TDS2024

ที่มา : https://shorturl.asia/UzNtf

(1) การวัดแรงดันไฟฟ้าและความถี่

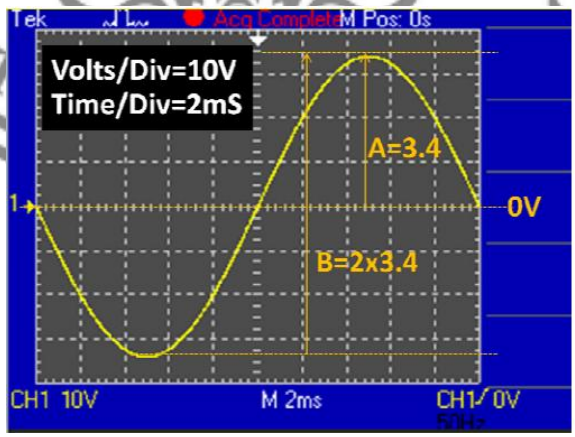
การวัดแรงดันไฟฟ้าโดยออสซิลโลสโคป ต่อวัดได้ดังภาพที่ 2.7 เป็นการวัดรูปคลื่นแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 24 Vrms ความถี่ 50 Hz โดยใช้แชนแนล 1 วัดรูปคลื่น AC และใช้แชนแนล 2 วัดแรงดัน DC ค่า 12V จากแบตเตอรี่



ภาพที่ 2.7 การวัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าโดยออสซิลโลสโคป

ที่มา : https://shorturl.asia/UzNtf

การอ่านค่าแรงดัน AC ที่วัดได้ให้สักเกตจากการปรับตั้งแกน X-Y จากภาพที่ 2.8 ตั้งแกน Y (Volts/Div = 10V) และตั้งแกน X (Times/Div = 2mS)



ภาพที่ 2.8 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า เอ.ซี.

ที่มา : https://shorturl.asia/UzNtf

ค่าแรงดันที่ออสซิลโลสโคปอ่านได้คือ ค่า V_P และค่า V_{P-P} แต่ค่าแรงดัน Vrms นั้น จะวัดไม่ได้ (วัดได้ด้วยโวลต์มิเตอร์เอ.ซี.) แต่สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

V_P = Peak voltage ค่าแรงดันที่ยอดคลื่นเทียบกับจุดดิน (GND)

V_{P-P} = 2 x V_P =Peak to Peak voltage ค่าแรงดันที่ยอดคลื่นทั้งสองด้าน

$V_P = \sqrt{2}$ Vrms

ส่วนค่าความถี่ไฟฟ้า (Frequency, Hz) หากคลื่นที่วัดเป็นไฟสลับ สามารถหาความถี่ได้โดยการอ่านค่าของคาบเวลาจากหน้าจอของออสซิลโลสโคป และนำมาคำนวณหาความถี่ได้ดังนี้คือ F=1/T

T = คาบเวลาของคลื่น 1 ไซเกิล (sec)

F = ความถี่รูปคลื่น (Hz)

2.3.2 เครื่องกำเนิดสัญญาณ (signal Generator)

เครื่องกำเนิดสัญญาณ คือ เครื่องมือวัดและทดสอบชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นตัวให้กำเนิดสัญญาณชนิดต่างๆ ขึ้นมา เช่น สัญญาณไซน์ (Sine wave) สัญญาณสี่เหลี่ยม (Square wave) สัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle wave) และสัญญาณฟันเลื่อย (Sawtooth wave) เป็นต้น ดังภาพที่ 2.9 เพื่อใช้ในการทดสอบปรับแต่งและตรวจซ่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องกำเนิดสัญญาณที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานเรียกชื่อแตกต่างกันตามค่าความถี่และชนิดของสัญญาณที่กำเนิดขึ้นมา ที่พบว่ามีการใช้งานแบ่งออกเป็น 5 ชนิด คือ

1.เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง (Audio Frequency : AF generator)

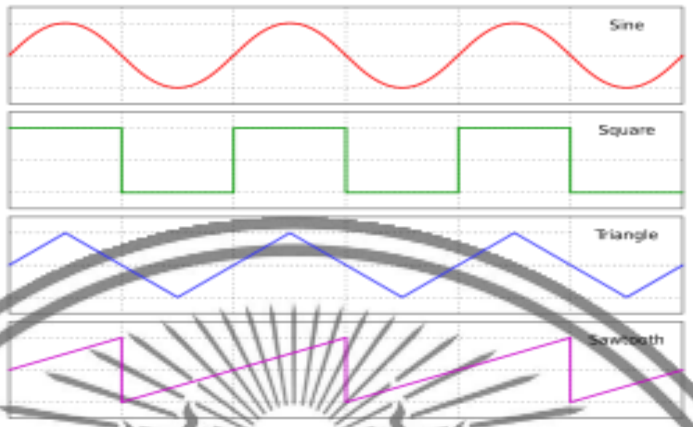
2. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (Radio Frequency : RF generator)

3. ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ (Function generator)

4. พัลซ์เจนเนอร์เรเตอร์ (Pulse generator)

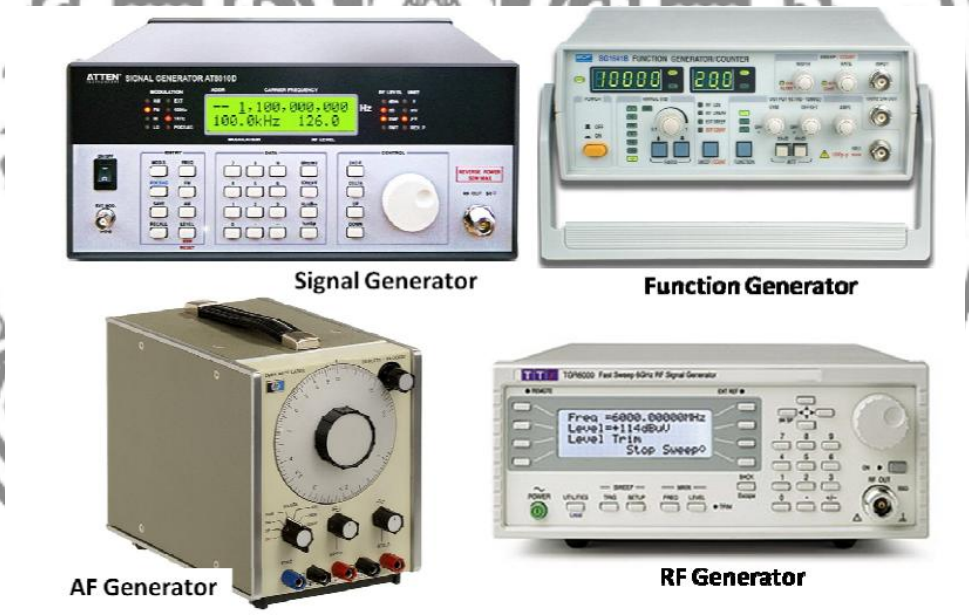
5. สวีฟเจนเนอร์เรเตอร์ (Sweep generator)

ซึ่งเครื่องกำเนิดสัญญาณที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในห้องปฏิบัติการทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คือ ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ (Function Generator) เท่านั้น ลักษณะของเครื่องกำเนิดสัญญาณแบบต่างๆ แสดงดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.9 ลักษณะของรูปคลื่นสัญญาณชนิดต่างๆ

ที่มา : https://shorturl.asia/iULuV



ภาพที่ 2.10 ลักษณะของเครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดต่างๆ

ที่มา : https://shorturl.asia/iULuV

ดังนั้น ในการพัฒนาชุดทดลองวงจรพัลส์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณหลัก เพื่อให้สามารถสร้างสัญญาณพัลส์ได้หลากหลายรูปแบบที่เหมาะสมกับการเรียนรู้และการปฏิบัติงานของผู้เรียน

2.3.2.1 ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ (Function Generator)

ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ คือ เครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดหนึ่ง ที่สร้างสัญญาณทางไฟฟ้าได้หลายรูปแบบ สามารถเลือกชนิดของรูปคลื่นสัญญาณ และสามารถกำหนดขนาดของสัญญาณและความถี่ของสัญญาณได้เพื่อนำไปใช้ในงานการสอบเทียบเครื่องวัด วัดและการทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และวงจรไฟฟ้าแบบต่างๆ

(1) คุณสมบัติของฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ (Function Generator)

ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ (Function Generator) ใช้เป็นเครื่องกำเนิดรูปคลื่นได้หลายรูปคลื่นที่สามารถควบคุมได้ทั้งการปรับแต่งรูปคลื่น ปรับแต่งขนาดและปรับแต่งความถี่ได้ เพื่อใช้เป็นสัญญาณส่งออกไปยังวงจร อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ เพื่อตรวจสอบการทำงาน เพื่อตรวจซ่อม ปรับแต่งหรือเปรียบเทียบค่า โดยใช้สัญญาณที่กำเนิดได้เป็นสัญญาณมาตรฐาน (References Signal) หรือสัญญาณอ้างอิง เครื่องกำเนิดสัญญาณที่ได้มาตรฐานควรมีคุณลักษณะทั่วไปดังต่อไปนี้

1. ความถี่ของสัญญาณที่สร้างขึ้นต้องสามารถปรับค่าได้ในย่านความถี่ที่กว้าง ตั้งแต่ 1Hz- 1MHz เป็นต้น ในความถี่แต่ละค่าจะต้องมีความคงที่และสามารถอ่านค่าได้

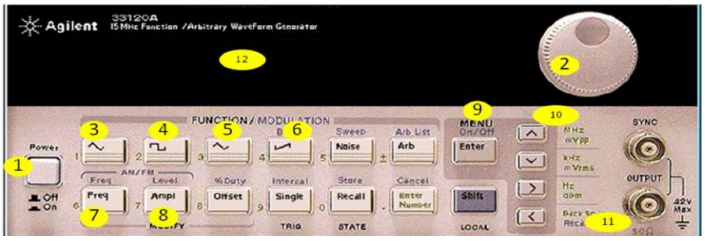
2. สัญญาณที่สร้างขึ้นต้องไม่มีรูปร่างที่ผิดเพี้ยนไปจากมาตรฐาน และไม่มีสัญญาณรบกวนปะปนออกมา

3. สามารถปรับหรือควบคุมขนาด (Amplitude) ของสัญญาณที่สร้างขึ้นได้ตั้งแต่ขนาดต่ำที่สุดจนถึงขนาดที่สูงที่สุด

4. การเลือกรูปสัญญาณ สามารถผลิตรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตได้หลายชนิด เช่น รูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) รูปคลื่นสามเหลี่ยม (Triangular wave) รูปคลื่นฟันเลื่อย (Sawtooth Wave) รูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) และรูปคลื่นพัลส์ (Pulse Wave) เป็นต้น

2.3.2.2 การใช้งานฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ (Function Generator)

ตัวอย่างจากภาพที่ 2.11 เป็นฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ ผลิตภัณฑ์ของ Agilent model 33120A มาใช้ในการอธิบานการทำงาน เป็นฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์แบบดิจิทัลที่ใช้งานง่าย



ภาพที่ 2.11 Function Generator Agilent 33120A

ที่มา : https://shorturl.asia/iULuV

การใช้งานปุ่มควบคุมต่างๆมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปุ่มที่ 1 ปุ่มเปิด ปิด เครื่อง

ปุ่มที่ 2 ปุ่มหมุนเพื่อปรับเพิ่มหรือลดความถี่และขนาดของสัญญาณ

ปุ่มที่ 3 ปุ่มกดเพื่อเลือกกำเนิดคลื่นไซน์

ปุ่มที่ 4 ปุ่มกดเพื่อเลือกกำเนิดคลื่นสี่เหลี่ยม

ปุ่มที่ 5 ปุ่มกดเพื่อเลือกกำเนิดคลื่นสามเหลี่ยม

ปุ่มที่ 6 ปุ่มกดเพื่อเลือกกำเนิดคลื่นฟันเลื่อย

ปุ่มที่ 7 ปุ่มกดเพื่อเลือกปรับความถี่ของสัญญาณ

ปุ่มที่ 8 ปุ่มกดเพื่อเลือกปรับขนาดของสัญญาณ

ปุ่มที่ 9 ปุ่มกดเพื่อเลือกเมนูเพื่อปรับความถี่และขนาดของสัญญาณ

ปุ่มที่ 10 ปุ่มกดเพื่อเพิ่มลดค่าความถี่และขนาดของสัญญาณ

ปุ่มที่ 11 ขั้วต่อสัญญาณออกไปใช้งาน

ปุ่มที่ 12 จอแสดงค่าชนิดความถี่และขนาดของสัญญาณ

2.3.3 วงจรรวมหรือไอซี (Integrated Circuit)

วงจรรวม หรือวงจรเบ็ดเสร็จ หรือไอซี (IC) ย่อมาจาก Integrated Circuit เป็นวงจรที่นำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic) ชนิดต่างๆ ได้แก่ ตัวต้านทาน (Resistor) ตัวเก็บประจุ ไดโอด (Diode) ทรานซิสเตอร์ (Transistor) และองค์ประกอบต่างๆ ของวงจรมาต่อรวมกัน โดยการย่อส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวให้มาอยู่บนแผงวงจรให้ขนาดเล็กลง

ในปัจจุบันแผงวงจรนี้จะทำด้วยแผ่นซิลิคอน (Silicon) บางครั้งอาจเรียก ชิป (Chip) และสร้างองค์ประกอบวงจรต่างๆ ฝังอยู่บนแผ่นผลึกนี้ ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เรียกว่า Monolithic การสร้างองค์ประกอบวงจรบนผิวผลึกนี้ จะใช้กรรมวิธีทางด้านการถ่ายภาพอย่างละเอียดผสมกับขบวนการทางเคมีทำให้ลายวงจรมีความละเอียดสูงมาก สามารถบรรจุองค์ประกอบวงจรได้จำนวนมากภายในไอซี (IC) ซึ่งเป็นผลผลิตจากความก้าวหน้าทางวิศวกรรม จนทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กลง ทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ประหยัดพลังงานและทรัพยากร ในบรรดาวงจรเบ็ดเสร็จที่ซับซ้อนสูง เช่น ไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซึ่งใช้ทำงานควบคุมคอมพิวเตอร์ จนถึงโทรศัพท์มือถือ สำหรับชิป (Chip) หน่วยความจำ (RAM) เป็นอีกประเภทหนึ่งของวงจรเบ็ดเสร็จ ที่มีความสำคัญมากในยุคปัจจุบัน จนทำให้อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว

ไอซี (IC) มี 2 ชนิด คือ ไอซีแบบแอนะล็อก (Analog IC) เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณและควบคุมแรงดันไฟฟ้า ชนิดของไอซีที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ เรียกว่า ออปแอมป์

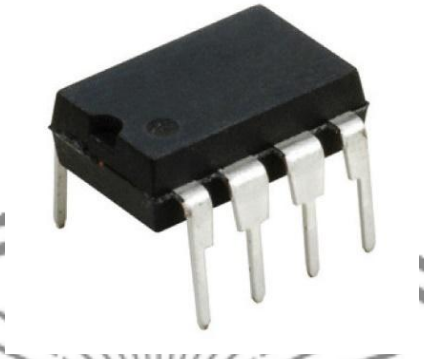
(OP Amp) และอีกชนิดคือไอซีแบบดิจิทัล (Digital IC) เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการสวิตซ์ทางดิจิทัล และไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor)

ภาพที่ 2.12 วงจรรวม (IC)

ที่มา : https://klang-ic.com/assets/upload/1650531104.png

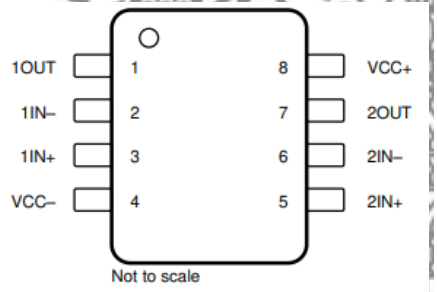
2.3.3.1 ไอซี TL072

อุปกรณ์ในตระกูล TL07xH (ได้แก่ TL071H, TL072H และ TL074H) เป็นเวอร์ชันรุ่นใหม่ของอุปกรณ์มาตรฐานในอุตสาหกรรมที่รู้จักกันดีอย่าง TL07x (TL071, TL072 และ TL074) อุปกรณ์เหล่านี้ให้ความคุ้มค่าสูง เหมาะกับงานที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ โดยมีคุณสมบัติเด่น เช่น ค่าความคลาดเคลื่อนแรงดันต่ำ (Low offset) ประมาณ 1 mV (โดยเฉลี่ย) ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณสูง (High slew rate) ถึง 20 V/µs สามารถรับสัญญาณอินพุตที่มีแรงดันเท่ากับแหล่งจ่ายบวก (common-mode input ถึงแหล่งจ่ายบวก) อีกทั้งยังมีความทนทานสูง ได้แก่ ทนแรงดันไฟฟ้าสถิต (ESD) ได้ถึง 1.5 kV (มาตรฐาน HBM) มีวงจรกรองสัญญาณรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) และคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ในตัว และใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิกว้างตั้งแต่ –40°C ถึง 125°C

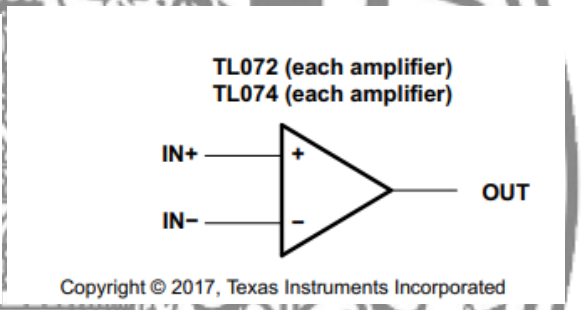


ภาพที่ 2.13 ไอซี TL072

ที่มา : https://pmdway.com/products/tl072-low-noise-twin-jfet-op-amp-ic-10-pack



(ก) ขาต่อใช้งานของไอซี TL072



(ข) สัญลักษณ์ของไอซี TL072

ภาพที่ 2.14 ขาต่อใช้งานและสัญลักษณ์ของไอซี TL072

ที่มา : https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl072.pdf

จากภาพที่ 2.14 (ก) TL072x เป็นวงจรขยายสัญญาณเชิงปฏิบัติการแบบดูอัล (Dual Operational Amplifier) ซึ่งมีขาทั้งหมด 8 ขา โดยแต่ละขามีหน้าที่ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขาต่อใช้งานของไอซี TL072

PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO		
1IN–	2	I	Inverting input
1IN+	3	I	Noninverting input
1OUT	1	O	Output

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

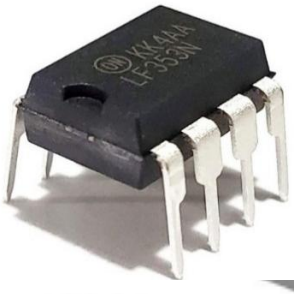
PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NAME		
2IN–	6	I	Inverting input
2IN+	5	I	Noninverting input
2OUT	7	O	Output
VCC–	4	—	Power supply
VCC+	8	—	Power supply

คุณลักษณะเด่นของไอซี TL072 คือ ความเร็วการเปลี่ยนแปลงแรงดันสูง (Slew Rate) 20 V/μs (โดยประมาณ) ค่าความคลาดเคลื่อนแรงดันต่ำ 1 mV (โดยประมาณ) การเปลี่ยนแปลงของแรงดันออฟเซ็ตต่ำ 2 μV/°C ใช้พลังงานต่ำ 940 μA ต่อช่อง (โดยประมาณ) รองรับช่วงแรงดันอินพุตแบบคอมมอนโหมดและดิฟเฟอเรนเชียลได้กว้าง ช่วงแรงดันอินพุตแบบคอมมอนโหมดรวมถึงค่า VCC+ กระแสไบอัสและกระแสออฟเซ็ตอินพุตต่ำ สัญญาณรบกวนต่ำ (V_n = 18 nV/$\sqrt{Hz}$) ที่ความถี่ 1 kHz มีระบบป้องกันเมื่อเอาต์พุตลัดวงจร ค่าความเพี้ยนรวมของฮาร์มอนิกต่ำ 0.003% (โดยประมาณ) และรองรับแรงดันไฟเลี้ยงกว้าง: ±2.25 V ถึง ±20 V หรือ 4.5 V - 40 V

การประยุกต์ใช้งานไอซี TL072 สามารถประยุกต์ใช้งานได้ดังนี้ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์แบบสตริงและแบบรวมศูนย์ ระบบขับมอเตอร์ การควบคุมมอเตอร์ AC, เซอร์โวมอเตอร์ และโมดูลกำลัง เครื่องสำรองไฟฟ้าแบบเฟสเดียว (Online UPS) เครื่องสำรองไฟฟ้าแบบสามเฟส มิกเซอร์ระบบเสียงมืออาชีพ (Pro Audio Mixers) และอุปกรณ์ทดสอบแบตเตอรี่

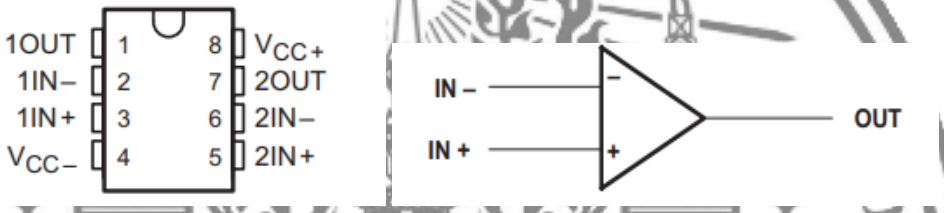
2.3.3.2 ไอซี LF353

LF353 เป็นออปแอมป์ชนิดอินพุต JFET ที่มีต้นทุนต่ำและความเร็วสูง โดยมีแรงดันออฟเซ็ตอินพุตต่ำมาก ใช้กระแสไฟเลี้ยงต่ำแต่ยังคงให้แบนด์วิดท์กว้างและอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดัน (slew rate) สูง อินพุตแบบ JFET ที่ถูกแมตช์และรองรับแรงดันสูงช่วยให้มีกระแสไบแอสอินพุตและกระแสออฟเซ็ตต่ำมาก สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น วงจรอินทิเกรเตอร์ความเร็วสูง วงจรแปลงดิจิทัลเป็นแอนะล็อก (DAC) วงจรตัวอย่างและค้างค่า (Sample-and-Hold) และวงจรความเร็วสูงอื่น ๆ ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน 0°C ถึง 70°C



ภาพที่ 2.15 ไอซี LF353

ที่มา : : https://shorturl.asia/u1l4k



(ก) ขาต่อใช้งานของไอซี LF353 (ข) สัญลักษณ์ของไอซี LF353

ภาพที่ 2.16 ขาต่อใช้งานและสัญลักษณ์ของไอซี LF353

ที่มา : https://shorturl.asia/OsfuS

จากภาพที่ 2.16 (ก) LF353 เป็นออปแอมป์แบบดูอัล (Dual Op-Amp) ซึ่งหมายถึง ใน 1 ตัวมีออปแอมป์อยู่ 2 ตัว โดยมาในแพ็กเกจ 8 ขา โดยแต่ละขามีหน้าที่ตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขาต่อใช้งานของไอซี LF353

PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO		
1OUT	1	O	Output
1IN–	2	I	Inverting input
1IN+	3	I	Noninverting input
VCC–	4	—	Negative supply voltage
2IN+	5	I	Noninverting input
2IN–	6	I	Inverting input
2OUT	7	O	Output
VCC+	8	—	Positive supply voltage

คุณลักษณะเด่นของไอซี LF353 คือ กระแสไบแอสอินพุตต่ำมาก โดยเฉลี่ยเพียง 50 pA กระแสสัญญาณรบกวนอินพุตต่ำมาก โดยเฉลี่ยเพียง 0.01 pA/$\sqrt{\text{HZ}}$ ใช้กระแสไฟเลี้ยงต่ำ โดยเฉลี่ยเพียง 3.6 mA ความต้านทานขาอินพุตสูงมาก โดยเฉลี่ย 10^{12} Ω มีการปรับค่าแรงดันออฟเซ็ตภายใน (ลดค่าความผิดพลาดของแรงดันเริ่มต้น) แบนด์วิดท์ (Gain Bandwidth) โดยเฉลี่ย 3 MHz และอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาต์พุตสูง (Slew Rate) โดยเฉลี่ย 13 V/μs

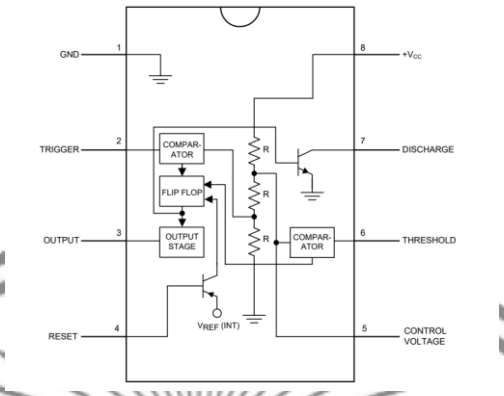
การประยุกต์ใช้งานไอซี LF353 สามารถประยุกต์ใช้งานได้ดังนี้ ระบบรวมมอเตอร์ เช่น เครื่องสำรองไฟฟ้า UPS ระบบขับเคลื่อนและควบคุม เช่น อินเวอร์เตอร์ AC และไดรฟ์แบบความถี่แปรผัน พลังงานทดแทน เช่น อินเวอร์เตอร์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Inverters) อุปกรณ์เสียงระดับมืออาชีพ เช่น มิกเซอร์เสียง (Pro Audio Mixers) และออสซิลโลสโคป (Oscilloscopes)

2.3.3.3 ไอซี LM555

LM555 เป็นอุปกรณ์ที่มีความเสถียรสูง สำหรับการสร้างค่าหน่วงเวลาที่แม่นยำ หรือการกำเนิดสัญญาณออสซิลเลชัน (oscillation) โดยมีขาเพิ่มเติมสำหรับการกระตุ้น (trigger) หรือรีเซ็ต (reset) หากต้องการในโหมดทำงานแบบหน่วงเวลา (time delay mode) เวลาในการทำงานจะถูกควบคุมอย่างแม่นยำด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายนอกเพียงชุดเดียว สำหรับการทำงานที่เสถียรในฐานะออสซิลเลเตอร์ (oscillator) ความถี่และค่าสัดส่วนเวลาทำงาน (duty cycle) แบบอิสระจะถูกควบคุมอย่างแม่นยำด้วยตัวต้านทานภายนอกสองตัว และตัวเก็บประจุหนึ่งตัว วงจรสามารถถูกกระตุ้นและรีเซ็ตด้วยสัญญาณขอบตก (falling waveforms) และวงจรขาออกสามารถจ่ายหรือรับกระแสได้ถึง 200 มิลลิแอมแปร์ หรือใช้ขับวงจร TTL ได้

ภาพที่ 2.17 ไอซี LM555

ที่มา : : https://shorturl.asia/P4gQU



ภาพที่ 2.18 ขาต่อใช้งานไอซี LM555

ที่มา : https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm555.pdf

จากภาพที่ 2.18 LM555 เป็นไอซีที่ใช้สำหรับสร้างสัญญาณเวลา (Timer) หรือกำเนิดความถี่ (Oscillator) โดยมีขาทั้งหมด 8 ขา โดยแต่ละขามีหน้าที่ตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ขาต่อใช้งานของไอซี LF353

PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO		
5	CTRL (Control Voltage)	I	ปรับค่าความกว้างพัลส์ (มักต่อกับ C = 0.01 µF ไปกราวด์)
7	DISCH (Discharge)	I	ต่อกับตัวต้านทานและคาปาซิเตอร์เพื่อคายประจุ
1	GND (Ground)	O	ขาเชื่อมต่อกราวด์ (0V) ของวงจร
3	OUT (Output)	O	ขาเอาต์พุตของไอซี มีแรงดัน High หรือ Low ตามสถานะ
4	RESET	I	ใช้รีเซ็ตการทำงานของ IC โดยการต่อแรงดันต่ำ (Active Low)
6	THRS (Threshold)	I	ตรวจจับแรงดันเมื่อเกิน 2/3 ของ Vcc เพื่อตัดการนับเวลา
2	TRIG (Trigger)	I	ใช้กระตุ้นให้เริ่มการนับเวลาเมื่อแรงดันต่ำกว่า 1/3 ของ Vcc
8	VCC (Power Supply)	I	ขาจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ IC (4.5V ถึง 15V)

คุณลักษณะเด่นของไอซี LM555 คือ ใช้แทน SE555/NE555 ได้โดยตรง ตั้งเวลาตั้งแต่ไมโครวินาทีจนถึงชั่วโมง ทำงานได้ทั้งในโหมด Astable และ Monostable ปรับค่า Duty Cycle ได้ เอาต์พุตสามารถจ่ายกระแสได้ 200 mA เอาต์พุตและแหล่งจ่ายรองรับ TTL ความเสถียรของอุณหภูมิ ดีกว่า 0.005% ต่อ °C มีเอาต์พุตแบบ Normally On และ Normally Off และมีแพ็กเกจ 8-pins แบบ VSSOP

การประยุกต์ใช้งานไอซี LM555 สามารถประยุกต์ใช้งานได้ดังนี้ การตั้งเวลาความแม่นยำสูง การสร้างสัญญาณพัลส์ การตั้งเวลาลำดับ การสร้างดีเลย์เวลา การปรับความกว้างของพัลส์ (Pulse Width Modulation) การปรับตำแหน่งของพัลส์ (Pulse Position Modulation) และการสร้างสัญญาณแบบ Linear Ramp

2.3.4 วงจรพัลส์

เนื้อหาวงจรพัลส์ ที่ใช้เพื่อสอดคล้องกับเนื้อหา ได้แก่ วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า วงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณ วงจรอินทิเกรเตอร์ วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ วงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์ วงจรชมิตทริกเกอร์ วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์ มีรายละเอียดดังภาคผนวก ก และภาคผนวก ฉ

2.4 การออกแบบชุดทดลอง

ในการออกแบบชุดทดลองผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวทางตาม วัลลภ จันทร์ตระกูล (2552, 24 -32) ซึ่งกล่าวไว้ว่า ให้มีการออกแบบอย่างเป็นขั้นตอน มีทางเลือกที่เหมาะสม ทุกชิ้นส่วนสามารถตอบคำถามได้ว่า ทำหน้าที่ (Function) อะไร ทำไมถึงมีรูปร่าง ขนาด อย่างนั้น พยายามใช้ชิ้นส่วนสำเร็จ และให้ชิ้นส่วนสามารถถอดประกอบได้ หลีกเลี่ยงการเชื่อม ให้ใช้นัต สกูร ยึด เพื่อสะดวกต่อการขนย้ายและการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน คำแนะนำนี้จะไม่อยู่บนเงื่อนไขที่ว่า เป็นต้นแบบ เพราะต้นแบบก็สามารถออกแบบให้ดีได้ แนวทางในการออกแบบสร้างชุดทดลองโดยทั่วไปจะมี 2 แบบ คือ การออกแบบสร้างตามแบบนิยม (Conventional design) และแบบระเบียบวิธี (Methodical design) ความแตกต่างของสองแนวทางนี้ คือ แนวทางแรกเป็นการออกแบบในลักษณะที่ปฏิบัติต่อๆ กันมาไม่มีรูปแบบหรือขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นแบบแผนแน่นอน แต่จะออกแบบกันตามความรู้ความเชี่ยวชาญแห่งตน จึงต่างจากแนวทางแบบที่สอง ซึ่งใช้วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ คือ มีขั้นตอนงานที่เด่นชัดแน่นอนเป็นตรรกและสามารถประยุกต์ให้ เหมาะสมกับงานออกแบบสร้างในสาขาต่างๆ ได้ ดังนั้น การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอน ประเภทอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิต

ได้นำหลักวิชาการทางด้านการออกแบบสร้างมาประยุกต์เป็น หลักการที่มีขั้นตอนในการออกแบบสร้างเป็นขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน เป็นขั้นตอนที่ต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตนั้นเกิดความเป็นจริง สำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรจะต้องศึกษาถึงสภาพการณ์ในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลทางด้านวิชาการในเรื่องนั้น ในบางครั้งถ้าหากเรื่องนั้นได้มีการพัฒนาอุปกรณ์มาแล้วโดยผู้อื่น เช่น บริษัทในต่างประเทศ ควรจะศึกษารายละเอียดต่างๆ ด้วย เป็นต้น เมื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ แล้ว จึงนำมาใช้เขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ในลักษณะคำบรรยายแต่จะไม่ระบุรูปร่างลักษณะทางด้านเทคนิคอย่างเฉพาะเจาะจงข้อมูลต่างๆ อาจกล่าวได้ว่าเป็นขอบเขตคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะออกแบบสร้างก็ได้ บางครั้งอาจจะกำหนดเป็นข้อๆ ก็ได้ และสุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง จนกระทั่งได้ผลว่าเกิดความสอดคล้องครอบคลุมตามเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์ จากคำบรรยายคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดขึ้นในข้อ 1 นำมาดำเนินการวิเคราะห์คำบรรยายดังกล่าว เพื่อค้นหาคำพื้นฐาน (Basic term) ซึ่งทำให้ทราบรายการหน้าที่ (Function element) ของอุปกรณ์ และได้กำหนดตัวรายการหน้าที่เป็นกลางทั่วๆ ไป ไม่ระบุเฉพาะเจาะจงว่าต้องใช้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์แบบใดรูปร่างอย่างไร อย่างไรก็ตาม เฉพาะคำพื้นฐานก็อาจจะไม่ได้รายการหน้าที่ครอบคลุมลักษณะของอุปกรณ์ ดังนั้น จึงต้องวิเคราะห์คำประกอบสัมพันธ์ (Relation term) ด้วย

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่ (Function element) เป็นการคิดค้นสิ่งที่จะทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด (Function carrier) ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของวัสดุ (Materials) พลังงาน (Energy) และสัญญาณ (Signal) วิทยาการที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้คือ วิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ทางด้านกลไกล (Mechanic) เคมี ไฟฟ้า แสง เสียง ความร้อน เป็นต้น สิ่งที่จะต้องกำหนดอาจเป็นคำเขียนสั้นๆ หรือภาพสเก็ตช์ง่ายๆ เพื่อจะใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ (Construction element) จะต้องพยายามเขียนกำหนดให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สำหรับเป็นทางเลือกต่างๆ ที่จะทำการตัดสินใจเลือกในลำดับต่อไป แนวทางที่จะได้ทางเลือกต่างๆ คือ การศึกษาพิจารณาในเรื่องลักษณะรูปทรงแบบต่างๆ และลักษณะของการเคลื่อนไหวของส่วนประกอบนั้นๆ อาจจะต้องมีการระดมสมอง (Brain strumming) ร่วมกัน ต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่ แม้กระทั่งผลงานของผู้อื่น (บริษัทคู่แข่ง) ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นควรจะต้องพิจารณาเงื่อนไขบางประการ เช่น การใช้ชิ้นส่วนสำเร็จความยากง่ายในการผลิตและค่าใช้จ่าย เป็นต้น นอกจากนั้นควรจะให้ชิ้นส่วนประกอบบางชิ้นทำหน้าที่ได้หลายๆ หน้าที่ด้วย สิ่งสำคัญยิ่งในจุดนี้ คือ การพยายามใช้ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์บางอย่าง ซึ่งมีอยู่หรือได้พัฒนามาแล้ว

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ เป็นขั้นตอนที่ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากทางเลือกต่างๆ โดยการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือก ซึ่งมีวิธีการที่แตกต่างออกไป การตัดสินใจเลือกสิ่งสำคัญคือ แนวทางหรือมาตรการในการตัดสินใจเลือกเกณฑ์ โดยทั่วไปเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น ส่วนน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ก็แตกต่างกันไปตามแต่ความสำคัญหรือจะเน้นหนักในเรื่องใด เช่น จะเน้นทางด้านเทคนิคหรือด้านเศรษฐศาสตร์ การตัดสินใจเลือกจะต้องมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือในการตัดสินใจเลือก จึงควรประกอบด้วยบุคคลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดการ เป็นต้น การพัฒนาอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะประกอบต่างๆ จำนวนมาก อาจต้องทำการตัดสินใจเลือกถึงสองขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นแรกตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบแต่ละชิ้น ขั้นที่สองจะต้องวิเคราะห์ความเข้ากันได้หรือประกอบกันได้ของชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้เลือกมา แล้วจึงทำการตัดสินใจเลือกชุดประกอบย่อยๆ แต่ละชุด

ขั้นตอนที่ 5 สร้างต้นแบบและตรวจสอบ จากผลลัพธ์การตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบในข้อ 4 จะต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบโดยคร่าวๆ หรือเป็นแบบงานง่ายๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างเป็นต้นแบบ ในบางครั้งขั้นตอนนี้อาจจะต้องมีการประลองหรือทดลองกลไกหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบความสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการ และจะทำให้ได้ข้อมูลด้านขนาด ระยะ รูปร่างของอุปกรณ์ ทางด้านอุปกรณ์ต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางด้านเทคนิค ค้นหาข้อมูล (data) บางอย่าง เพื่อทำให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามต้องการ นอกจากนั้นก็จะศึกษาพิจารณาเรื่องแนวทางการผลิตต่อไป รวมทั้งกฎความปลอดภัยต่างๆ ด้วย ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการตรวจสอบจะนำไปใช้ประกอบในการเขียนเอกสารประกอบของอุปกรณ์

ขั้นตอนที่ 6 เขียนแบบงาน ในกรณีที่พัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์เพียงชิ้นเดียว งานเขียนแบบอาจไม่จำเป็น แต่ถ้าหากจะทำการผลิตหรือต้องการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการดำเนินงานต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับการดำเนินการผลิต ดังนั้น แบบงานอุปกรณ์จะต้องมีแบบแยกชิ้นจนเป็นชิ้นเดียวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วนสำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ เช่น ขนาด พิกัดความเผื่อ วัสดุ เป็นต้น นอกจากนั้นต้องมีข้อมูลหมายเลขชิ้นส่วนทั้งที่จะต้องสร้างขึ้นใหม่และชิ้นส่วนมาตรฐาน ดังนั้น งานเขียนแบบจึงต้องมีการกำหนดระบบเลขหมายแบบ ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อยและแบบชิ้นเดียว ระบบในงานเขียนแบบมีความสำคัญต่อการคำนวณราคา การวางแผนการผลิต และการเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนและวัสดุของหน่วยงาน

ขั้นตอนที่ 7 การเตรียมเอกสารประกอบอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรจะต้องจัดเตรียมเอกสารประกอบ และคู่มือการใช้งาน เพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัยและ

สอดคล้องตามจุดประสงค์ ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนจะต้องเตรียมเอกสารประกอบสำหรับใช้ในงานสอนจากในขั้นตอนที่ 5 คือ การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ จะได้รับข้อมูลส่วนหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการจัดเตรียมเอกสารประกอบและในภายหลังเมื่อได้ผลิตออกมาเป็นอุปกรณ์จริงๆ แล้วก็จะต้องนำมาหาข้อมูลต่างๆ ต่อไปอีก เอกสารประกอบที่จะต้องจัดเตรียม อาจจะกำหนดให้มีในลักษณะต่างๆ กัน ตามแต่ความมุ่งหมายของงาน โดยอาจจำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ คู่มือแนะนำการใช้งาน (Instruction sheet) เอกสารประกอบในการศึกษาทดลอง (ตำรา ใบงาน แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ใบเฉลยของผู้สอน และผู้เรียน เป็นต้น) Catalog และใบเอกสารเสนอลูกค้า (Prospect) ผู้ออกแบบสร้างอาจจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้จัดเตรียมเอกสาร แต่ในบางกรณีก็อาจจะต้องตั้งเป็นทีมงานหรือให้ผู้เชี่ยวชาญภายนอกเป็นฝ่ายพัฒนาขึ้นมา ผลงานที่ได้ดำเนินงานในขั้นตอนงานที่ 7 สามารถจะดำเนินการผลิตอุปกรณ์ในลักษณะการผลิตจำนวนมาก (Mass production) ได้โดยที่การเตรียมเอกสารประกอบก็ดำเนินการควบคู่กันไป

2.5 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556: 6-19) กล่าวไว้ว่า การผลิตสื่อหรือชุดการสอนนั้นก่อนนำไปใช้จริงจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูว่าสื่อหรือชุดการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์หรือไม่ และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนในระดับใด ดังนั้น ผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นต้องจะนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพเรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ

2.5.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

2.5.1.1 ความหมายของประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงาน เพื่อให้งานมีความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายาม และค่าใช้จ่ายคุ้มค่าที่สุดตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นอัตราส่วนหรือ ร้อยละระหว่างปัจจัยนำเข้ากระบวนการและผลลัพธ์ (Ratio Between Input, Process and Output) ประสิทธิภาพเน้นการดำเนินการ ที่ถูกต้องหรือกระทำสิ่งใดๆ อย่างถูกวิธี (Doing the Thing Right)

2.5.1.2 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน จึงหมายถึง การหาคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอน โดยพิจารณาตามขั้นตอนของการพัฒนาสื่อหรือชุดการสอนแต่ละขั้นตรงกับภาษาอังกฤษว่า “Developmental Testing” คือ การทดสอบคุณภาพตามพัฒนาการของการผลิตสื่อ หรือชุดการสอนตามลำดับขั้น เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของต้นแบบชิ้นงานให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี

2.5.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น

เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้น เป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2.5.1.4 การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง

การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ ทดสอบประสิทธิภาพใช้และปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วยทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษาเป็นอย่างน้อย เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การทดสอบประสิทธิภาพทั้งสองขั้นตอน จะต้องผ่านการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา (Research and Development-R&D) โดยต้องดำเนินการวิจัยในขั้นทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นและอาจทดสอบประสิทธิภาพซ้ำในขั้นทดสอบประสิทธิภาพใช้จริง

2.5.2 ความจำเป็นที่จะต้องหาประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนมีความจำเป็นด้วยเหตุผล 3 ประการ ดังนี้

2.5.2.1 สำหรับหน่วยงานผลิตสื่อหรือชุดการสอน

การทดสอบประสิทธิภาพช่วยประกันคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูงเหมาะสมที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนแล้วเมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ดีก็จะต้องผลิตหรือทำขึ้นใหม่เป็นการสิ้นเปลือง ทั้งเวลา แรงงาน และเงินทอง

2.5.2.2 สำหรับผู้ใช้สื่อหรือชุดการสอน

สื่อหรือชุดการสอนที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพ จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ดีในการสร้างสภาพการเรียนให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง บางครั้งชุดการสอนต้องช่วยครูสอน ดังนั้นก่อนนำสื่อหรือชุดการสอนไปใช้ ครูจึงควรมั่นใจว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนจริง การทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้สื่อหรือชุดการสอนที่มีคุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.5.2.3 สำหรับผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอน

การทดสอบประสิทธิภาพทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่า เนื้อหาสาระที่บรรจุลงในสื่อหรือชุดการสอนมีความเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงสมอง แรงงาน เวลาและเงินทองในการเตรียมต้นแบบ

2.5.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

2.5.3.1 ความหมายของเกณฑ์ (Criterion)

เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่าสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียว เพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

2.5.3.2 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ

ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 = Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_2 = Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

(1) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบ

กิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่มและรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

(2) ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่ ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

2.5.4 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ กระทำได้ 2 วิธี คือ โดยใช้สูตร

สูตรที่ 1

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{X}}{A} \times 100 \qquad \textbf{(2.1)}$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกหัดปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียน ทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน

N คือ จำนวนผู้เรียน

สูตรที่ 2

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \qquad \textbf{(2.2)}$$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย ประกอบด้วย ผลการสอบหลังเรียนและคะแนนประเมินงานสุดท้าย

N คือ จำนวนผู้เรียน

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หลังจากคำนวณหาค่า E_1 และ E_2 ได้แล้วผู้หาประสิทธิภาพต้องตีความหมายของผลลัพธ์ โดยให้มีความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ได้ไม่เกิน 0.05 (ร้อยละ 5) จากช่วงสูงไปต่ำ = $\pm$ 2.5 นั่นคือให้ผลลัพธ์ของค่า E_1 หรือ E_2 ที่ถือว่า เป็นไปตามเกณฑ์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% และ สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5%

2.5.5 การเลือกนักเรียนมาทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลอง

นักเรียนที่ผู้สอนจะเลือกมาทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน ควรเป็นตัวแทนของนักเรียนที่เราจะนำสื่อหรือชุดการสอนนั้นไปใช้ ดังนั้นจึงควรพิจารณาประเด็นต่อไปนี้

2.5.5.1 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1 : 1)

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพ ครู 1 คน ต่อเด็ก 1-3 คน ให้ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนเสียก่อน ทำการปรับปรุงแล้วนำไปทดสอบ ประสิทธิภาพกับเด็กปานกลาง และนำไปทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กเก่ง อย่างไรก็ตามหากเวลาไม่อำนวยและสภาพการณ์ไม่เหมาะสม ก็ให้ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนหรือเด็กปานกลางโดยไม่ต้องทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กเก่งก็ได้แต่การทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กทั้งสามระดับจะเป็นการสะท้อนธรรมชาติการเรียนที่แท้จริง ที่เด็กเก่งกลาง อ่อนจะได้ช่วยเหลือกัน เพราะเด็กอ่อนบางคนอาจจะเก่งในเรื่องที่เด็กเก่งทำไม่ได้

2.5.5.2 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1 : 10)

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ครู 1 คนทดสอบประสิทธิภาพกับเด็ก 6–12 คน โดยให้มีผู้เรียนคละกันทั้งเด็กเก่ง ปานกลาง เด็กอ่อน ห้ามทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนล้วน หรือเด็กเก่งล้วน ขณะทำการทดสอบประสิทธิภาพ ผู้สอนจะต้องจับเวลาด้วยว่ากิจกรรมแต่ละกลุ่มใช้เวลาเท่าไร ทั้งนี้เพื่อให้ทุกกลุ่มกิจกรรมใช้เวลาใกล้เคียงกัน

2.5.5.3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1 : 100)

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ครู 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียนทั้งชั้น (ปกติให้ใช้กับผู้เรียน 30 คน แต่ในสถานศึกษาขนาดเล็กอนุโลมให้ใช้กับผู้เรียน 15 คนขึ้นไป) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน หลังจากทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้วให้ประเมินการเรียนจากกระบวนการคือกิจกรรมหรือภาระกิจและงานที่มอบหมายให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำมาหาประสิทธิภาพ

2.6 สมรรถนะ (Competency)

สก็อต บี พารี (Scott B. Parry) นิยามคำว่าสมรรถนะว่าคือ กลุ่มของความรู้ (knowledge) ทักษะ (skills) และคุณลักษณะ (attributes) ที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งมีผลกระทบต่องานหลักของตำแหน่งงานหนึ่งๆ โดยกลุ่มความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะดังกล่าว สัมพันธ์กับผลงานของตำแหน่งงานนั้นๆ และสามารถวัดผลเทียบกับมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับและเป็นสิ่งที่สามารถเสริมสร้างขึ้นได้ โดยผ่านการฝึกอบรมและการพัฒนา (สุกัญญา รัศมีธรรมโชติ 2004 : 48)

แมคเคิลแลนด์ กล่าวว่า สมรรถนะคือ บุคลิกลักษณะที่ซ่อนอยู่ภายในปัจเจกบุคคล ซึ่งสามารถผลักดันให้ปัจเจกบุคคลนั้นสร้างผลการปฏิบัติงานที่ดีหรือตามเกณฑ์ที่กำหนดในงานที่ตนรับผิดชอบ

อานนท์ ศักดิ์วรวิชญ์ (2547 : 61) ได้สรุปคำนิยามของสมรรถนะไว้ว่า สมรรถนะ คือ คุณลักษณะของบุคคล ซึ่งได้แก่ ความรู้ ทักษะ ความสามารถและคุณสมบัติต่างๆ อันได้แก่ ค่านิยม จริยธรรม บุคลิกภาพ คุณลักษณะทางกายภาพและอื่นๆ ซึ่งจำเป็นและสอดคล้องกับความเหมาะสมกับองค์การ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องสามารถจำแนกได้ว่าผู้ที่จะประสบความสำเร็จในการทำงานได้ต้องมีคุณลักษณะเด่นๆ อะไรหรือลักษณะสำคัญๆ อะไรบ้างหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ สาเหตุที่ทำงานแล้วไม่ประสบความสำเร็จเพราะขาดคุณลักษณะบางประการคืออะไร เป็นต้น

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (ก.พ.) กล่าวว่า “สมรรถนะ คือ คุณลักษณะเชิงพฤติกรรมที่เป็นผลมาจากความรู้ ทักษะ ความสามารถและคุณลักษณะอื่นๆ ที่ทำให้บุคคลสามารถสร้างผลงานได้โดดเด่นกว่าเพื่อนร่วมงานอื่นๆ ในองค์กร” กล่าวคือ การที่บุคคลจะแสดงสมรรถนะใดสมรรถนะหนึ่งได้มักจะต้องมีองค์ประกอบของทั้งความรู้ ทักษะ ความสามารถ และคุณลักษณะอื่นๆ ตัวอย่างเช่น สมรรถนะการบริการที่ดี ซึ่งอธิบายว่า “สามารถให้บริการที่ผู้รับบริการต้องการได้” นั้น หากขาดองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ความรู้ในงานหรือทักษะที่เกี่ยวข้อง เช่น อาจต้องหาข้อมูลจากคอมพิวเตอร์และคุณลักษณะของบุคคลที่เป็นคนใจเย็น อดทน ชอบช่วยเหลือผู้อื่น แล้วบุคคลก็ไม่อาจจะแสดงสมรรถนะของการบริการที่ดีด้วยการให้บริการที่ผู้รับบริการต้องการได้ จากที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า สมรรถนะจึงเป็น ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่จำเป็นของบุคคลใน การทำงานให้ประสบความสำเร็จ มีผลงานได้ตามเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดหรือสูงกว่า

2.6.1 การประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง (Authentic Assessment of Competency)

สามัตถิยะ (Competence) หมายถึง ทักษะ ความสามารถของบุคคลที่นำความรู้ ความเข้าใจ มาแสดงออกหรือกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งได้ถึงระดับมาตรฐานที่กำหนด (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555)

สมรรถนะ (Competency) หมายถึง คุณลักษณะและพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความสามารถความชำนาญในการใช้ความรู้ ความเข้าใจและทักษะที่มีอยู่อย่างเชี่ยวชาญ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555)

การประเมิน (Assessment) หมายถึง กระบวนการรวบรวมและสังเคราะห์ข้อมูลในรูปของตัวบ่งชี้ หรือการจัดกลุ่มข้อมูล เพื่อการประเมินคุณภาพและมาตรฐานหรืออย่างใดอย่างหนึ่ง บางครั้งอาจจะไม่ได้กำหนดเกณฑ์ประเมินไว้ล่วงหน้า (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555)

การประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) การประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนจากพฤติกรรม กระบวนการทำงาน ผลงาน ในบริบทของการจัดการเรียนรู้ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555)

การประเมินอิงสมรรถนะ (Competency-based assessment) หมายถึง การรวบรวมและสังเคราะห์ข้อมูลตามตัวบ่งชี้เพื่อประเมินความสามารถของผู้เรียนตามมาตรฐานที่กำหนด (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2562)

การประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง (Authentic Assessment of Competency) หมายถึง การประเมินตามสภาพจริงทางด้านทักษะความสามารถของผู้เรียน ที่นำความรู้ ความเข้าใจ รวมทั้งทัศนคติ มาแสดงออกหรือกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งตามระดับมาตรฐานที่กำหนด โดยใช้วิธีการประเมินและแหล่งข้อมูลสำหรับประเมินอย่างหลากหลาย สอดคล้องกับสภาพการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะที่ประเมิน มุ่งเน้นการประเมินเพื่อพัฒนา (assessment for improvement)

การประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง ช่วยทำให้ผู้สอน ผู้บริหารตลอดจนผู้เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา มีสารสนเทศเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะตามที่มาตรฐานหลักสูตรกำหนด (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2562)

2.6.2 ขั้นตอนการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง

1. ผู้เรียนประเมินสมรรถนะของตนเอง เป็นการสร้างการรับรู้สมรรถนะตนเองของผู้เรียนเพื่อสร้างแรงจูงใจภายในสำหรับการมุ่งมั่นพยายามพัฒนาสมรรถนะของตนเองในอนาคต อีกทั้งเป็นการกระตุ้นทักษะการกำหนดเป้าหมายของตนเอง (self - direction)

2. ผู้สอนประเมินสมรรถนะของผู้เรียน เป็นการตรวจสอบสมรรถนะของผู้เรียนที่มีอยู่ในปัจจุบันโดยผู้สอน เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูล (based line data) สำหรับการกำหนดเป้าหมายการพัฒนาสมรรถนะต่อไป

3. ร่วมกันกาหนดเป้าหมายสมรรถนะ เป็นการกำหนดเป้าหมายการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในลักษณะของการเสริมพลังสมรรถนะ (competency empowerment) ของผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีบทบาทหลักในการกำหนดเป้าหมายสมรรถนะที่ต้องการบรรลุ ผู้สอนให้คำชี้แนะแนวทางการกำหนดเป้าหมายให้กับผู้เรียน

4. ร่วมกันพัฒนาให้บรรลุเป้าหมายสมรรถนะ เป็นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะเป็นการบูรณาการไปกับกิจกรรมการเรียนรู้ (competency – based learning) ผู้เรียนมีความมุ่งมั่นพยายามและกระตือรือร้นในการพัฒนาสมรรถนะของตนเอง ผู้สอนมีบทบาทเป็นโค้ช

5. ประเมินความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง เป็นการตรวจสอบความก้าวหน้าทางสมรรถนะของผู้เรียนตามแนวทางการประเมินตามสภาพจริง และนำผลการประเมินมาปรับปรุงกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ตอบสนองความต้องการธรรมชาติของผู้เรียน และระดับสมรรถนะที่มีอยู่ในปัจจุบัน

2.6.3 การออกแบบการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง

การออกแบบการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดสมรรถนะ (ประเมินสมรรถนะอะไร) เป็นการกำหนดสมรรถนะที่ต้องการประเมิน

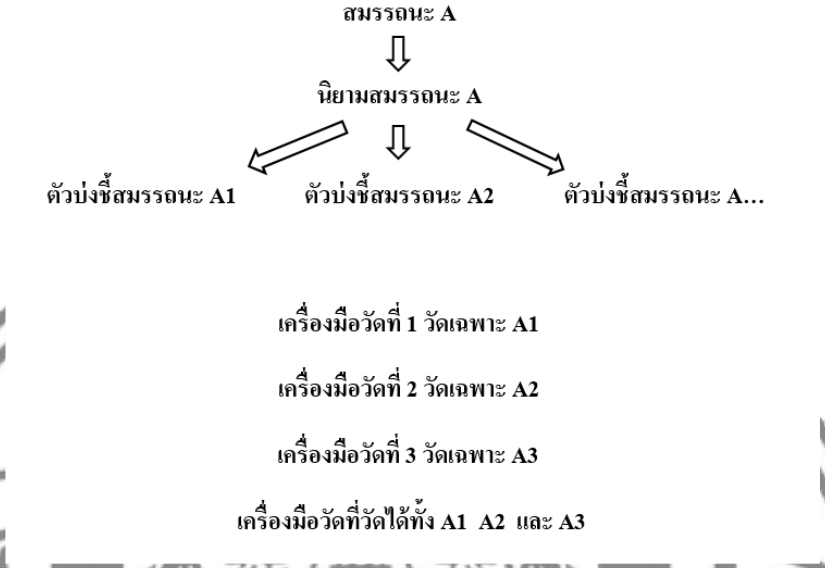
2. นิยามสมรรถนะ (สมรรถนะที่ต้องการประเมินคืออะไร) เป็นการกำหนดความหมายของสมรรถนะที่ต้องการประเมิน

3. กำหนดตัวบ่งชี้สมรรถนะ (มีตัวบ่งชี้สำคัญอะไรบ้าง) เป็นการกำหนดว่าต้องประเมินอะไรบ้างตามสมรรถนะที่กำหนด

4. กำหนดวิธีการประเมิน (ประเมินได้ด้วยวิธีการใด) เป็นการกำหนดวิธีการประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะ

5. สร้างเครื่องมือประเมิน (เครื่องมือเป็นอย่างไร) เป็นการสร้างเครื่องมือประเมินตามตัวชี้วัดที่ต้องการประเมิน

การออกแบบการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริงแสดงแนวคิด ได้ภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2.19 การออกแบบการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง
ที่มา : https://shorturl.asia/GHaAX

2.6.4 คุณลักษณะของการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง

Wiggins (1998) ได้จำแนกคุณลักษณะของการประเมินออกเป็น 4 ลักษณะ คือ

1. การปฏิบัติตามสภาพจริง (Performance in the Field) การประเมินตามสภาพจริงออกแบบขึ้น เพื่อประเมินการปฏิบัติในสภาพจริง เช่น นักเรียนเรียนเรื่องการเขียนก็ต้องเขียนให้ผู้อ่านมิใช่เรียนการเขียนแล้วัดผู้เรียนด้วยเพื่อการให้ทดสอบวัดการสะกดคำ หรือตอบคำถามเกี่ยวกับการเขียน หรือนักเรียนเรียนวิทยาศาสตร์ก็ต้องให้นักเรียนทำการทดลองวิทยาศาสตร์ ทำการค้นคว้าวิจัยหรือทำโครงงานแทนการสอบเพียงความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริงในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามงานที่นักเรียนทำต้องเป็นงานที่สัมพันธ์กับชีวิต ความเป็นจริง ท้าทายสติปัญญาที่ซับซ้อนหรือใช้ความรู้ที่อาศัยทักษะทางอภิปัญญา (Meta-Cognition skills) และต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน ความถนัดและความสนใจของผู้เรียนเพื่อใช้ในการพัฒนาความสามารถและค้นหาจุดเด่นของผู้เรียน

2. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน (Criteria) เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินต้องเป็นการประเมิน “แก่นแท้” (Essentials) ของการปฏิบัติมากกว่าเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่สร้างขึ้นจากผู้หนึ่งผู้ใดโดยเฉพาะเกณฑ์ที่เป็นแก่นแท้นี้เป็นเกณฑ์ที่เปิดเผยและรับรู้กันอยู่ในโลกของความเป็นจริงของทั้งตัวนักเรียนเองและผู้อื่น ไม่ใช่เป็นเกณฑ์ที่เป็นความลับปกปิด อย่างที่เป็นการประเมินแบบดั่งเดิมที่ใช้อยู่การที่ให้นักเรียนรู้ตัวว่า ต้องทำอะไรและมีเกณฑ์อย่างไร การเปิดเผยเกณฑ์การประเมินไม่ใช่เป็นการ

“คดโกง” ถ้าภารกิจนั้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับการปฏิบัติจริง แต่ถ้าภารกิจที่ให้ทำเป็นการหาคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว เช่น ข้อสอบแบบเลือกตอบ การเปิดเผยคำตอบก่อนย่อมไม่ควรทำ การประเมินในสภาพจริงที่มีการเปิดเผยเกณฑ์ไว้ก่อนนั้นคือว่า การเรียนของผู้เรียนและการสอนของผู้สอนจะส่งเสริมซึ่งกันและกัน เมื่อครูและนักเรียนต่างรู้ล่วงหน้าว่าการประเมินจะเน้นที่จุดใด ตัวอย่างเช่น รู้ว่าจะวัดความสามารถในการแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนสามารถใช้หลักฐานอ้างอิงในการเชื่อมเรียงความ เพื่อชักจูงให้ผู้อ่านเห็นความสำคัญในหัวข้อที่เขียนเรียงความ กรณนี้ทั้งผู้สอนและผู้เรียนจะได้รู้ว่าจะส่งเสริมซึ่งกันและกันอย่างไร ในแต่ละภารกิจจะมีเกณฑ์ซึ่งระบุถึงมาตรฐานของการปฏิบัติที่แจ่มชัดและโปร่งใส เกณฑ์จะสะท้อนมุมมองที่หลากหลายของภารกิจที่มีความซับซ้อนมากกว่าจะย่นย่อหรือสรุปออกมาให้เห็นเพียงด้านเดียว เนื่องจากเกณฑ์เป็นเรื่องที่นำมาจากการปฏิบัติ เกณฑ์จึงเป็นข้อชี้แนะสำหรับการสอนการเรียน และการประเมินที่สะท้อนให้เห็นเป้าหมายและกระบวนการศึกษาอย่างแจ่มชัด จึงทำให้ครูอยู่ในบทบาทของผู้ฝึก (Coach) และนักเรียนอยู่ในบทบาทของผู้ปฏิบัติ (Performers) พร้อมกับเป็นผู้ประเมินตนเอง (Self-Evaluators)

3. การประเมินตนเอง (Self-Assessment) การประเมินตนเองมีความสำคัญมากต่อการปฏิบัติจริง (Authentic Task) โดยจุดประสงค์ของการประเมินตามสภาพจริง คือ 1) เพื่อช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการประเมินงานของตนเอง โดยเทียบกับวัดมาตรฐานทั่วไปของสาธารณชน (Public Standard) 2) เพื่อปรับปรุงขยับขยายและเปลี่ยนทิศทางการดำเนินงาน 3) เพื่อริเริ่มในการวัดความก้าวหน้าของตนในแบบต่างๆ หรือจุดต่างๆ อย่างที่ไม่มีการวัดเช่นนี้มาก่อน จะเห็นได้ว่าการประเมินตนเอง เป็นการทำงานที่ตนเป็นผู้ชี้ทำตนเอง ปรับปรุงจากแหล่งจูงใจของตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อมนุษย์ในโลกของความเป็นจริง เนื่องจากมาตรฐานการปฏิบัติยึดถือเรื่องความก้าวหน้าเป็นสำคัญ ดังนั้นการทำให้กระบวนการปรับปรุงสิ่งต่างๆ ดียิ่งขึ้นชัดเจนยิ่งขึ้นเหมาะสมมากขึ้น จึงถือเป็นหัวใจของการประเมินตามสภาพจริง เปิดโอกาสให้นักเรียนซึ่งอยู่ในระดับขั้นต้นของการพัฒนาสมรรถภาพ มีโอกาสเห็นรับรู้และได้รับการชมเชยในการพัฒนาตนเอง

4. การนำเสนอผลงาน คุณลักษณะประการหนึ่งของการประเมินตามสภาพจริงนั้น นักเรียนมักได้รับการคาดหวังให้เสนอผลงานด้วยปากเปล่า (Oral Presentation) กิจกรรมการนำเสนอทำให้เกิดการเรียนรู้ที่หยั่งรากลึก เนื่องจากนักเรียนได้สะท้อนความรู้สึกของตนว่ารู้อะไร และนำเสนอผู้อื่นเพื่อให้เข้าใจได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้แน่ใจว่านักเรียนได้เรียนรู้ในหัวข้อนั้นๆ อย่างแท้จริง นอกจากนี้คุณลักษณะของการประเมินผลตามสภาพจริงเช่นนี้ มีประโยชน์ตอบสนองจุดประสงค์ที่สำคัญอีกหลายประการคือ เป็นสัญญาณบ่งบอกว่างานของนักเรียนมีความสำคัญมากพอที่จะให้ผู้อื่นรับรู้และชื่นชมในความสำเร็จด้วยอย่างต่อเนื่อง และเป็นตัวแทนของการบรรลุถึงเป้าหมายในการวัดทางการศึกษาอย่างแท้จริง

2.6.5 ลักษณะสำคัญของการวัดและการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง

ลักษณะสำคัญของการวัดและการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง มีดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2557)

1. การวัดและการประเมินผลจากสภาพจริงมีลักษณะสำคัญ คือ ใช้วิธีการประเมินกระบวนการคิด ที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียน ในด้านของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่า ผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

2. เป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียน เพื่อวินิจฉัยผู้เรียนในส่วนที่ควรส่งเสริมและส่วนที่ควรแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาอย่างเต็มศักยภาพตามความสามารถ ความสนใจและความต้องการของแต่ละบุคคล

3. เป็นการประเมินที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมประเมินผลงานของทั้งตนเองและของเพื่อนร่วมห้อง เพื่อสงเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นตนเอง สามารถพัฒนาข้อมูลได้

4. ข้อมูลที่ประเมินได้จะต้องสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอนและการวางแผนการสอนของผู้สอนว่าสามารถตอบสนองความสามารถ ความสนใจและความต้องการของผู้เรียนแต่ละบุคคลได้หรือไม่

5. ประเมินความสามารถของผู้เรียนในการถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่ชีวิตจริงได้

6. ประเมินด้านต่างๆ ด้วยวิธีที่หลากหลายในสถานการณ์ต่างๆ อย่างต่อเนื่อง

สทิกิน (Stiggins R. J., 2010, pp. 42-45) กล่าวถึงการประเมินตามสภาพจริง เพื่อการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. จัดทำเป้าหมายของการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ชัดเจน และให้ผู้เรียนได้มองเห็นตัวอย่างของงานที่ดีและไม่ดี

2. ให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นระยะๆ อย่างสม่ำเสมอ แนะนำให้ผู้เรียนรู้จักการประเมินตนเองและสร้างเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเอง

3. ออกแบบการสอนให้เน้นเนื้อหาย่อยๆ ทีละเรื่อง แนะนำให้ผู้เรียนแก้ไขปรับปรุงงานหรือผลการเรียนรู้ของตนเอง พร้อมทั้งกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของตนเองและร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น

2.6.5.1 เทคนิควิธีการที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง

การประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง เป็นการกระทำการแสดงออกหลายๆ ด้านของผู้เรียนตามสภาพความเป็นจริงทั้งในและนอกห้องเรียน มีวิธีการประเมินโดยสังเขปดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ,2557, หน้า 184-193)

1. การสังเกต เป็นวิธีการที่ดีมากวิธีหนึ่งในการเก็บข้อมูลพฤติกรรมด้านการใช้ความคิดการปฏิบัติงานและโดยเฉพาะด้านอารมณ์ ความรู้สึก และลักษณะนิสัยสามารถทำได้ทุกเวลาทุกสถานที่ทั้งในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือในสถานการณ์อื่นนอกสถานศึกษา

วิธีการสังเกตทำได้โดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ การสังเกตโดยตั้งใจหรือมีโครงการสร้างหมายถึง ครูกำหนดพฤติกรรมที่ต้องสังเกต ช่วงเวลาสังเกต และวิธีการสังเกต (เช่น สังเกตคนละ 3-5 นาทีเวียนไปเรื่อย ๆ) อีกวิธีหนึ่ง คือ การสังเกตแบบไม่ตั้งใจ หรือไม่มีโครงสร้างซึ่งหมายถึงไม่มีการกำหนดรายการสังเกตไว้ล่วงหน้า ครูอาจมีกระดาษแผ่นเล็กๆ ติดตัวไว้ตลอดเวลาเพื่อบันทึกเมื่อพบพฤติกรรมการแสดงออกที่มีความหมายหรือสะดุดความสนใจของครู การบันทึกอาจทำได้โดยย่อก่อนแล้วขยายความสมบูรณ์ภายหลัง วิธีการสังเกตที่ดีควรใช้ทั้งสองวิธี เพราะการสังเกตโดยตั้งใจ อาจทำให้ละเลยมองข้ามพฤติกรรมที่น่าสนใจแต่ไม่มีในรายการที่กำหนด ส่วนการสังเกตโดยไม่ตั้งใจอาจทำให้ครูขาดความชัดเจนว่าพฤติกรรมใด การแสดงออกใด ที่ควรแก่การสนใจและบันทึกไว้ เป็นต้น ข้อเตือนใจสำหรับการใช้วิธีสังเกต คือต้องสังเกตหลายๆ ครั้งในหลายๆ สถานการณ์ (การเรียนการทำงานตามลำพัง การทำงานกลุ่ม การเล่น การเข้าสังคมกับเพื่อน การวางตัว ฯลฯ) เมื่อมีเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ๆ (2-3 สัปดาห์) จึงนำข้อมูลเหล่านี้มาเพื่อพิจารณาสักครั้งหนึ่ง

เครื่องมืออื่นๆ ที่ใช้ประกอบการสังเกต ได้แก่อแบบตรวจสอบรายการ แบบมาตราส่วนประมาณค่า แบบบันทึกระเบียนสะสม เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้เก็บข้อมูลพฤติกรรมด้านต่างได้ดี เช่น ความคิด (สติปัญญา) ความรู้สึก กระบวนการขั้นตอนในการทำงาน วิธีแก้ปัญหา ฯลฯ อาจใช้ประกอบการสังเกตเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มั่นใจมากยิ่งขึ้น

3. การตรวจงาน เป็นการวัดและประเมินผลที่เน้นการนำผลการประเมินไปใช้ทันทีใน 2 ลักษณะ คือ เพื่อการช่วยเหลือผู้เรียนและเพื่อปรับปรุงการสอนของผู้สอน จึงเป็นการประเมินที่ควรดำเนินการตลอดเวลา เช่น การตรวจแบบฝึกหัด ผลงานภาคปฏิบัติ โครงการ/โครงงานต่าง ๆ เป็นต้น งานเหล่านี้ควรมีลักษณะที่ผู้สอนสามารถประเมินพฤติกรรมระดับสูงของผู้เรียนได้ เช่น แบบฝึกหัดที่เน้นการเขียนตอบ เรียบเรียง สร้างสรรค์ (ไม่ใช้แบบฝึกหัดที่เลียนแบบข้อสอบเลือกตอบซึ่งมักประเมินได้เพียงความรู้ความจำ) งานโครงการ โครงงาน ที่เน้นความคิดขั้นสูงในการวางแผนจัดการดำเนินการและแก้ปัญหาสิ่งที่ควรประเมินควบคู่ไปด้วยเสมอในการตรวจงาน (ทั้งงานเขียนตอบและปฏิบัติ) คือ ลักษณะนิสัยและคุณลักษณะที่ดีในการทำงาน

4. การรายงานตนเอง เป็นการให้ผู้เรียนเขียนบรรยายหรือตอบคำถามสั้นๆ หรือตอบแบบสอบถามที่ผู้สอนสร้างขึ้น เพื่อสะท้อนถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งความรู้ ความเข้าใจ วิธีคิด วิธีการทำงาน ความพอใจในผลงาน ความต้องการพัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น

5. การใช้บันทึกจากผู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นการรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียนผลงานของผู้เรียน โดยเฉพาะความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนจากแหล่งต่างๆ เช่น จากเพื่อน ครูอาจารย์ โดยประชุมแลกเปลี่ยนข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน (ประเมินเดือนละครั้ง)

6. การใช้ข้อสอบแบบเน้นการปฏิบัติจริง ในกรณีที่ครูต้องการใช้แบบทดสอบ ขอเสนอแนะให้ใช้แบบทดสอบภาคปฏิบัติที่เน้นการปฏิบัติจริง ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

(6.1) ปัญหาต้องมีความหมายต่อผู้เรียน และมีความสำคัญเพียงพอที่จะแสดงถึงภูมิความรู้ของผู้เรียนในระดับชั้นนั้น ๆ

(6.2) เป็นปัญหาที่เลียนแบบสภาพจริงในชีวิตของนักเรียน

(6.3) แบบสอบต้องครอบคลุมทั้งความสามารถและเนื้อหาตามหลักสูตร

(6.4) ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ ความสามารถ ความคิดหลายๆ ด้านมาผสมผสานและแสดงวิธีคิดได้เป็นขั้นตอนที่ชัดเจน

(6.5) ควรมีคำตอบถูกได้หลายคำตอบ และมีวิธีการหาคำตอบได้หลายวิธี

(6.6) มีเกณฑ์การให้คะแนนตามความสมบูรณ์ของคำตอบอย่างชัดเจน

7. การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมงาน หมายถึง สิ่งที่ใช้สะสมงานของผู้เรียนอย่างมีจุดประสงค์ อาจเป็นแฟ้ม กล่อง แผ่นดิสก์ อัลบั้ม ฯลฯ ที่แสดงให้เห็นถึงความพยายาม ความก้าวหน้า และผลสัมฤทธิ์ในเรื่องนั้นๆ หรือหลายๆ เรื่อง การสะสมนั้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเลือกเนื้อหา เกณฑ์การตัดสิน ซึ่งเป็นหลักฐานการสะท้อนตนเอง

การประเมินผลโดยใช้แฟ้มสะสมงาน เป็นวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ ตามสภาพจริงที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่ง เพราะใช้การประเมินให้ผูกติดอยู่กับการสอน และมีผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอนที่ชัดเจน

2.6.5.2 การให้คะแนนการประเมินสมมรถนะตามสภาพจริง

หลักเกณฑ์และวิธีการให้คะแนนตามแนวทางของการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริงของผู้เรียนทำได้ใน 2 แนวทาง (สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ, 2557, หน้า 12-14) ดังนี้

แนวทางที่ 1 ให้คะแนนในลักษณะภาพรวม เป็นการให้คะแนนในความหมายว่าคะแนนนั้นเป็นตัวแทนความประทับใจในผลงานทั้งหมดรวมทุกด้านแล้ว มักใช้กับเครื่องมือวัดประเมินผลที่เป็น Authentic Test

แนวทางที่ 2 ให้คะแนนในลักษณะวิเคราะห์งานเป็นส่วนย่อย เป็นการแตกย่อยผลสัมฤทธิ์ของงานหนึ่งๆ ออกเป็นหลายๆ ด้าน เพื่อวิเคราะห์ระดับความสำเร็จแต่ละด้านในงานนั้นของผู้เรียน ข้อมูลมีประโยชน์มากต่อการพัฒนาการเรียนการสอน มักใช้ประเมินแฟ้มสะสมผลงาน

ซึ่งการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริงเหมาะกับการใช้กับชุดทดลองวงจรพัลส์ เพราะสามารถวัดทักษะการปฏิบัติจริงของผู้เรียนในการต่อวงจร วิเคราะห์สัญญาณ และแก้ปัญหาได้ตรงตามสภาพการทำงานจริงในสายอาชีพ สอดคล้องกับเป้าหมายของชุดทดลองที่เน้นการเรียนรู้จากการลงมือทำ

2.7 ความพึงพอใจ

2.7.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคลากรมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับ ซับซ้อน จึงเป็นการยากที่จะวัดความพึงพอใจโดยตรง แต่สามารถวัดได้โดยทางอ้อม โดยการวัดความคิดเห็นของบุคคลเหล่านั้น และการแสดงความคิดเห็นนั้นจะต้องตรงกับความรู้สึกที่แท้จริงจึงสามารถวัดความพึงพอใจนั้นได้ โดยคำว่าความพึงพอใจมีผู้ให้ความหมายไว้หลากหลายดังนี้

สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง (2542) กล่าวว่า 1) ความพึงพอใจเป็นผลรวมของความรู้สึกของบุคคลเกี่ยวกับระดับความชอบหรือไม่ชอบต่อสภาพต่างๆ 2) ความพึงพอใจเป็นผลของทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่างๆ 3) ความพึงพอใจในการทำงานเป็นผลมาจากการปฏิบัติงานที่ดีและสำเร็จจนเกิดเป็นความภูมิใจและได้ผลตอบแทนในรูปแบบต่างๆ ตามที่หวังไว้

วัฒนา เพ็ชรวงศ์ (2542) ได้ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึก หรือทัศนคติทางด้านบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลนั้นได้ แต่ทั้งนี้ความพึงพอใจของแต่ละบุคคล ย่อมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ค่านิยมและประสบการณ์ที่ได้รับ

จากการศึกษาความหมายความพึงพอใจ และทัศนะว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกสองแบบของมนุษย์ คือ ความรู้สึกในทางบวกและความรู้สึกในทางลบ ความรู้สึกทางบวกเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความสุข ความรู้สึกทางลบเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความทุกข์หรือความไม่พอใจ โดยแต่ละบุคคลจะมีทัศนคติความพึงพอใจในแต่ละเรื่องไม่เหมือนกัน เนื่องจากหลายสาเหตุ

2.7.2 การวัดความพึงพอใจ

การประเมินความแตกต่างระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริง ดังนั้นการวัดความพึงพอใจจึงเป็นการวัดทัศนคติ หรือความรู้สึกของบุคคล ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

2.7.2.1 แบบสอบถาม

ชุดของข้อคำถามที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อคำถาม สำหรับให้ผู้ตอบตอบโดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตามเงื่อนไขที่กำหนด ข้อมูลที่วัดโดยใช้แบบสอบถามมีได้หลายประการทั้งข้อเท็จจริง ความรู้ ความคิดเห็น และการปฏิบัติ (พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2553) โดยกลุ่มตัวอย่างกรอบความคิดเห็นของตนในแบบสอบถามที่ผู้วิจัยออกแบบเพื่อวัดความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ การวัดความพึงพอใจแบบนี้ คุณภาพของข้อมูลที่ได้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของแบบสอบถาม ผู้วิจัยต้องมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบสอบถาม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้ถูกต้อง ครบถ้วนและตรงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.7.2.2 การสัมภาษณ์

วิธีการสนทนาที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย การสัมภาษณ์มีจุดมุ่งหมายทำนองเดียวกันกับการใช้แบบสอบถาม จึงมีผู้เรียกการสัมภาษณ์ว่าเป็นแบบสอบถามปากเปล่า (Oral questionnaire) แต่มีความแตกต่างกันตรงวิธีการ กล่าวคือ การสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์หรือผู้ถามเป็นฝ่ายซักถามโดยการพูด ผู้ให้สัมภาษณ์หรือผู้ตอบก็ตอบโดยการพูด แล้วผู้สัมภาษณ์เป็นฝ่ายบันทึกคำตอบ ส่วนการใช้แบบสอบถาม ผู้ตอบโดยการเขียนตอบลงในแบบสอบถาม การสัมภาษณ์จะได้ข้อมูลที่ดีหรือไม่เพียงใดขึ้นอยู่กับผู้สัมภาษณ์เป็นสำคัญในการสัมภาษณ์ บางกรณีมีการใช้แบบสัมภาษณ์ช่วยเป็นแนวทางสำหรับผู้สัมภาษณ์ (พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2553) ซึ่งเป็นการวัดความพึงพอใจทางตรง โดยผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์และพูดคุยกับกลุ่มตัวอย่างโดยตรง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง

2.7.2.3 การสังเกต

วิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย โดยการใช้ประสาทสัมผัสของผู้สังเกต แล้วผู้สังเกตเป็นฝ่ายบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ วิธีการสังเกตเหมาะสำหรับการศึกษาปรากฏการณ์และพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น พฤติกรรมการเรียนการสอน (พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2553) การสังเกตนั้นเป็นวิธีการวัดความพึงพอใจอีกวิธีหนึ่งโดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นการพูดจา กริยา ท่าทาง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเวลาค่อนข้างมากและต้องอาศัยการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

โดยการวิจัยในครั้งนี้จะใช้วิธีแบบสอบถามในการวัดความพึงพอใจของนักศึกษา

2.7.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

2.7.3.1 ศึกษาเนื้อหาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ กำหนดหัวข้อแบบประเมินความพึงพอใจ

2.7.3.2 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของ Likert โดยมีระดับความคิดเห็น ดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลระดับความคิดเห็นของ Likert

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.50 – 5.00 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.50 – 4.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.50 – 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.50 – 2.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00 – 1.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

2.7.3.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจไปหาคุณภาพดังนี้

(1) ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นรายข้อของแบบประเมินความพึงพอใจ โดยนำแบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญประเมิน

(2) นำแบบประเมินความพึงพอใจ มาปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง

2.7.3.4 ได้แบบประเมินความพึงพอใจ

ซึ่งนักวิชาการที่ศึกษาเรื่องความพึงพอใจส่วนใหญ่จะใช้วิธีการวัดโดยใช้แบบสอบถาม โดยนำรูปแบบของแบบสอบถามมาจากแบบสอบถามที่มีผู้พัฒนาขึ้นมาเพื่อรวบรวมข้อมูลในการวัดความพึงพอใจที่ได้รับความนิยมและน่าเชื่อถือ ส่วนในงานวิจัยเรื่อง ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ผู้วิจัยได้ใช้มาตรการวัดเจตคติของลิเคิร์ต (Likert scale) ซึ่งเป็นค่ามาตรวัด 5 ระดับ มาใช้ในการประเมินความพึงพอใจ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อภิชาติ พรหมโชติและคณะ (2557: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ชุดปฏิบัติการวงจรพัลสและสวิตชิ่ง วิชาวงจรพัลสและสวิตชิ่ง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง หาคุณภาพ และประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการวงจรพัลสและสวิตชิ่ง สำหรับหลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) 5 ปี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 2 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรพัลสและสวิตชิ่ง รหัสวิชา 105-22-05

จำนวน 17 คน ภาคการศึกษาที่ 2/2557 เครื่องมือที่ใชในการวิจัยประกอบดวย ชุดปฏิบัติการวงจรพัลสและสวิตชิ่ง ใบงานการทดลอง แบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินการปฏิบัติ สถิติที่ใชในการวิเคราะหขอมูลไดแก คาเฉลี่ยเลขคณิต คาสวนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคาประสิทธิภาพ (E1/E2) ผลการการวิจัย พบวา ชุดปฏิบัติการวงจรพัลสและสวิตชิ่ง วิชาวงจรพัลสและสวิตชิ่ง มีคุณภาพดานเนื้อหาและใบงานอยูในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.48, S.D. = 0.14) ดานชุดทดลองอยูในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.42) และมีคาประสิทธิภาพ เทากับ 82.63/81.53 ซึ่งมีเปนไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว คือ ไมนอยกวา 80/80

ชิษณุพงศ์ ศรีวิบูลย์กุล (2565 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม เรื่อง วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม เรื่อง วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า เพื่อหาประสิทธิภาพและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีผลต่อชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม เรื่อง วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคโพธาราม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 30105-2101 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 18 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ชุดทดลองใบเนื้อหา แบบฝึกหัด ใบงาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการประมวลผลการทดลองและวิเคราะห์ มีการใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาค่าประสิทธิภาพชุดทดลองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรเรื่องวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า ตามเกณฑ์มาตรฐาน E1/E2 เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนกับคะแนนหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) การวิเคราะห์ผลความพึงพอใจของผู้เรียนใช้สถิติค่าเฉลี่ยผลการแสดงความพึงพอใจของผู้เรียนใช้สถิติค่าเฉลี่ยร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า การใช้ชุดทดลองประกอบการเรียนการสอนส่งผลให้ผู้เรียนมีผลคะแนนทางด้านการเรียนดี และผู้เรียนมีทักษะความชำนาญทางด้านการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการดีขึ้น โดยประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้นอยู่ที่ร้อยละ 83.89/80.74 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก

สัญญา โพธิ์วงษ์ (2567 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องเสียง บอร์ด SMP 88-96 วิชาเครื่องเสียง รหัสวิชา 20105-2008 โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์

เพื่อ 1) เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพการทำงานชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องเสียง บอร์ด SMP 88-96 2) เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องเสียง บอร์ด SMP 88-96 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องเสียง บอร์ด SMP 88-96 ที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาเครื่องเสียง รหัสวิชา 20105-2008 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชา ช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครนายก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 การเปรียบเทียบผลการเรียนก่อนและหลังเรียน จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 31 คน โดยทำการแบ่งกลุ่ม เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองจำนวน 14 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 17 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายด้วยการจับฉลาก (Simple Random Sampting) ขยายผลงานใช้ซ้ำชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องเสียง บอร์ด SMP 88-96 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 53 คน และภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามระดับความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลหาค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และสถิติทดสอบค่า (t-test) ผลการวิจัยพบว่า ผลการวิเคราะห์ ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องเสียง บอร์ด SMP 88-91 มีค่า ($\bar{X}$ = 4.64,S.D.= 0.58) แปลผลได้ว่าอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด และมีต่อชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องเสียง บอร์ด SMP 92-96 มีค่า ($\bar{X}$ = 4.68,S.D.= 0.49) แปลผลได้ว่าอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านการทำงาน ตรงตามข้อกำหนดโดยคิดเป็นร้อยละ 100 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ 0.05 และผลกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียนและวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนที่ตั้งไว้ 80/80 มีค่าเท่ากับ 82.42/81.90 พบว่า เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด นักเรียนที่ทดสอบสมรรถนะผ่านการทดสอบคิดเป็นร้อยละ 100 ผลการประเมินระดับ ความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องเสียง บอร์ด SMP 88-91 มีค่า ($\bar{X}$ = 4.71,S.D.= 0.47) แปลผลได้ว่าอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด และชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องเสียง บอร์ด SMP 92-96 มีค่า ($\bar{X}$ = 4.74,S.D.= 0.46) แปลผลได้ว่าอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด

พัชรินทร์ สุวรรณบุตร (2567 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองวิชาออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองวิชาออปแอมป์และลิเนียร์ไอซีให้มีคุณภาพ และหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวิชาออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงหลักสูตร พ.ศ.2563 (ปรับปรุง พ.ศ.2565) ชุดทดลองซึ่งประกอบด้วยแผงทดลองและใบงานจำนวน 12 ใบงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี

จำนวน 1 กลุ่ม 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า การวิเคราะห์ข้อมูลโดยคำนวณ $\bar{X}$ และ SD. ผลการวิจัยพบว่า แผงทดลองของชุดทดลองวิชาออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงหลักสูตร พ.ศ.2563 (ปรับปรุงพ.ศ.2565) ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.86, S.D. = 0.27) และคุณภาพของใบงานอยู่ในระดับดีมาก (X = 4.88, S.D. = 0.28) และประสิทธิภาพของชุดทดลอง E1/E2 เท่ากับ 82.95/83.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

พนา เจนจบ (2562 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิต เรื่องวงจรมัลติไวเบรเตอร์ รายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิต เรื่องวงจรมัลติไวเบรเตอร์ รายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียน ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิต เรื่องวงจรมัลติไวเบรเตอร์ รายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิต เรื่องวงจรมัลติไวเบรเตอร์ รายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ประจำภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2560 ทั้งหมด จำนวน 16 คนซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิตที่พัฒนาขึ้น 2) แบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค 4) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิต เรื่องวงจรมัลติไวเบรเตอร์ รายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิต เรื่องวงจรมัลติไวเบรเตอร์ รายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่งที่พัฒนาขึ้น 2) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี และความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคอยู่ในระดับดีมาก 3) นักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิต เรื่องวงจรมัลติไวเบรเตอร์ รายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 และ 4) นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิต เรื่องวงจรมัลติไวเบรเตอร์ รายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่งอยู่ในระดับมาก สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

จากการศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์เป็นกรอบแนวคิดเพื่อใช้ออกแบบชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ให้มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ รวมทั้งเกิดความพึงพอใจของผู้เรียนต่อไป

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค รหัสวิชา 30105 – 2029 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 52 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยในครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ชั้นปีที่ 1 ห้อง 3 กลุ่ม 5 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 13 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบสุ่ม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

3.2.2 ใบงานการทดลองของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

3.2.3 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

3.2.4 แบบประเมินสมรรถนะนักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

3.2.5 แบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือในการวิจัยมีดังนี้

3.3.1 ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

การพัฒนาชุดทดลองวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประกอบด้วย ชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และ ใบงานการทดลอง ดังนี้

3.3.1.1 ชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

ผู้วิจัยได้นำผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงาน โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

(1) ศึกษาทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง จากหนังสือ ตำรา และงานวิจัย เพื่อออกแบบและเลือกส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

(2) นำผลการวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมากำหนดแนวทางการออกแบบชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด เพื่อให้สอดคล้องกับการใบงานการทดลอง โดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(3) ออกแบบและสร้างชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด โดยการกำหนดหน้าที่ของส่วนประกอบของชุดทดลอง พิจารณาปัจจัยที่จะทำให้ส่วนประกอบของชุดทดลองทำงานได้ตามหน้าที่ เลือกส่วนประกอบของชุดทดลองที่เหมาะสม สร้างต้นแบบและตรวจสอบชุดลอง

(4) นำชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบแล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

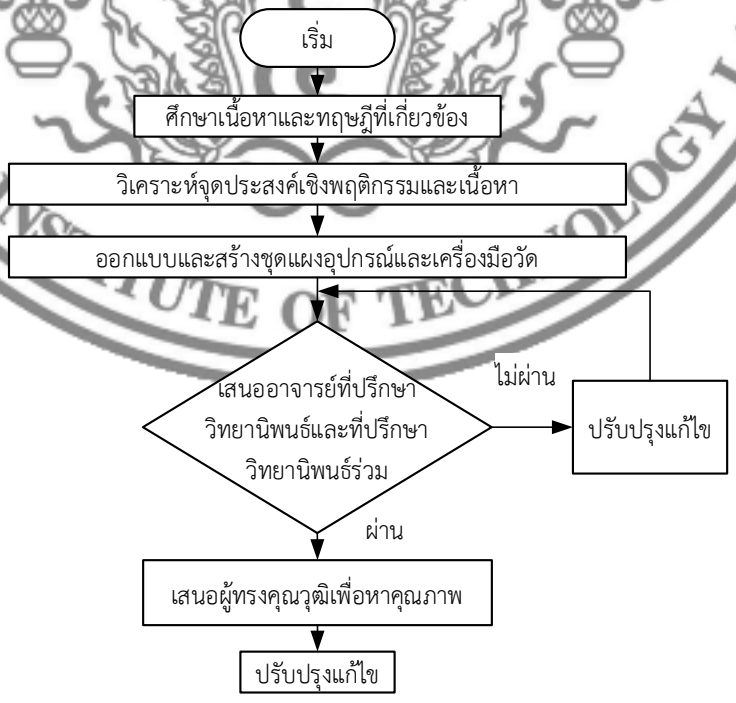
(5) นำชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัดพร้อมใบงานการทดลองเสนอผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินคุณภาพแล้วทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

(6) นำชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัดพร้อมใบงานการทดลองไปใช้กับนักศึกษากลุ่มทดลอง (Try Out) จำนวน 3 คน พร้อมสังเกตข้อบกพร่องขณะที่นักศึกษาใช้งานแล้วทำการปรับปรุงแก้ไข

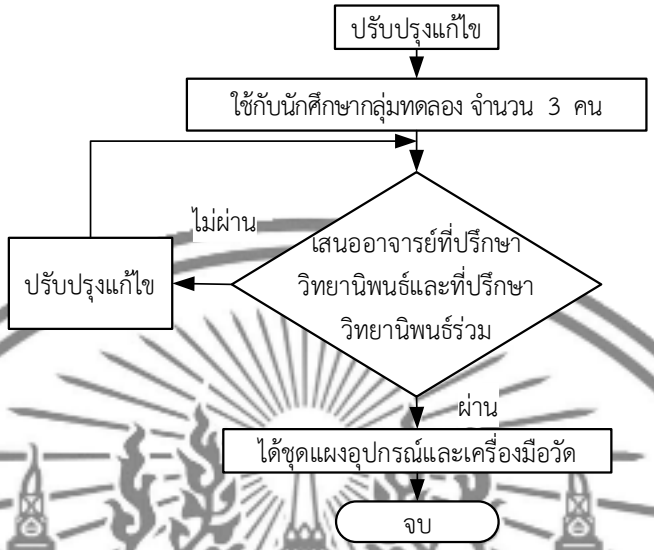
(7) นำชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

(8) ได้ชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ลำดับขั้นตอนการสร้างชุดทดลองวงจรพัลส์ ปรากฏตามภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด



ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

3.3.1.2 ใบงานการทดลอง

การสร้างใบงานการทดลองมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

(1) ศึกษาทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องจากหนังสือ ตำราและงานวิจัย เพื่อออกแบบใบงานการทดลองของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

(2) วิเคราะห์เนื้อหาและกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับการใช้งานชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด โดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(3) ออกแบบและสร้างใบงานการทดลอง โดยประกอบด้วย หัวเรื่องของการทดลอง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เครื่องมือและอุปกรณ์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง/ความรู้พื้นฐาน ลำดับขั้นตอนการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง และการสรุปผลการทดลอง จำนวน 7 ใบงานการทดลองและใบงานแบบทดสอบ

(4) นำใบงานการทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบแล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

(5) นำใบงานการทดลองเสนอผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินคุณภาพใบงานการทดลองแล้วทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

(6) นำไปใช้กับนักศึกษากลุ่มทดลอง (Try Out) จำนวน 3 คน พร้อมสังเกตข้อบกพร่องขณะที่นักศึกษาใช้งานแล้วทำการปรับปรุงแก้ไข

(7) นำใบงานการทดลองเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

(8) ได้ใบงานการทดลอง จำนวน 7 ใบงาน และใบงานแบบทดสอบที่พร้อมจะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ลำดับขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง ปรากฏตามภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง

3.3.2 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และด้านใบงานการทดลอง โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.3.2.2 กำหนดวัตถุประสงค์และหัวข้อรายการแบบประเมินคุณภาพทั้งด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และด้านใบงานการทดลอง

3.3.2.3 สร้างแบบประเมินคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และด้านใบงานการทดลอง โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของ Likert ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง คุณภาพระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง คุณภาพระดับดี

ระดับ 3 หมายถึง คุณภาพระดับปานกลาง

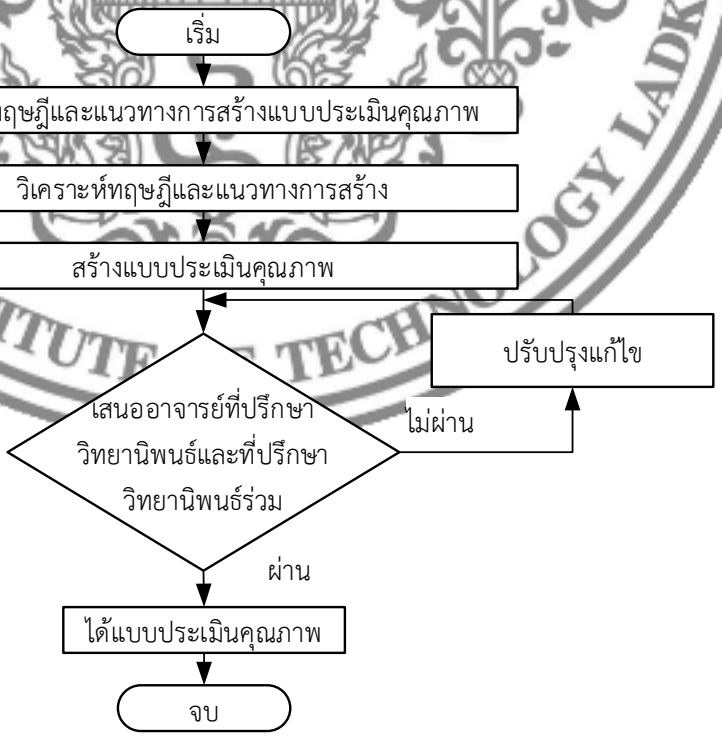
ระดับ 2 หมายถึง คุณภาพระดับพอใช้

ระดับ 1 หมายถึง คุณภาพระดับควรปรับปรุง

3.3.2.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบแบบประเมินคุณภาพ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

3.3.2.5 ได้แบบประเมินคุณภาพที่พร้อมนำไปใช้หาคุณภาพต่อไป

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และด้านใบงานการทดลอง ปรากฏตามภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

ในขั้นตอนของการสร้างแบบประเมินคุณภาพที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจและประเมินคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ทั้งแบบประเมินคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และด้านใบงานการทดลอง ดังรายนามต่อไปนี้

1. รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ว่าที่ร้อยตรีประสิทธิ์ เมตตา ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี

3. นางสร้อยสุดา ฟักเปีย ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี

4. นายนิรุตติ์ บัวประเสริฐ ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจุฬาภรณ์ (ลาดขวาง)

5. ว่าที่ร้อยตรีอชนิษฐ เครืออนันต์ ตำแหน่งครู แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครนายก

3.3.3 แบบประเมินสมรรถนะ

3.3.3.1 ศึกษาเนื้อหาเอกสารและที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินสมรรถนะ

3.3.3.2 แบบประเมินสมรรถนะ ใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริคที่มีมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ ดังนี้

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน

ระดับ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

โดยขั้นตอนการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนตามรูปแบบของ สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (กรมวิชาการ, 2545) ดังนี้

(1) เนื้อหา หน่วยการเรียนหรือภาระงานที่กำหนดขึ้นนั้นตรงกับมาตฐานการเรียนรู้ข้อใด

(2) ประเด็นที่จะนำมาประเมินภาระงานนั้นสามารถบอกได้ว่าเป็นคุณภาพของผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ข้อใดบ้าง

(3) จัดทำกรอบการประเมินที่ครอบคลุมประเด็นที่จะนำมาประเมิน

(4) อธิบายการแสดงออกถึงระดับความสามารถตามประเด็นที่กำหนดเป็นระดับๆ

(5) ทดลองหาความชัดเจนของเกณฑ์โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจ

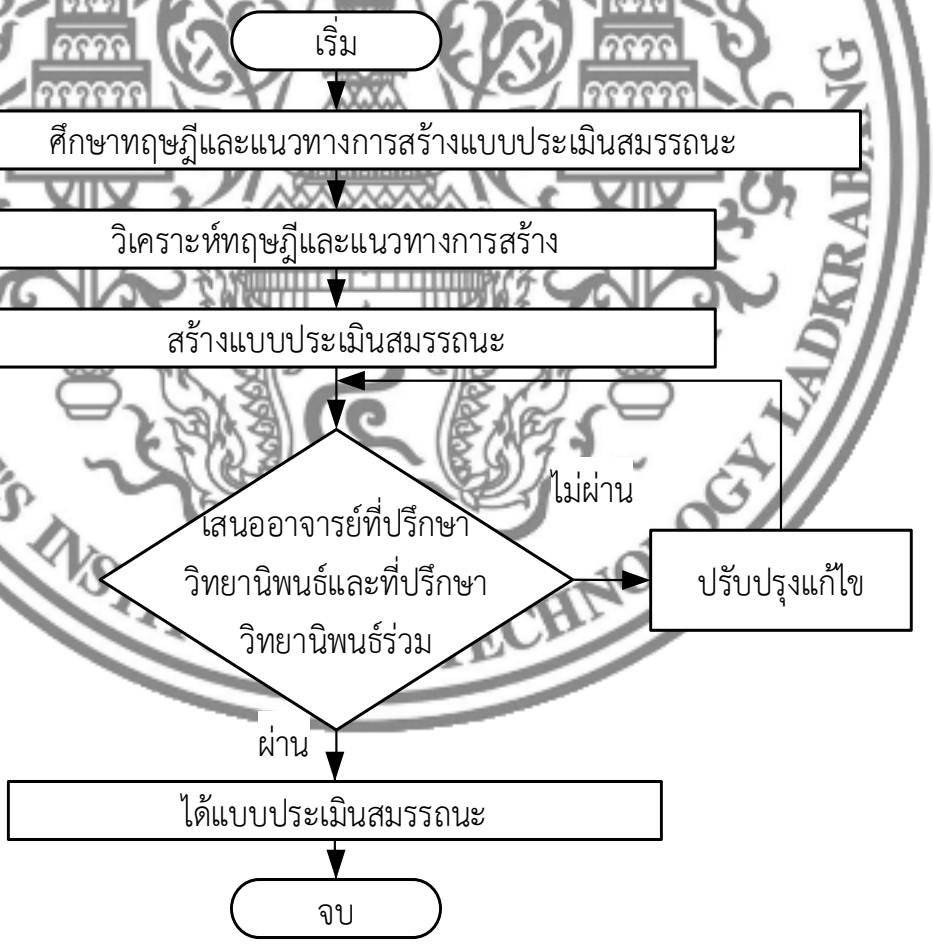
(6) หลังจากนำเกณฑ์ไปใช้ประเมินผู้เรียนแล้วให้หาข้อดี ข้อควรปรับปรุงแก้ไขด้านต่างๆ เช่น ความชัดเจน ความสะดวกในการนำไปใช้ เป็นต้น

(7) ทบทวนและปรับปรุงเกณฑ์ที่ยังมีข้อบกพร่องหรือพัฒนาเกณฑ์อื่นๆ ให้ดียิ่งขึ้น

3.3.3.3 นำแบบประเมินสมรรถนะเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมพิจารณาแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.3.3.4 ได้แบบประเมินสมรรถนะ

ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะ ปรากฏตามภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินสมรรถนะ

3.3.4 แบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

3.3.4.1 ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

3.3.4.2 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของ Likert ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ความพึงพอใจระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง ความพึงพอใจดีระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึง ความพึงพอใจระดับปานกลาง

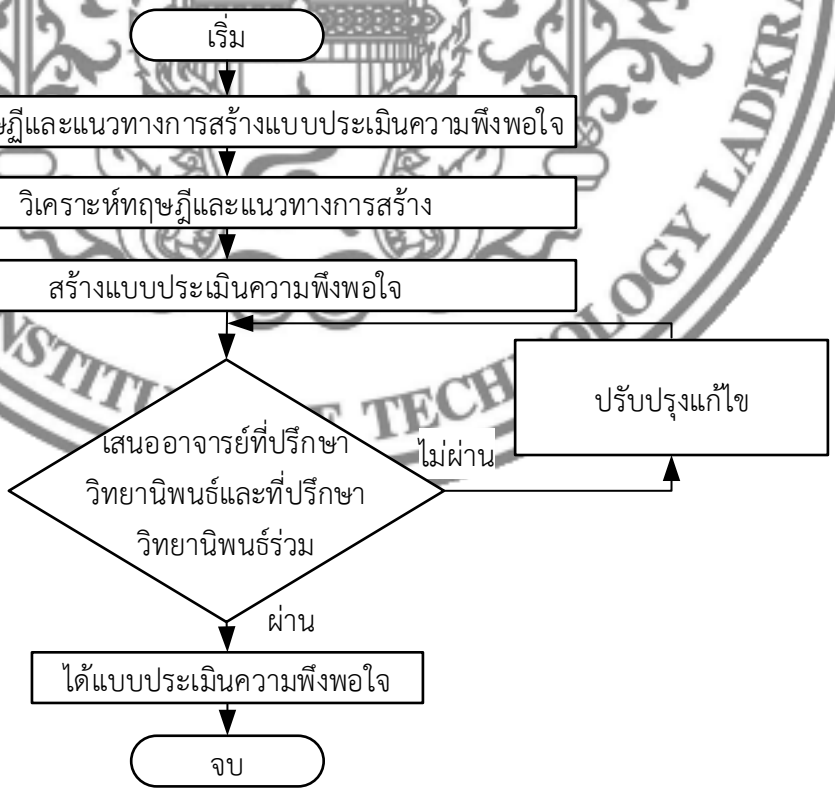
ระดับ 2 หมายถึง ความพึงพอใจระดับน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ความพึงพอใจระดับน้อยมาก

3.3.4.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบแล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.3.4.4 ได้แบบประเมินความพึงพอใจ

ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ ปรากฏตามภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ สมรรถนะและความพึงพอใจ มีลำดับขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.4.1 ยื่นคำร้องต่องานวิชาการและวิจัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการประเมินคุณภาพของชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และใบงานการทดลอง

3.4.2 นำหนังสือขอความอนุเคราะห์ติดต่อผู้ทรงคุณวุฒิและขอความอนุเคราะห์

3.4.3 ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ทั้งด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และใบงานการทดลอง

3.4.4 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาผลคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

3.4.5 ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 กับกลุ่มตัวอย่างโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.4.5.1 ผู้วิจัยชี้แจงกลุ่มตัวอย่างให้เข้าใจวัตถุประสงค์ของการทดลอง การใช้งานของชุดทดลองวงจรพัลส์ ขั้นตอนการทดลองและเกณฑ์การประเมินสมรรถนะ

3.4.5.2 กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติการทดลองแต่ละใบงาน พร้อมกับตอบคำถามท้ายใบงานการทดลองและผู้วิจัยประเมินสมรรถนะกลุ่มตัวอย่างรายบุคคลจนครบ 7 ใบงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ หรือ E_1 จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทำใบงานแบบทดสอบพร้อมกับตอบคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบ และผู้วิจัยประเมินสมรรถนะกลุ่มตัวอย่างรายบุคคลของใบงานแบบทดสอบ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หรือ E_2

3.4.5.3 นำคะแนนที่ได้จากคำถามท้ายใบงานการทดลองและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

3.4.5.4 นำคะแนนที่ได้จากการประเมินสมรรถนะ มาวิเคราะห์หาสมรรถนะของนักศึกษา

3.4.6 กลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินความพึงพอใจและนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และใบงานการทดลอง โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ทำการวิเคราะห์เพื่อประมวลผลค่าทางสถิติ ด้วยการนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ ดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ ดี

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ พอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดของคุณภาพชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับดี คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

E_1 หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจากคะแนนคำถามท้ายใบงานการทดลองและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะ จำนวน 7 ใบงาน

E_2 หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจากคะแนนคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะของใบงานแบบทดสอบ จำนวน 1 ใบงาน

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 หรือ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของนักศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของนักศึกษา โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นทำการวิเคราะห์หาร้อยละ ใช้เกณฑ์การพิจารณาเช่นเดียวกันกับการประเมินมาตรฐานวิชาชีพหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ซึ่งเกณฑ์การผ่านการประเมินมาตรฐานวิชาชีพ ในการประเมินสมรรถนะงานภาคปฏิบัติ ต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2565, น. ก – 8) และนำมาแปลความหมาย ดังนี้

สมรรถนะระดับสูง หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ มีคะแนนปฏิบัติร้อยละ 80 ขึ้นไป

สมรรถนะระดับปานกลาง หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน มีคะแนนปฏิบัติระหว่างร้อยละ 60 – 79

สมรรถนะระดับต่ำ หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง มีคะแนนปฏิบัติคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 60

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดสมรรถนะของนักศึกษา คือ มีสมรรถนะระดับสูง นักศึกษาสามารถปฏิบัติงานได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ มีคะแนนปฏิบัติร้อยละ 80 ขึ้นไป

3.5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดทดลองวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นทำการวิเคราะห์เพื่อประมวลผลค่าทางสถิติ ด้วยการนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปลความหมายดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ความพึงพอใจของนักศึกษาอยู่ในระดับ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ความพึงพอใจของนักศึกษาอยู่ในระดับ มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ความพึงพอใจของนักศึกษาอยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ความพึงพอใจของนักศึกษาอยู่ในระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ความพึงพอใจของนักศึกษาอยู่ในระดับ น้อยมาก

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดของความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับมากขึ้นไป คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

ใช้สำหรับการหาค่าเฉลี่ย (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2543 : 59)

สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad \textbf{(3.1)}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็น

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ใช้สำหรับวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, 59)

สูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{N(N-1)}} \quad \textbf{(3.2)}$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดเห็น

X คือ ค่าคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

3.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

ใช้สำหรับหาประสิทธิภาพของกระบวนการ E_1 กับ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, 10)

สูตร

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \quad \textbf{(3.3)}$$

เมื่อ E_1 คือ ร้อยละของคะแนนรวมจากข้อคำถามท้ายใบงานการทดลองและคะแนนปฏิบัติ

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

จากการประเมินสมรรถนะใบงานที่ 1 ถึง 7

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของข้อคำถามท้ายใบงานการทดลองและจากการประเมินสมรรถนะใบงานที่ 1 ถึง 7

N คือ จำนวนนักศึกษาทั้งหมด

A คือ คะแนนเต็มของคำถามท้ายใบงานการทดลองรวมกับคะแนนเต็มของการประเมินสมรรถนะใบงานที่ 1 ถึง 7

สูตร

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \qquad \textbf{(3.4)}$$

เมื่อ E_2 คือ ร้อยละของคะแนนรวมจากข้อคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะจากใบงานแบบทดสอบ จำนวน 1 ใบงาน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมจากข้อคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบและจากการประเมินสมรรถนะใบงานแบบทดสอบ จำนวน 1 ใบงาน

N คือ จำนวนนักศึกษาทั้งหมด

B คือ คะแนนเต็มของคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบรวมกับคะแนนเต็มของการประเมินสมรรถนะใบงานแบบทดสอบ จำนวน 1 ใบงาน

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ สมรรถนะและความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

4.3 ผลการประเมินสมรรถนะของนักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ผลการประเมินหาคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่พัฒนาขึ้นแสดงในคู่มือการใช้งานในภาคผนวก ญ ได้แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านใบงานการทดลองและด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด ซึ่งผลจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละด้าน แสดงตามตารางที่ 4.1 และ 4.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลอง โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=5)		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับคุณภาพ
1	เนื้อหามีความสอดคล้องกับวิชาที่เรียน	5.00	0.00	ดีมาก

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=5)		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับคุณภาพ
2	มีวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกใบงาน	4.80	0.45	ดีมาก
3	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	4.80	0.45	ดีมาก
4	ผู้เรียนสามารถศึกษาใบงานได้ด้วยตนเอง	4.80	0.45	ดีมาก
5	ภาษาที่ใช้ถูกต้อง ชัดเจน สื่อความหมายและเข้าใจได้ง่าย	4.60	0.55	ดีมาก
6	มีการนำเสนอรูปภาพในใบงานอย่างเหมาะสมเช่น ขนาด ความคมชัด เป็นต้น	4.80	0.45	ดีมาก
7	มีการออกแบบให้เกิดการเรียนรู้แบบปฏิบัติได้จริง	5.00	0.00	ดีมาก
	เฉลี่ยรวม	**4.83**	**0.33**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 4.1 พบว่าคุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยรวมจัดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.83, S.D. = 0.33) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ทุกรายการจัดอยู่ในระดับดีมาก ได้แก่ เนื้อหามีความสอดคล้องกับวิชาที่เรียน และมีการออกแบบให้เกิดการเรียนรู้แบบปฏิบัติได้จริง ($\bar{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) รองลงมา คือ มีจุดประสงค์การเรียนรู้ทุกใบงาน เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน ผู้เรียนสามารถศึกษาใบงานได้ด้วยตนเอง และมีการนำเสนอรูปภาพในใบงานอย่างเหมาะสม เช่น ขนาด ความคมชัด เป็นต้น ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45) และภาษาที่ใช้ถูกต้อง ชัดเจน สื่อความหมายและเข้าใจได้ง่าย ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55)

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=5)		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับคุณภาพ
1	มีความแข็งแรง ทนทาน	4.80	0.45	ดีมาก
2	สะดวกในการเคลื่อนย้าย	5.00	0.00	ดีมาก

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=5)		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับคุณภาพ
3	จัดวางตำแหน่งอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	4.80	0.45	ดีมาก
4	ใช้สีและขนาดของตัวอักษรบนบอร์ดทดลองอย่างเหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
5	มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.80	0.45	ดีมาก
6	ชุดทดลองมีขนาดเหมาะสมกับการทดลอง	4.80	0.45	ดีมาก
7	ชุดทดลองมีอุปกรณ์ให้ทดลองครอบคลุมใบงานการทดลอง	4.80	0.45	ดีมาก
	เฉลี่ยรวม	**4.80**	**0.40**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 4.2 พบว่าคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด ของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยรวมจัดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.40) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ทุกรายการจัดอยู่ในระดับดีมาก ได้แก่ ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ($\bar{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) รองลงมา มีความแข็งแรง ทนทาน จัดวางตำแหน่งอุปกรณ์อย่างเหมาะสม มีความปลอดภัยในการใช้งาน ชุดทดลองมีขนาดเหมาะสมกับการทดลอง และชุดทดลองมีอุปกรณ์ให้ทดลองครอบคลุมใบงานการทดลอง ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.00) และใช้สีและขนาดของตัวอักษรบนบอร์ดทดลองอย่างเหมาะสม ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55)

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ผลวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ได้จากการนำชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน โดยประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ได้จากคะแนนรวมจากข้อคำถามท้ายใบงานการทดลองและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะใบงานที่ 1 ถึง 7 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ได้จากคะแนนรวมจากข้อคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะของใบงานแบบทดสอบจำนวน 1 ใบงาน แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

N = 13

รายการ	**การทดสอบ (คะแนนจากข้อคำถามท้ายใบงาน)**			**การปฏิบัติ (คะแนนจากการประเมินสมรรถนะ)**			**ร้อยละ (100)**
	คะแนนเต็ม	**คะแนนเฉลี่ย**	**ร้อยละ (40)**	**คะแนนเต็ม**	**คะแนนเฉลี่ย**	**ร้อยละ (60)**	
คะแนนระหว่างการทดลองหรือกระบวนการ (E_1)	100	82.26	32.91	100	86.03	51.62	84.53
คะแนนหลังการทดลองหรือผลลัพธ์ (E_2)	100	82.56	33.02	100	85.07	51.04	84.06

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถทำคะแนนของประสิทธิภาพกระบวนการซึ่งได้จากข้อคำถามท้ายใบงานการทดลองและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะใบงานที่ 1 ถึง 7 กลุ่มตัวอย่างสามารถทำคะแนนระหว่างการทดลองเฉลี่ย 82.26 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 32.91 จากร้อยละ 40 คะแนนจากการประเมินสมรรถนะเฉลี่ย 86.03 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 51.62 จากร้อยละ 60 เมื่อนำร้อยละของคะแนนจากข้อคำถามท้ายใบงานและคะแนนจากการประเมินสมรรถนะมารวมกันจะได้คะแนนกระบวนการ 84.53 และคะแนนผลลัพธ์ได้จากข้อคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะใบงานแบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่างสามารถทำคะแนนเฉลี่ย 82.56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 33.02 จากร้อยละ 40 คะแนนจากการประเมินสมรรถนะเฉลี่ย 85.07 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 51.04 จากร้อยละ 60 เมื่อนำร้อยละของคะแนนจากข้อคำถามท้ายใบงานและคะแนนจากการประเมินสมรรถนะมารวมกันจะได้คะแนนผลลัพธ์ 84.06 ดังนั้น ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มี

ประสิทธิภาพ(E_1/E_2) เท่ากับ 84.53/84.06 สอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้คือ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

4.3 ผลการประเมินสมรรถนะของนักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ผลการประเมินสมรรถนะของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินสมรรถนะ

คนที่	ร้อยละ							ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
	ใบงานที่ 1	ใบงานที่ 2	ใบงานที่ 3	ใบงานที่ 4	ใบงานที่ 5	ใบงานที่ 6	ใบงานที่ 7		
1	80.95	100	100	85.71	95.24	90.48	80.95	90.48	สูง
2	90.48	100	90.48	95.24	85.71	85.71	71.43	88.44	สูง
3	71.43	90.48	80.95	80.95	95.24	90.48	95.24	86.40	สูง
4	80.95	85.71	100	85.71	95.24	100	95.24	91.84	สูง
5	80.95	71.43	85.71	95.24	85.71	66.67	66.67	78.91	ปานกลาง
6	90.48	95.24	100	76.19	100	80.95	85.71	89.80	สูง
7	80.95	80.95	95.24	95.24	90.48	85.71	71.43	85.71	สูง
8	85.71	95.24	95.24	90.48	80.95	80.95	80.95	87.07	สูง
9	90.48	100	80.95	71.43	80.95	95.24	90.48	87.08	สูง
10	95.24	71.43	71.43	95.24	76.19	71.43	71.43	78.91	ปานกลาง
11	76.19	95.24	85.71	80.95	95.24	85.71	85.71	86.39	สูง
12	66.67	90.48	80.95	85.71	90.48	76.19	61.9	78.91	ปานกลาง
13	85.71	95.24	85.71	100	85.71	90.48	76.19	88.43	สูง
เฉลี่ยรวม								**86.03**	**สูง**

จากตารางที่ 4.4 การประเมินสมรรถนะของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน โดยใช้ผล

คะแนนจากการปฏิบัติงานในใบงานการทดลองที่ 1 ถึงใบงานการทดลองที่ 7 พบว่าผู้เรียนมีระดับสมรรถนะในภาพรวมอยู่ระดับสูง มีคะแนนปฏิบัติเฉลี่ยร้อยละ 86.03 ซึ่งหมายถึง สามารถปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ เมื่อจำแนกตามระดับสมรรถนะพบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน มีระดับสมรรถนะอยู่ในระดับสูง จำนวน 10 คน และ มีระดับสมรรถนะอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 3 คน

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=13)		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
	ด้านใบงานการทดลอง	**4.34**	**0.73**	**มาก**
1	ใบงานการทดลองมีเนื้อหาและขั้นตอนที่ชัดเจน	4.46	0.52	มาก
2	เนื้อหาเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน	4.62	0.66	มากที่สุด
3	เนื้อหาไม่ยากเกินไปสำหรับเริ่มต้นการเรียนรู้	4.00	0.91	มาก
4	เนื้อหามีประโยชน์สามารถนำไปต่อยอดในอนาคตได้	4.46	0.88	มาก
5	เนื้อหาสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	4.15	0.69	มาก
	ด้านชุดทดลอง	**4.40**	**0.76**	**มาก**
1	ความทันสมัย เหมาะสมต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.38	0.65	มาก
2	ความสะดวกในการพกพา	4.46	0.96	มาก

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=13)		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
3	ออกแบบจัดวางอุปกรณ์อย่างเหมาะสมและเอื้อต่อการใช้งาน	4.31	0.63	มาก
4	เลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างครบถ้วน	4.46	0.78	มาก
	ค่าเฉลี่ยรวม	**4.37**	**0.74**	**มาก**

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยรวมจัดอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.37, S.D. = 0.74) แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านใบงานการทดลอง และด้านชุดทดลองวงจรพัลส์ โดยระดับความพึงพอใจด้านใบงานการทดลอง ($\bar{X}$ = 4.34, S.D. = 0.73) และด้านชุดทดลองวงจรพัลส์ ($\bar{X}$ = 4.40, S.D. = 0.76) จัดอยู่ในระดับมาก

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ สมรรถนะและความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ซึ่งผู้วิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่มีคุณภาพ

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.1.3 เพื่อประเมินสมรรถนะของนักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.1.4 เพื่อหาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.2 สมมติฐานในการวิจัย

5.1.2.1 ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X} \geq 3.50$)

5.1.2.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 หรือ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

5.1.2.3 นักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ที่พัฒนาขึ้นมีสมรรถนะระดับสูง มีคะแนนปฏิบัติร้อยละ 80 ขึ้นไป

5.1.2.4 ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 อยู่ในระดับมากขึ้นไป ($\bar{X} \geq 3.50$)

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากร คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค รหัสวิชา 30105 – 2029 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 52 คน

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ชั้นปีที่ 1 ห้อง 3 กลุ่ม 5 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 13 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบสุ่ม

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

5.1.4.1 ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.4.2 ใบงานการทดลองของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.4.3 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.4.4 แบบประเมินสมรรถนะนักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.4.5 แบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการทดลองใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลต่างๆ ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

5.1.5.1 ยื่นคำร้องต่องานวิชาการและวิจัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการประเมินคุณภาพของชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และใบงานการทดลอง

5.1.5.2 นำหนังสือขอความอนุเคราะห์ติดต่อผู้ทรงคุณวุฒิและขอความอนุเคราะห์

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

5.1.5.3 ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ ทั้งด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และใบงานการทดลอง

5.1.5.4 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาผลคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.5.5 นัดหมายกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์ของการทดลอง การใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ ขั้นตอนการทดลอง เกณฑ์การประเมินสมรรถนะ โดยให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติการทดลองแต่ละใบงาน พร้อมกับตอบคำถามท้ายใบงานการทดลองและผู้วิจัยประเมินสมรรถนะกลุ่มตัวอย่างรายบุคคลจนครบ 7 ใบงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ หรือ E1 จากนั้นให้นักศึกษาทำใบงานแบบทดสอบพร้อมกับตอบคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบ และผู้วิจัยประเมินสมรรถนะกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หรือ E2

5.1.5.6 นำคะแนนที่ได้จากคำถามท้ายใบงานการทดลองและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.5.7 นำคะแนนที่ได้จากแบบประเมินสมรรถนะ มาวิเคราะห์หาสมรรถนะของนักศึกษา

5.1.5.8 กลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินความพึงพอใจและนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ดังนี้

5.1.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดของคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

5.1.6.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

E_1 หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจากคะแนนคำถามท้ายใบงานการทดลองและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะ จำนวน 7 ใบงาน

E_2 หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจากคะแนนคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบและคะแนนปฏิบัติจากการประเมินสมรรถนะของใบงานแบบทดสอบ จำนวน 1 ใบงาน

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 หรือ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

5.1.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของนักศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบประเมินสมรรถนะที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยทำการประเมินกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคลในแต่ละใบงานการทดลอง เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 3 ระดับ

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดสมรรถนะของนักศึกษา คือ มีสมรรถนะระดับสูง นักศึกษาสามารถปฏิบัติงานได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ มีคะแนนปฏิบัติร้อยละ 80 ขึ้นไป

5.1.6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับมากขึ้นไป คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

5.1.7.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และใบงานการทดลองทั้งหมด 5 ท่าน ซึ่งผลการประเมินคุณภาพโดยรวม มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.81 , S.D. = 0.37) ด้านใบงานการทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.83, S.D. = 0.33) และด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.40) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.1.7.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่สร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1)

เท่ากับ 84.53 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 84.06 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1 / E_2 ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 เป็นไปตามสมติฐานที่ตั้งไว้

5.1.7.3 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีสมรรถนะในภาพรวมอยู่ระดับสูง (ร้อยละ 86.03) สามารถปฏิบัติงานได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือเมื่อจำแนกตามระดับสมรรถนะพบว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน มีสมรรถนะระดับสูง จำนวน 10 คน และ มีสมรรถนะระดับปานกลาง จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นไปตามสมติฐานที่ตั้งไว้

5.1.7.4 ผลการประเมินหาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 สามารถแบ่งหัวข้อการอภิปรายผลและสรุปผลได้ ดังนี้

5.2.1 ด้านคุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

จากผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ซึ่งทำการประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ด้านใบงานการทดลอง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.83, S.D. = 0.33) เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงร่วมกับการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค แล้วนำมาจัดแบ่งเนื้อหาและกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้เหมาะสม ทำให้เนื้อหามีความสอดคล้องกับวิชาที่เรียน และมีการออกแบบให้เกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและปฏิบัติได้จริง จึงทำให้ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองอยู่ในระดับดีมาก และด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.80 , S.D. = 0.40) เนื่องจากในการจัดทำชุดทดลองวงจรพัลส์ ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดทดลองให้มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายชุดทดลองมีอุปกรณ์ให้ทดลองครอบคลุมกับใบงานที่ออกแบบไว้ และออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง จึงทำให้ผลการประเมินคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัดอยู่ในระดับดีมาก และผลการประเมินคุณภาพโดยรวมของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.81, S.D. = 0.37) ซึ่งสอดคล้อง

กับงานวิจัยของพัชรินทร์ สุวรรณบุตร (2567) ที่ได้วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองวิชาออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มีผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านแผงทดลองของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.86, S.D. = 0.27) และคุณภาพของใบงานอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.88, S.D. = 0.28) และงานวิจัยของอภิชาติ พรหมโชติและคณะ (2557) ที่ได้วิจัยเรื่องชุดปฏิบัติการวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง วิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง มีผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านคุณภาพด้านเนื้อหาและใบงานอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.48, S.D. = 0.14) ด้านชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.60, S.D. = 0.42) ซึ่งเป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดทดลองที่มีคุณภาพเช่นเดียวกันและสอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนด เป็นการสนับสนุนได้ว่าการนำชุดทดลองวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ทดลองสอนปฏิบัติได้ต่อไป

5.2.2 ด้านประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ผู้วิจัยได้ยึดหลักการของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) มาเป็นกรอบแนวคิดในการหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง พบว่า ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1 / E_2) เท่ากับ 84.53/84.06 ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 เพราะในการสร้างและออกแบบชุดทดลองวงจรพัลส์ มีการออกแบบโดยคำนึงถึงผู้ใช้งาน สามารถพกพาได้ มีการตรวจสอบไม่ว่าจะเป็นส่วนของบอร์ดการทดลอง แหล่งจ่ายไฟ (Powers supply) เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน และยังมีออสซิลโลสโคปที่สามารถแสดงรูปร่างสัญญาณและค่าทางไฟฟ้าที่จำเป็นได้ และในส่วนของใบงานการทดลองที่ได้ทำการรวบรวมเป็นเล่มเพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและใช้งาน ผู้เรียนสามารถศึกษาและทำการทดลองได้ทันที เพราะในใบงานการทดลองมีทฤษฎีที่ให้ผู้เรียนได้ทำการศึกษาและมีขั้นตอนการทดลองที่ชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นรูปภาพของวงจรและคำอธิบายที่ให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังสามารถปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง ซึ่งมีผลการวิจัยสอดคล้องกับผลวิจัยของ สุนทร ก้องสินธุ (2566) ที่ได้พัฒนาชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่ามีประสิทธิภาพอยู่ที่ 82.97/82.13 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 โดยการออกแบบแผงอุปกรณ์สำหรับการที่ทดลองวัสดุและสายต่อวงจรมีขนาดที่เหมาะสมสามารถพกพาได้สะดวก ส่วนใบงานการทดลองได้รวมเป็นเล่มเพื่อสะดวกในการจัดเก็บและการใช้งาน

5.2.3 ด้านการประเมินสมรรถนะ

ผลการประเมินสมรรถนะของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีสมรรถนะในภาพรวมอยู่ระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 86.03 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติงานได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือตามภาระงานที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพในด้านทักษะที่เกี่ยวข้องกับการทดลองวงจรพัลส์ การประเมินสมรรถนะในครั้งนี้อาศัยผลการปฏิบัติงานจากใบงานการทดลองจำนวน 7 ใบงาน ซึ่งได้รับการออกแบบให้เน้นการลงมือปฏิบัติจริง โดยให้ผู้เรียนได้ทดลองวงจรด้วยตนเอง วิเคราะห์ปัญหา และหาทางแก้ไขในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสภาพจริงในงานสายอาชีพ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาและความชำนาญในการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น แต่ยังพบว่าผลการประเมินสมรรถนะในบางใบงานมีคะแนนการปฏิบัติอยู่ที่ร้อยละ 60 – 79 มีสมรรถนะระดับปานกลาง เนื่องจากผู้เรียนบางคนอาจยังไม่คุ้นเคยกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิด หรือวงจรที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อความมั่นใจในการปฏิบัติงานและการวิเคราะห์วงจร ผลการประเมินสมรรถนะในภาพรวมสามารถอธิบายและเชื่อมโยงได้กับแนวคิดการประเมินสมรรถนะตามสภาพจริง (Authentic Assessment of Competency) โดย วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562) ที่ระบุว่า การประเมินลักษณะนี้จะเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรม ทักษะ และความสามารถอย่างเป็นองค์รวม ผ่านการเผชิญสถานการณ์จริง ไม่ใช่เพียงการท่องจำหรือการทำแบบทดสอบทั่วไปเท่านั้น ผู้เรียนต้องสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อปฏิบัติงานจริงและแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินในครั้งนี้ที่สะท้อนว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดทดลองที่เน้นการปฏิบัติจริงสามารถพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.4 ด้านความพึงพอใจของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ผู้วิจัยออกแบบประเมินความพึงพอใจโดยใช้มาตรวัด 5 ระดับของ Likert พบว่าโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ชั้นปีที่ 1 ห้อง 3 กลุ่ม 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 13 คน มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.74) เมื่อพิจารณาความพึงพอใจในแต่ละด้านพบว่า ด้านใบงานการทดลองจัดอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.34, S.D. = 0.73) เนื่องจากเนื้อหาในใบงานการทดลองได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย ทำให้มีปริมาณเนื้อหาที่เหมาะสมต่อระยะเวลาในการทดลองและระดับความรู้ของนักศึกษา และด้านชุดทดลองวงจรพัลส์จัดอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.76)

เนื่องจากผู้วิจัยออกแบบชุดทดลองวงจรพัลส์ที่สร้างขึ้นมีการรวมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง มีความสะดวกในการพกพา เนื้อหาเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนพร้อมทั้งมีใบงานการทดลองที่มีเนื้อหาและขั้นตอนที่ชัดเจน ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองทุกเวลาที่ต้องการศึกษา ซึ่งวันชัย รัชตะสมบูรณ์ (2565) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ.2562 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ สาขางานเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร ผลการวิจัยพบว่าลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองผลปรากฏว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดทดลองค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 0.68 ซึ่งหมายความว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนโดยใช้ชุดทดลองระดับมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 เนื่องจากชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัดอยู่ภายในเพื่อรองรับการใช้ใบงานการทดลอง จึงควรศึกษาคู่มือการใช้งานให้ละเอียด และเนื่องจากชุดทดลองวงจรพัลส์ ถูกออกแบบมาให้สะดวกในการเคลื่อนย้าย และมีน้ำหนักเบาจึงสามารถทำการทดลองนอกห้องปฏิบัติการได้

5.3.1.2 ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีใบงานการทดลองที่มีจุดประสงค์การเรียนรู้ทุกใบงาน สามารถวัดผลการเรียนรู้ได้และมีการนำเสนอรูปภาพในใบงานการทดลองอย่างเหมาะสมรวมทั้งยังมีแบบประเมินสรรถนะทุกใบงานการทดลอง

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

5.3.2.1 การพัฒนา การหาสมรรถนะและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ควรนำไปใช้กับนักศึกษากลุ่มอื่นๆ หรือสถาบันการศึกษาอื่นๆ ที่เรียนวิชาวงจรพัลส์และดิจิทัลเทคนิค รหัสวิชา 30105-2029 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงพุทธศักราช 2567

5.3.2.2 ควรเพิ่มเครื่องมือที่จำเป็น เช่น เครื่องกำเนิดสัญญาณ เข้าไปในชุดทดลองวงจรพัลส์ เพื่อให้เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองครบมากขึ้นและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ชุดทดลองอีกด้วย

บรรณานุกรม

จินตวีร์พร แป้นแก้ว.(2562).การประเมินตามสภาพจริง.*วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา,* 30(1), 22-33.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). *การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน*. วารสารศิลปากร ศึกษาศาสตร์วิจัย.

ชิษณุพงศ์ ศรีวิบูลย์กุล.(2565).*การพัฒนาชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม เรื่องวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า*. วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง. 6(1), 111-118.

พนา เจนจน.(2562).*การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคสาธิต เรื่องวงจรมัลติไวเบรเตอร์ รายวิชาวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง*. วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง. 3(1), 1-9.

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. (2542). ราชกิจจานุเบกษา, 116(74 ก), 1–21.

พัชรินทร์ สุวรรณบุตร. (2567). *การพัฒนาชุดทดลองวิชาออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง*. วารสารวิชาการ สถาบันการอาชีวศึกษาสถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออก. 3(1), 1-12.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2555*. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.

วันชัย รัชตะสมบูรณ์.2565.*การพัฒนาชุดทดลองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ.2562 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ สาขางานเมคคาทรอนิกส์วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร*. วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง. 6(2), 91-106.

วัฒนา เพ็ชรวงศ์. 2542. *พฤติกรรมและความพึงพอใจของประชาชนที่มีต่อการใช้บริการ 13*. วิทยานิพนธ์ บธ.ม. กรุงเทพมหานคร. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

วัลลภ จันทร์ตระกูล. (2552). การออกแบบสร้างและประเมินประสิทธิภาพชุดการสอน: ทำอย่างไรให้เป็นตรรกะ (Logic). *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา*, *21*(71), 24–32.

วิชัย วงษ์ใหญ่, และมารุต พัฒผล. (2562). *การประเมินตามสภาพจริงอิงสมรรถนะ(Authentic competency – based assessment).* กรุงเทพฯ: ศูนย์ผู้นำนวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้.

วิทยาลัยเทคโนโลยีชื่นชมไทยเยอรมันสระบุรี. (ม.ป.ป.). *บทที่ 6 ออสซิลโลสโคป*. https://www.g-tech.ac.th/vdo/moterdoc/เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์/บทที่%206%20ออสซิลโลสโคป.pdf

วิทยาลัยเทคโนโลยีชื่นชมไทยเยอรมันสระบุรี. (ม.ป.ป.). *บทที่ 7 เครื่องกำเนิดสัญญาณ*. https://g-tech.ac.th/vdo/moterdoc/เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์/บทที่%207%20เครื่องกำเนิดสัญญาณ.pdf

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2567). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567. กระทรวงศึกษาธิการ.

อภิชาติ พรหมโชติและคณะ.(2557).*การสรางและหาคุณภาพชุดปฏิบัติการวงจรพลัสและสวิตชิ่ง วิชาวงจรพัลสและสวิตชิ่ง*.คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

Agilent Technologies. (2003). *Fundamentals of oscilloscopes*. Retrieved from https://www.keysight.com

Likert, Rensis A. (1961). *New Patterns of Management*. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.

Stiggins, R. J. (2010). *Assessment for learning: An essential foundation of productive instruction*. In R. E. Burns (Ed.), Educational assessment: Principles, policies, and practices (pp. 42–45). Pearson Education.

Tektronix. (2021). *Oscilloscope fundamentals*. Retrieved from https://www.tek.com/en/learning/oscilloscope-basics

Texas Instruments. (2015). *LM555 Timer: Precision timer*. https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm555.pdf

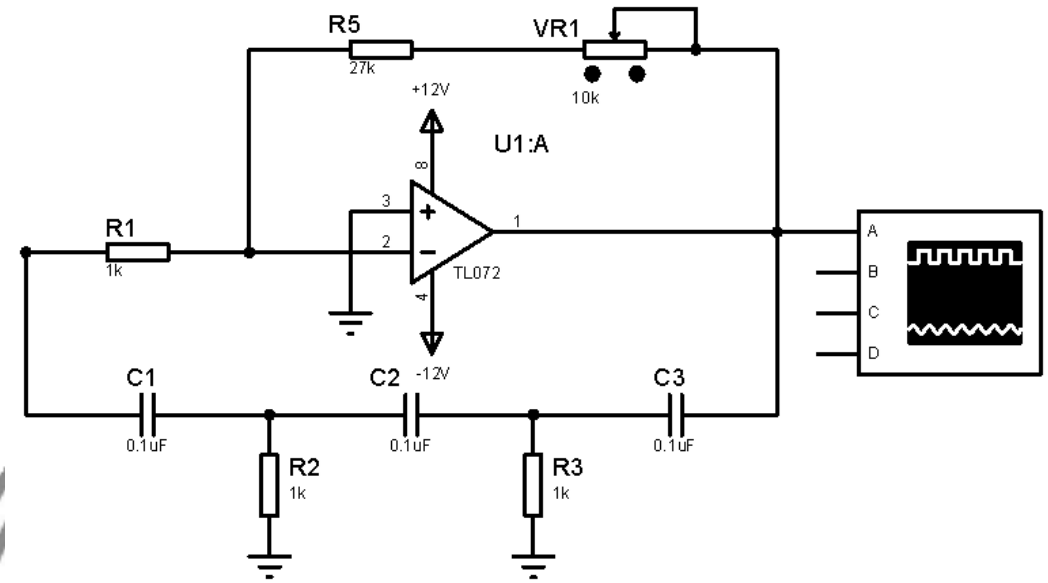
Texas Instruments. (2021). *TL072 Low-Noise JFET-Input Operational Amplifier [Data sheet]*. Retrieved from https://www.ti.com/product/TL072

Wiggins, G. (1990). The case for authentic assessment. *Practical Assessment, Research, and Evaluation, 2*(2), 1–3. https://doi.org/10.7275/ffb1-mm19

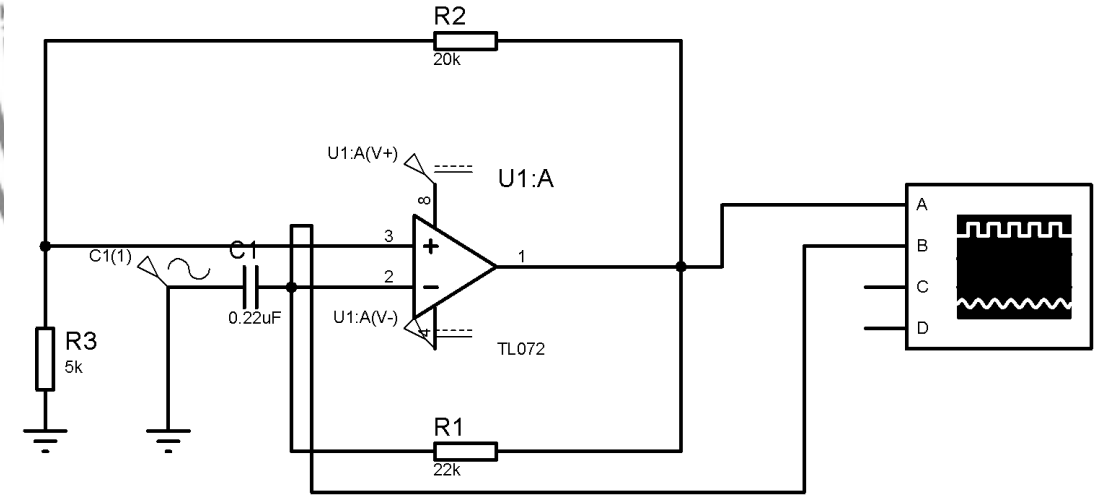
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

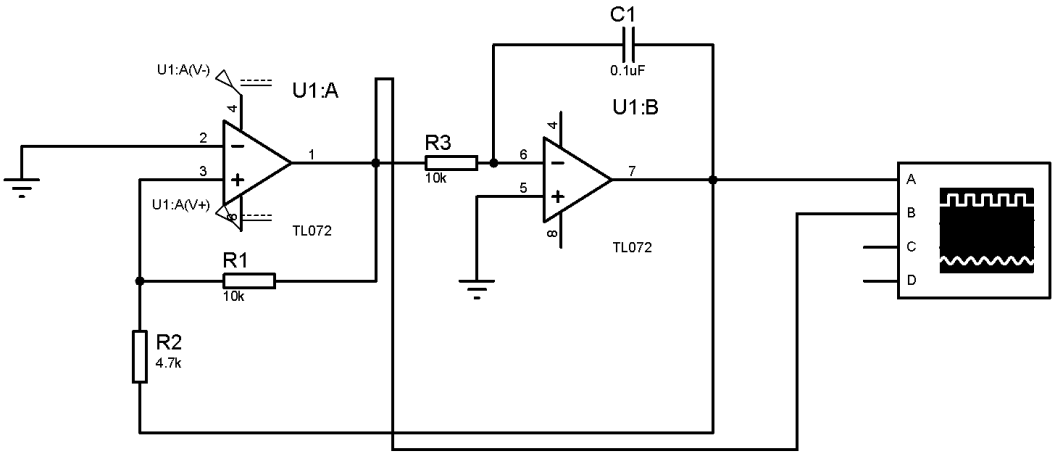
ตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการทดลอง



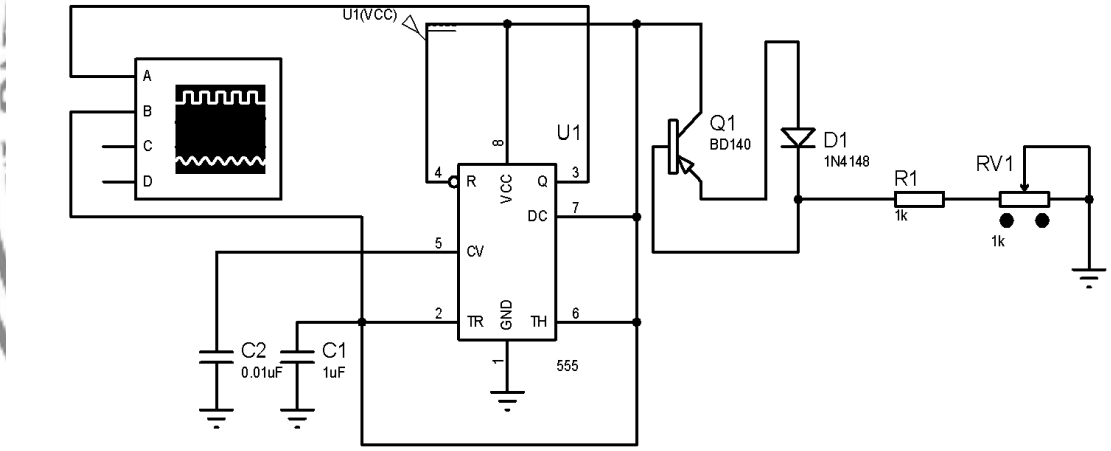
ภาพที่ ก.1 (ก) วงจรผลิตสัญญาณรูปไซน์



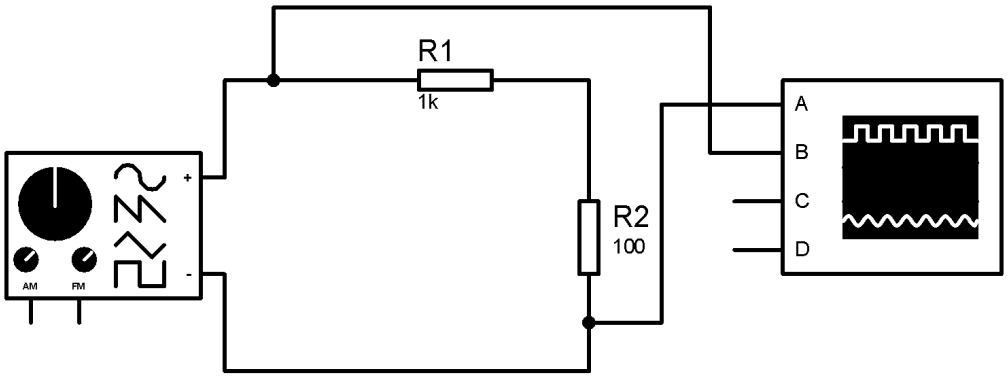
ภาพที่ ก.1 (ข) วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์



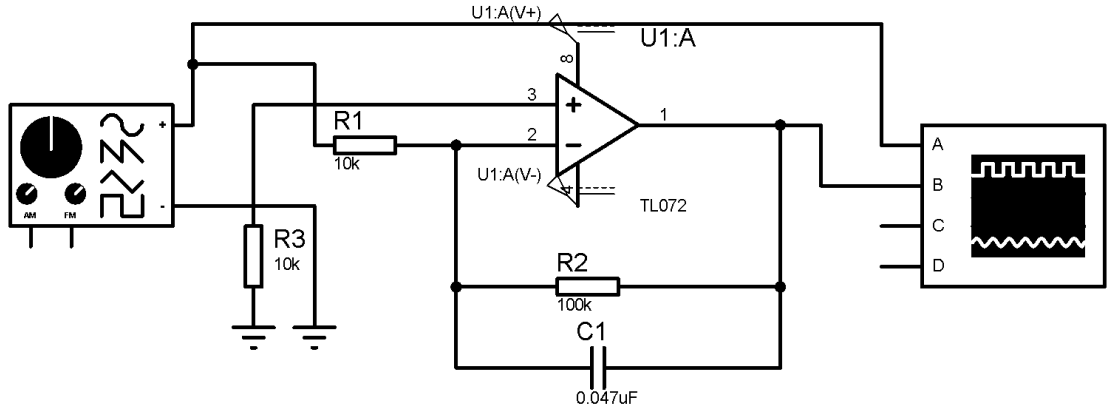
ภาพที่ ก.1 (ค) วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์



ภาพที่ ก.1 (ง) วงจรผลิตสัญญาณรูปฟันเลื่อย

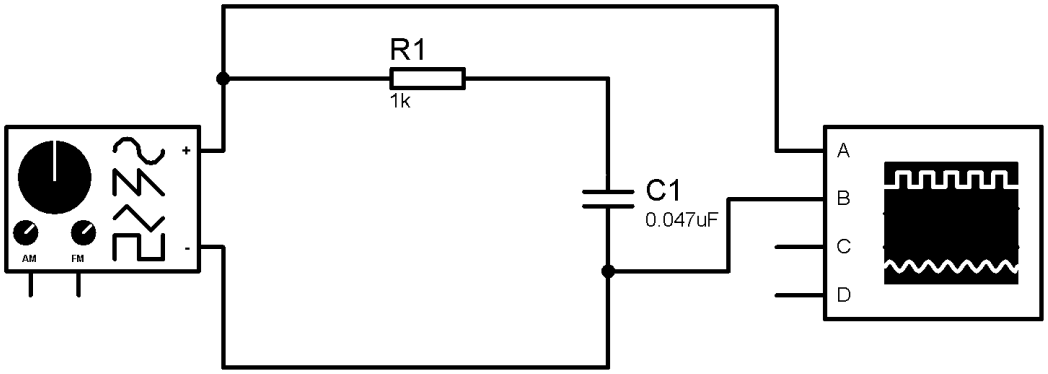


ภาพที่ ก.2 (ก) วงจรลดทอนสัญญาณไฟฟ้า ที่อินพุตเป็นรูปสี่เหลี่ยม

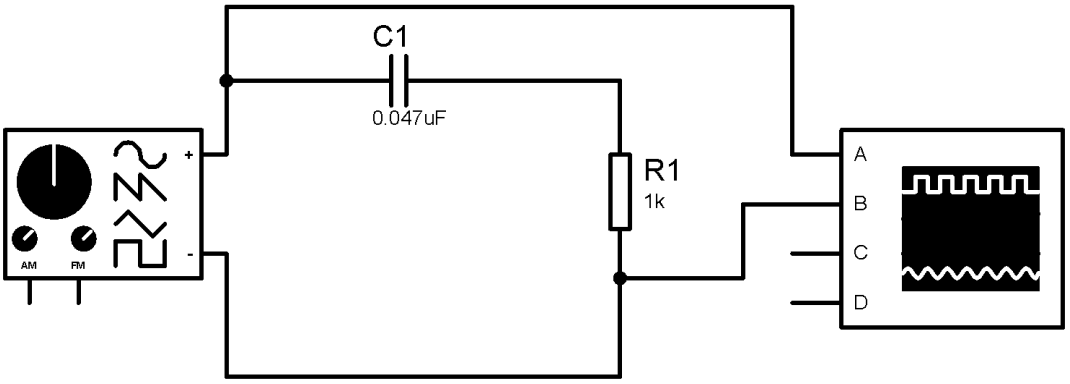


ภาพที่ ก.2 (ข) วงจรแปลงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมเป็นสัญญาณสามเหลี่ยม

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

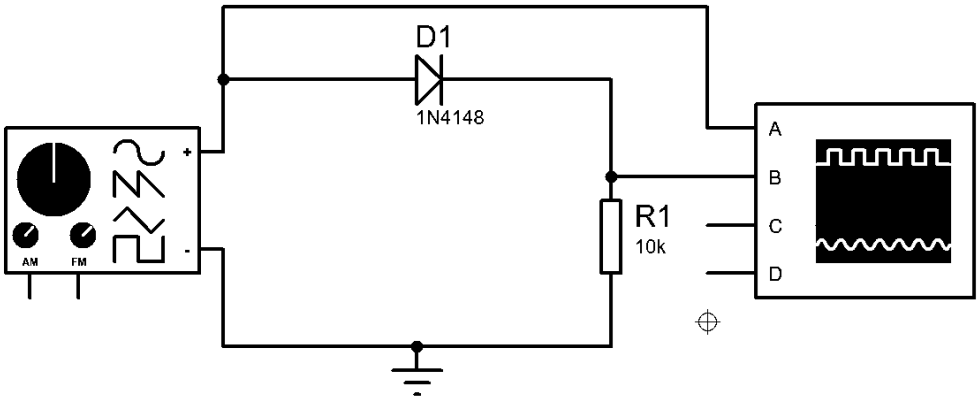


ภาพที่ ก.3 วงจรอาร์ซีอินทิเกรเตอร์

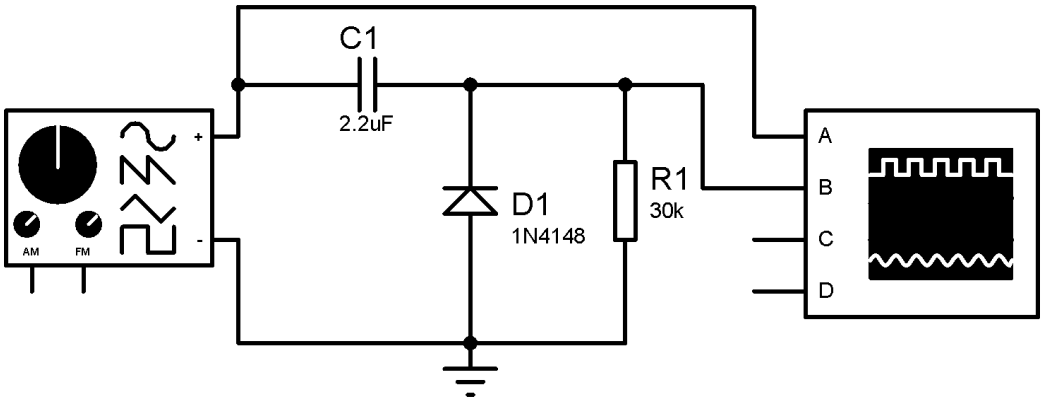


ภาพที่ ก.4 วงจรอาร์ซีดิฟเฟอร์เรนติเอเตอร์

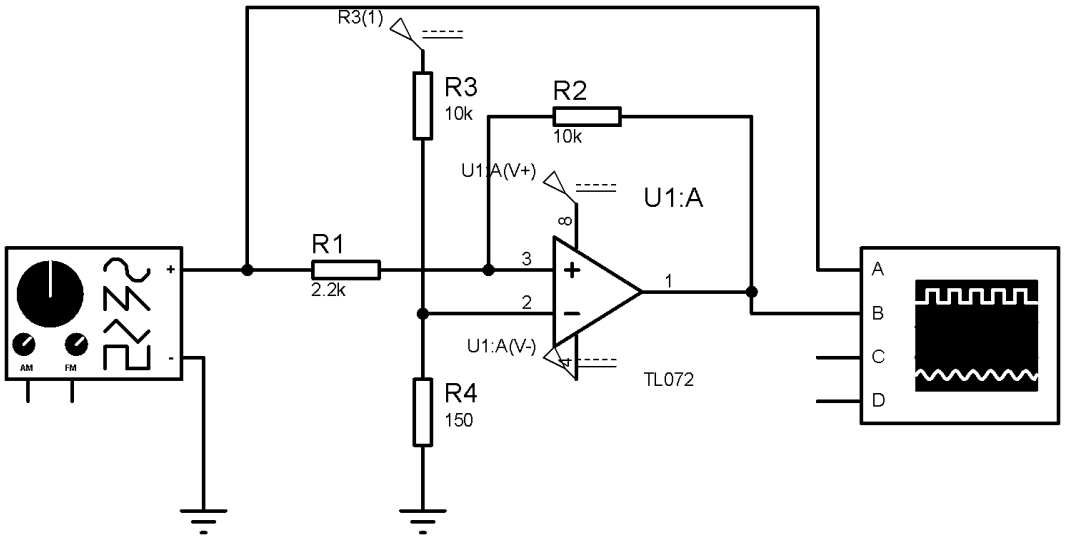
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY



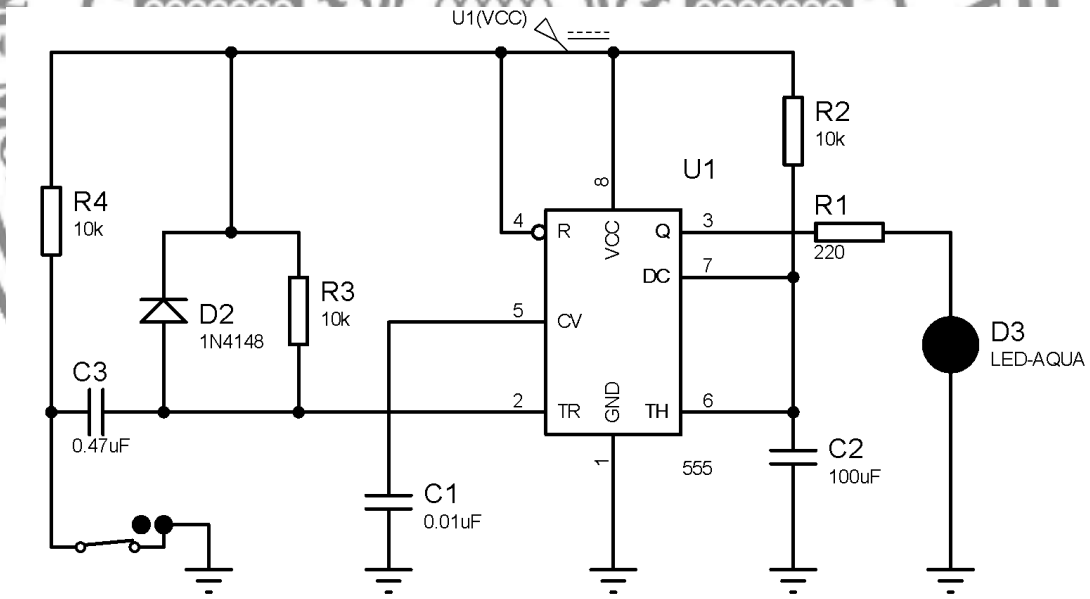
ภาพที่ ก.5 (ก) วงจรคลิปเปอร์



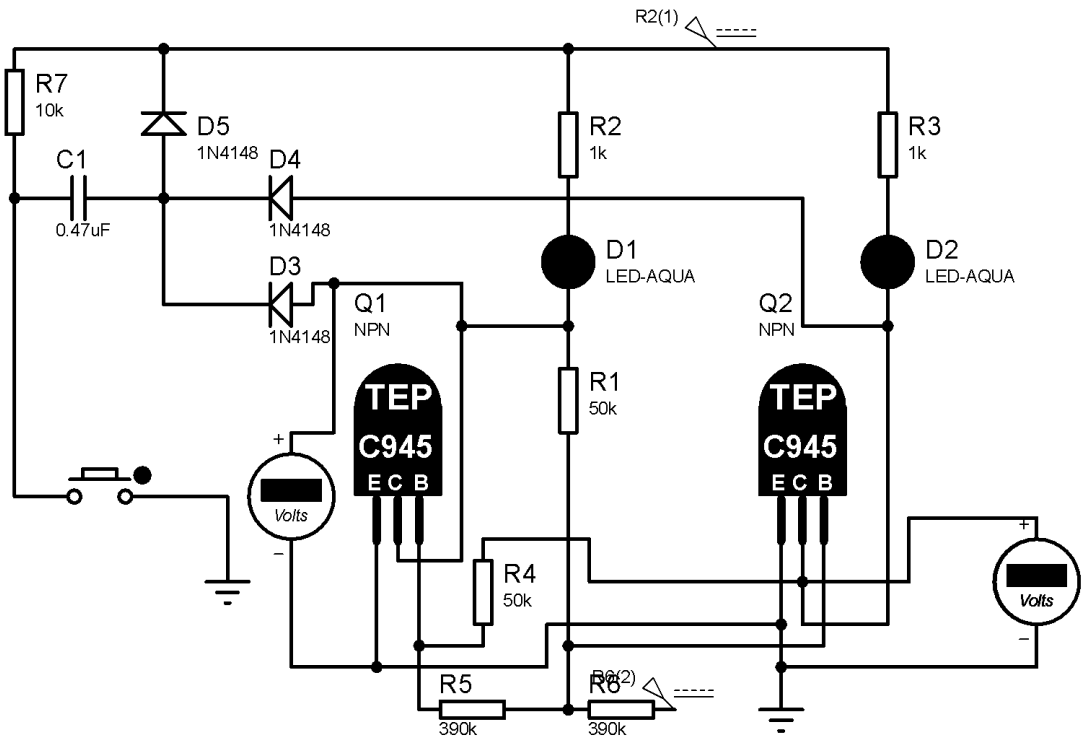
ภาพที่ ก.5 (ข) วงจรแคลมเปอร์



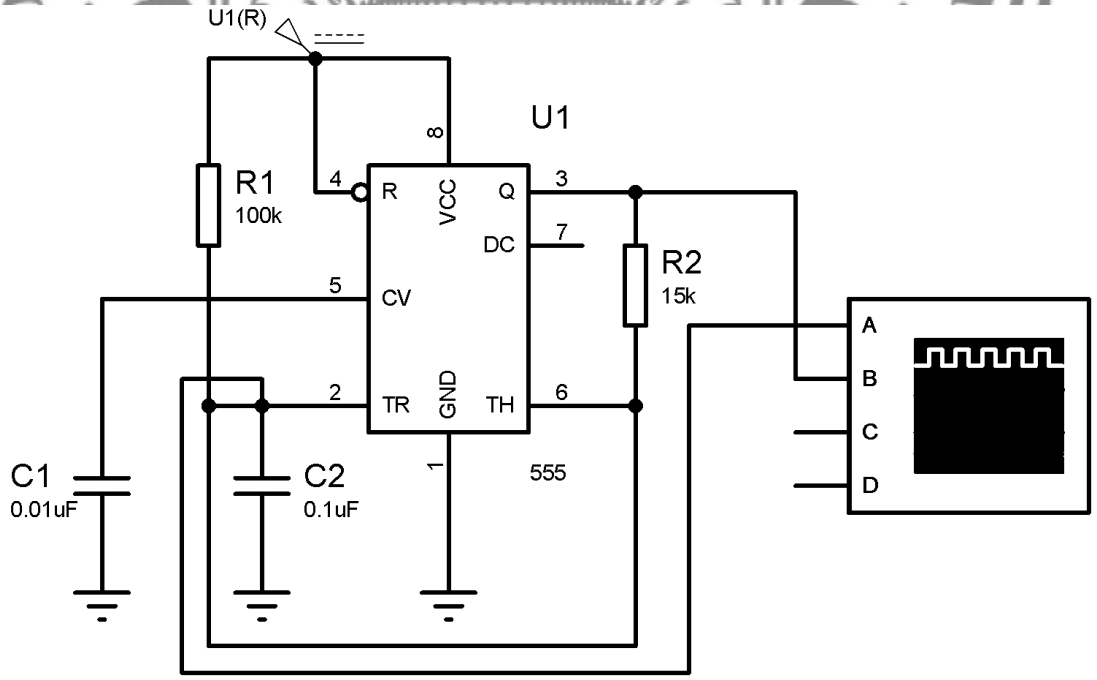
ภาพที่ ก.6 วงจรชมิตทริกเกอร์



ภาพที่ ก.7 (ก) วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์



ภาพที่ ก.7 (ข) วงจรไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์



ภาพที่ ก.7 (ค) วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

ภาคผนวก ข

หนังสือราชการและรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ประเมินและตรวจชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

พุทธศักราช 2567

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานการทดลอง และด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

1. รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
   อาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

2. ว่าที่ร้อยตรีประสิทธิ์ เมตตา
   ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี

3. นางสร้อยสุดา ฟักเปีย
   ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี

4. นายนิรุตติ์ บัวประเสริฐ
   ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคจุฬาภรณ์ (ลาดขวาง)

5. ว่าที่ร้อยตรีอนิษฐ เครืออนันต์
   ตำแหน่ง ครู วิทยาลัยเทคนิคนครนายก

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี งานวิชาการและวิจัย โทร. ๐๘ ๐๖๐๕ ๓๒๐๗

ที่ อว ๗๐๐๔/๒ ๑๗๕๕ **วันที่** ๒๗ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สนุทรกนกพงศ์

ด้วยนางสาวจตุพร ไกรวัน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังกำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติการวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช๒๕๖๗" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์สินี มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียน แบบประเมิน และชุดฝึกปฏิบัติการวงจรพัลส์ ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนางสาวจตุพร ไกรวัน มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมิน แบบทดสอบ แบบสอบถาม และชุดการสอน มาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา โดยหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิยาพร กันตาธนวัฒน์)
ผู้ช่วยคณบดีงานบัณฑิตศึกษาและวิจัย ปฏิบัติการแทน
คณบดี
๒๗ มี.ค. ๖๘ เวลา ๒๓:๑๐:๓๓ Non-PKI Server Sign-LN
Signature Code : RAA2A-DMAQQ-A3ADY-AMgA2

ที่ อว ๗๐๐๔/้ ๑๗๔๘

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง ซอยฉลองกรุง ๑ แขวงลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๗ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง เชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ว่าที่ร้อยตรีประสิทธิ์ เมตตา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

ด้วยนางสาวจตุพร ไกรวัน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติการวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์สินี มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียน แบบประเมิน และชุดปฏิบัติการวงจรพัลส์เพื่อการวิจัย ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนางสาวจตุพร ไกรวัน มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา โดยหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิยาพร กันตาธนวัฒน์)
ผู้ช่วยคณบดีงานบัณฑิตศึกษาและวิจัย ปฏิบัติการแทน
คณบดี

๒๗ มี.ค. ๖๘ เวลา ๑๖:๐๔:๓๗ Non-PKI Server Sign-LN
Signature Code : NQBDA-DEAQQ-A4ADc-AOAAw

งานวิชาการและวิจัย
โทร. ๐ ๒๓๒๙ ๔๐๐๐ ต่อ ๖๑๐๐
ติดต่อนักศึกษา โทร. ๐๖ ๑๙๓๕ ๓๙๑๔

ที่ อว ๗๐๐๔/e ๑๗๔๘

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง ซอยฉลองกรุง ๑ แขวงลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๗ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง เชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นางสร้อยสุดา ฟักเปีย

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

ด้วยนางสาวจตุพร ไกรวัน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติการวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์สินี มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียน แบบประเมิน และชุดปฏิบัติการวงจรพัลส์เพื่อการวิจัย ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนางสาวจตุพร ไกรวัน มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา โดยหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิยาพร กันตาธนวัฒน์)
ผู้ช่วยคณบดีงานบัณฑิตศึกษาและวิจัย ปฏิบัติการแทน
คณบดี

๒๗ มี.ค. ๖๘ เวลา ๑๖:๐๔:๓๗ Non-PKI Server Sign-LN
Signature Code : NQBDA-DEAQQ-A4ADc-AOAAw

งานวิชาการและวิจัย
โทร. ๐ ๒๓๒๙ ๘๐๐๐ ต่อ ๖๑๐๐
ติดต่อนักศึกษา โทร. ๐๖ ๑๙๓๕ ๓๙๑๔

ที่ อว ๗๐๐๔/e ๑๗๔๘

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง ซอยฉลองกรุง ๑ แขวงลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๗ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง เชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นายนิรุดติ์ บัวประเสริฐ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

ด้วยนางสาวจตุพร ไกรวัน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติการวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์สินี มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียน แบบประเมิน และชุดปฏิบัติการวงจรพัลส์เพื่อการวิจัย ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนางสาวจตุพร ไกรวัน มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา โดยหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิยาพร กันตาธนวัฒน์)
ผู้ช่วยคณบดีงานบัณฑิตศึกษาและวิจัย ปฏิบัติการแทน
คณบดี

๒๗ มี.ค. ๖๘ เวลา ๑๖:๐๔:๓๗ Non-PKI Server Sign-LN
Signature Code : NQBDA-DEAQQ-A4ADc-AOAAw

งานวิชาการและวิจัย
โทร. ๐ ๒๓๒๙ ๘๐๐๐ ต่อ ๖๑๐๐
ติดต่อนักศึกษา โทร. ๐๖ ๑๙๓๕ ๓๙๑๔

ที่ อว ๗๐๐๔/e ๑๗๔๘

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง ซอยฉลองกรุง ๑ แขวงลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๗ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง เชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ว่าที่ ร้อยตรีชนิษฐ เครืออนันต์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

ด้วยนางสาวจตุพร ไกรวัน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติการวงจรพัลส์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์สินี มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียน แบบประเมิน และชุดปฏิบัติการวงจรพัลส์เพื่อการวิจัย ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนางสาวจตุพร ไกรวัน มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา โดยหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิยาพร กันตาธนวัฒน์)
ผู้ช่วยคณบดีงานบัณฑิตศึกษาและวิจัย ปฏิบัติการแทน
คณบดี

๒๗ มี.ค. ๖๘ เวลา ๑๖:๐๔:๓๗ Non-PKI Server Sign-LN
Signature Code : NQBDA-DEAQQ-A4ADc-AOAAw

งานวิชาการและวิจัย
โทร. ๐ ๒๓๒๙ ๘๐๐๐ ต่อ ๖๑๐๐
ติดต่อนักศึกษา โทร. ๐๖ ๑๙๓๕ ๓๙๑๔

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลอง

แบบประเมินคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินด้านใบงานการทดลอง
ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบประเมินด้านใบงานการทดลองของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานการทดลอง เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านโดยที่ระดับค่า

5 หมายถึง ดีมาก
4 หมายถึง ดี
3 หมายถึง ปานกลาง
2 หมายถึง พอใช้
1 หมายถึง ควรปรับปรุง

หมายเหตุ
ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย
(นางสาวจตุพร ไกรวัน)
นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตร ค.อ.ม วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล.

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบประเมินด้านใบงานการทดลอง

แบบประเมินนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ด้านใบงานการทดลอง ของ นางสาวจตุพร ไกรวัน เป็นผู้จัดทำ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวิชาที่เรียน					
2. มีจุดประสงค์การเรียนรู้ทุกใบงาน					
3. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน					
4. ผู้เรียนสามารถศึกษาใบงานได้ด้วยตนเอง					
5. ภาษาที่ใช้ถูกต้อง ชัดเจน สื่อความหมายและเข้าใจได้ง่าย					
6. มีการนำเสนอรูปภาพในใบงานอย่างเหมาะสมเช่น ขนาด ความคมชัด เป็นต้น					
7. มีการออกแบบให้เกิดการเรียนรู้แบบปฏิบัติได้จริง					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานการทดลอง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
แบบประเมินด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

แบบประเมินนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด ของนางสาวจตุพร ไกรวัน เป็นผู้จัดทำ

<u>คำชี้แจง</u> ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านโดยที่ระดับค่า

5 หมายถึง ดีมาก
4 หมายถึง ดี
3 หมายถึง ปานกลาง
2 หมายถึง พอใช้
1 หมายถึง ควรปรับปรุง

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. มีความแข็งแรง ทนทาน					
2. สะดวกในการเคลื่อนย้าย					
3. จัดวางตำแหน่งอุปกรณ์อย่างเหมาะสม					
4. ใช้สีและขนาดของตัวอักษรบนบอร์ดทดลองอย่างเหมาะสม					
5. มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
6. ชุดทดลองมีขนาดเหมาะสมกับการทดลอง					
7. ชุดทดลองมีอุปกรณ์ให้ทดลองครอบคลุมใบงานทดลอง					

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านแผงอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

แบบสอบถามความพึงพอใจ

เรื่อง ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

คำชี้แจง โปรดเติมเครื่องหมาย ✓ และกรอกข้อความให้สมบูรณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจในด้านต่างๆต่อการเรียน

ระดับ 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง
2 = น้อย 1 = น้อยมาก

ข้อคำถาม	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหา (ใบงานการทดลอง)					
1. ใบงานการทดลองมีเนื้อหาและขั้นตอนที่ชัดเจน					
2. เนื้อหาเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน					
3. เนื้อหาไม่ยากเกินไปสำหรับเริ่มต้นการเรียนรู้					
4. เนื้อหามีประโยชน์สามารถนำไปต่อยอดในอนาคตได้					
5. เนื้อหาสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง					
ด้านชุดทดลอง					
1. ความทันสมัย เหมาะสมต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน					
2. ความสะดวกในการพกพา					
3. ออกแบบจัดวางอุปกรณ์อย่างเหมาะสมและเอื้อต่อการใช้งาน					
4. เลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างครบถ้วน					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

แบบประเมินสมรรถนะ

ใบงานการทดลองที่ 1 ถึง ใบงานการทดลองที่ 7 และใบงานแบบทดสอบ

แบบประเมินสมรรถนะ

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

ชื่อหน่วย วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า **รหัสวิชา** 30105 – 2029

ระดับคะแนน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน

ระดับ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

ชื่อ – นามสกุล (ผู้ทดลอง).....

รายการที่ประเมิน	**คะแนนการปฏิบัติงาน (คะแนน)**			**หมายเหตุ**
	3	**2**	**1**	
1. ประกอบวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้				
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่าง แรงดันไฟฟ้าและความถี่ของวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้				
3. เขียนรูปร่างสัญญาจากวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้				
4. แก้ไขปัญหาของวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้				
5. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน				
6. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน				
7. ความเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน				
รวม				

ความคิดเห็น

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

( )

แบบประเมินสมรรถนะ

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

ชื่อหน่วย วงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณ

รหัสวิชา 30105 – 2029

ระดับคะแนน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน

ระดับ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

ชื่อ – นามสกุล (ผู้ทดลอง).....

รายการที่ประเมิน	**คะแนนการปฏิบัติงาน (คะแนน)**			**หมายเหตุ**
	3	**2**	**1**	
1. ประกอบวงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณได้				
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่าง แรงดันไฟฟ้าและความถี่ของวงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณได้				
3. เขียนรูปร่างสัญญาจากวงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณได้				
4. แก้ไขปัญหาของวงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณได้				
5. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน				
6. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน				
7. ความเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน				
รวม				

ความคิดเห็น

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

( )

แบบประเมินสมรรถนะ

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

ชื่อหน่วย วงจรอินทิเกรเตอร์ **รหัสวิชา** 30105 – 2029

ระดับคะแนน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน

ระดับ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

ชื่อ – นามสกุล (ผู้ทดลอง).....

รายการที่ประเมิน	**คะแนนการปฏิบัติงาน (คะแนน)**			**หมายเหตุ**
	3	**2**	**1**	
1. ประกอบวงจรอินทิเกรเตอร์ได้				
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่าง แรงดันไฟฟ้าวงจรอินทิเกรเตอร์ได้				
3. เขียนรูปร่างสัญญาจากวงจรอินทิเกรเตอร์ได้				
4. อ่านค่าทางไฟฟ้าจากออสซิลโลสโคปได้				
5. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน				
6. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน				
7. ความเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน				
รวม				

ความคิดเห็น

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

( )

แบบประเมินสมรรถนะ

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

ชื่อหน่วย วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ **รหัสวิชา** 30105 – 2029

ระดับคะแนน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน

ระดับ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

ชื่อ – นามสกุล (ผู้ทดลอง).....

รายการที่ประเมิน	**คะแนนการปฏิบัติงาน (คะแนน)**			**หมายเหตุ**
	3	**2**	**1**	
1. ประกอบวงจรวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ได้				
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่างสัญญาณวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ได้				
3. เขียนรูปร่างสัญญาจากวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ได้				
4. อ่านค่าทางไฟฟ้าจากออสซิลโลสโคปได้				
5. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน				
6. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน				
7. ความเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน				
รวม				

ความคิดเห็น

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

( )

แบบประเมินสมรรถนะ

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

ชื่อหน่วย วงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์ **รหัสวิชา** 30105 – 2029

ระดับคะแนน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน

ระดับ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

ชื่อ – นามสกุล (ผู้ทดลอง).....

รายการที่ประเมิน	**คะแนนการปฏิบัติงาน (คะแนน)**			**หมายเหตุ**
	3	**2**	**1**	
1. ประกอบวงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์ได้				
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่างสัญญาณวงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์ได้				
3. เขียนรูปร่างสัญญาจากวงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์ได้				
4. อ่านค่าทางไฟฟ้าจากออสซิลโลสโคปได้				
5. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน				
6. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน				
7. ความเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน				
รวม				

ความคิดเห็น

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

( )

แบบประเมินสมรรถนะ

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

ชื่อหน่วย วงจรชมิตทริกเกอร์ **รหัสวิชา** 30105 – 2029

ระดับคะแนน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน

ระดับ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

ชื่อ – นามสกุล (ผู้ทดลอง).....

รายการที่ประเมิน	**คะแนนการปฏิบัติงาน (คะแนน)**			**หมายเหตุ**
	3	**2**	**1**	
1. ประกอบวงจรชมิตทริกเกอร์ได้				
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าได้				
3. เขียนรูปร่างสัญญาณจากวงจรชมิตทริกเกอร์ได้				
4. อ่านค่าทางไฟฟ้าจากดิจิตอลมิเตอร์ได้				
5. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน				
6. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน				
7. ความเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน				
รวม				

ความคิดเห็น

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

( )

แบบประเมินสมรรถนะ

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

ชื่อหน่วย วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์ **รหัสวิชา** 30105 – 2029

ระดับคะแนน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน

ระดับ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

ชื่อ – นามสกุล (ผู้ทดลอง).....

รายการที่ประเมิน	**คะแนนการปฏิบัติงาน (คะแนน)**			**หมายเหตุ**
	3	**2**	**1**	
1. ประกอบวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบต่างๆ ได้				
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าจากวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบต่างๆ ได้				
3. เขียนรูปร่างสัญญาณจากวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบต่างๆ ได้				
4. อ่านค่าทางไฟฟ้าจากดีซีโวลต์มิเตอร์ได้				
5. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน				
6. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน				
7. ความเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน				
รวม				

ความคิดเห็น

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

( )

แบบประเมินสมรรถนะ

คะแนนที่ได้
คะแนนเต็ม

ชื่อหน่วย แบบทดสอบวงจรพัลส์ **รหัสวิชา** 30105 – 2029

ระดับคะแนน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องให้ความช่วยเหลือ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยช่วยเหลือบางส่วน

ระดับ 1 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

ชื่อ – นามสกุล (ผู้ทดลอง).....

รายการที่ประเมิน	**คะแนนการปฏิบัติงาน (คะแนน)**			**หมายเหตุ**
	3	**2**	**1**	
1. ประกอบวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้				
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่าง แรงดันไฟฟ้า และความถี่ของวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้				
3. ประกอบวงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณได้				
4. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่าง แรงดันไฟฟ้า และความถี่ของวงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณได้				
5. ประกอบวงจรอินติเกรเตอร์ได้				
6. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่าง แรงดันไฟฟ้า วงจรอินติเกรเตอร์ได้				
7. ประกอบวงจรวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ได้				
8. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่างสัญญาณ วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ได้				
9. ประกอบวงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์ได้				

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

รายการที่ประเมิน (ต่อ)	คะแนนการปฏิบัติงาน (คะแนน)			หมายเหตุ
	3	2	1	
10. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่างสัญญาณวงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์ได้				
11. ประกอบวงจรชมิตทริกเกอร์ได้				
12. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าได้				
13. ประกอบวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบต่างๆ ได้				
14. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าจากวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบต่างๆ ได้				
15. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน				
16. ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน				
17. ความเรียบร้อยหลังปฏิบัติงาน				
รวม				

ความคิดเห็น

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

( )

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ภาคผนวก จ

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานการทดลอง

ใบงานการทดลองที่ 1 ถึง ใบงานการทดลองที่ 7 และใบงานแบบทดสอบ

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานการทดลองที่ 1

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยใบงานการทดลองที่ 1 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า ประกอบด้วย 10 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 50 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
1	อธิบายหลักการทำงานของวงจร Phase Shift Oscillator และเงื่อนไขที่ทำให้เกิดการออสซิลเลต	5: อธิบายเฟสเลื่อน 180° + กลับเฟสจาก Op-amp รวม 360°, มีอัตราขยาย ≥ 29 3–4: ขาดส่วนประกอบบางจุด 1–2: กล่าวคลาดเคลื่อนหรือไม่ครบ 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
2	เปรียบเทียบโครงสร้างของวงจร Wien-bridge oscillator กับ Twin-T oscillator ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร	5: เปรียบเทียบโครงสร้าง, หลักการ, การกรอง, อัตราขยายครบถ้วน 3–4: เปรียบเทียบได้บางส่วน 1–2: พูดถึงเฉพาะตัวใดตัวหนึ่ง 0: ไม่ตอบหรือผิดประเด็น
3	ค่าความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตในแต่ละวงจรขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง และมีสูตรการคำนวณอย่างไร	5: อธิบาย R, C และสูตร Wien-bridge กับอีกวงจรอย่างถูกต้อง 3–4: ขาดสูตรหรือคำอธิบายบางส่วน 1–2: กล่าวแบบกว้าง ๆ ไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือผิดทั้งหมด
4	เหตุใดการปรับค่าความต้านทานในวงจรจึงส่งผลต่อความถี่ของสัญญาณที่ได้	5: อธิบาย $f \propto 1/RC$ พร้อมตัวอย่างผลของการเปลี่ยนค่า R, C 3–4: ตอบบางส่วนขาดตัวอย่าง 1–2: อธิบายไม่ชัด 0: ไม่ตอบหรือผิด
5	รูปร่างของสัญญาณเอาต์พุตในวงจรออสซิลเลเตอร์แต่ละประเภทมีลักษณะอย่างไร และแตกต่างกันอย่างไร	5: อธิบายสัญญาณไซน์, สี่เหลี่ยม, สามเหลี่ยม, ฟันเลื่อย พร้อมวงจร 3–4: กล่าวถึงบางสัญญาณ 1–2: ข้อมูลสับสนหรือไม่ครบ 0: ไม่ตอบหรือผิด

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
6	หากต้องการให้วงจร 555 astable มี duty cycle ใกล้เคียง 50% มากที่สุด ควรปรับค่าของอุปกรณ์ใดบ้าง	5: อธิบายการใช้ไดโอด + ปรับค่า R1 = R2 ชัดเจน 3–4: กล่าวถึงเฉพาะบางแนวทาง 1–2: อธิบายไม่ชัดหรือผิด 0: ไม่เกี่ยวข้อง
7	อธิบายการแปลงสัญญาณสี่เหลี่ยมให้กลายเป็นสัญญาณสามเหลี่ยมในวงจร Triangle wave oscillator	5: ใช้ integrator (Op-amp + RC) ได้ถูกต้อง พร้อมหลักการแปลง 3–4: กล่าวถึงวงจรแต่ขาดเหตุผล 1–2: คลาดเคลื่อนหลักการ 0: ไม่ตอบหรือผิด
8	เมื่อเปลี่ยนค่า R หรือ C ในวงจร Twin-T oscillator จะส่งผลอย่างไรต่อความถี่ของสัญญาณเอาต์พุต	5: อธิบายผล $f \propto 1/RC$ พร้อมสูตร $f_0 = 1/(2\pi RC)$ 3–4: มีสูตรแต่ขาดคำอธิบาย 1–2: เข้าใจคลาดเคลื่อน 0: ไม่ตอบหรือผิด
9	สัญญาณพัลเลื่อยที่ได้จากไอซี 555 มีคุณสมบัติอย่างไร และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานอิเล็กทรอนิกส์ประเภทใดได้บ้าง	5: อธิบายแรงดันเปลี่ยนช้า + ยกตัวอย่างการใช้งาน 2 อย่าง 3–4: กล่าวบางส่วน 1–2: ข้อมูลคลุมเครือ 0: ไม่ตอบหรือผิด
10	จากการทดลองทั้งหมด วงจรประเภทใดให้สัญญาณที่มีความเสถียรมากที่สุด และเพราะเหตุใด	5: ตอบ Wien-bridge + เหตุผลเฟสและอัตราขยายเสถียร 3–4: ตอบถูกแต่ขาดคำอธิบายชัดเจน 1–2: ตอบผิดหรือไม่ครบ 0: ไม่ตอบหรือผิดทั้งหมด

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานการทดลองที่ 2

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยใบงานการทดลองที่ 2 วงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณ ประกอบด้วย 6 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
1	วงจรลดทอนสัญญาณที่ใช้ตัวต้านทานมีลักษณะอย่างไร และมีหลักการทำงานอย่างไร	5: อธิบายการใช้ตัวต้านทาน 2 ตัว, รูปแบบ voltage divider, Vp-p ลดลง 3–4: ขาดรายละเอียดบางส่วน 1–2: อธิบายคลาดเคลื่อนหรือไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือผิดทั้งหมด
2	ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของวงจรลดทอนสามารถคำนวณได้จากสมการใด	5: ให้สมการ EO = (R2 / (R1 + R2)) × Ei พร้อมคำอธิบายตัวแปร 3–4: ให้สมการแต่ไม่ครบถ้วนหรือขาดคำอธิบาย 1–2: สมการผิดหรืออธิบายคลุมเครือ 0: ไม่ตอบหรือผิด
3	เมื่อใช้วงจร RC กับสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม จะเกิดสัญญาณรูปร่างใดที่ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ	5: ตอบได้ว่า R ⟶ Differentiated, C ⟶ Integrated ถูกต้อง 3–4: ตอบได้บางส่วน 1–2: สลับตำแหน่งหรือไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือผิดทั้งหมด
4	หลักการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเป็นสามเหลี่ยมเป็นอย่างไร	5: อธิบายการใช้ integrator (Op-amp + RC), ได้ ramp ⟶ สามเหลี่ยม 3–4: ขาดหลักการบางส่วน 1–2: คลาดเคลื่อนแนวคิด 0: ไม่ตอบหรือผิด
5	หากต้องการแปลงสัญญาณสามเหลี่ยมเป็นสัญญาณไซน์ ควรใช้อุปกรณ์วงจรใด	5: ใช้ op-amp integrator แบบกลับเฟส + ค่า RC เหมาะสม 3–4: ขาดรายละเอียดการบิดรูปคลื่น 1–2: คลาดเคลื่อนหรือไม่ชัด

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
		1–2: คลาดเคลื่อนหรือไม่ชัด 0: ไม่ตอบหรือผิด
6	ในการแปลงสัญญาณรูปสามเหลี่ยมให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม จำเป็นต้องใช้วงจรชนิดใด	5: ใช้ inverting differentiator ได้ถูกต้อง + ได้สัญญาณพัลส์ 3–4: กล่าวถึงตัววงจรแต่ขาดผลลัพธ์ชัดเจน 1–2: คลาดเคลื่อนหลักการทำงาน 0: ไม่ตอบหรือผิด

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานการทดลองที่ 3

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยใบงานการทดลองที่ 3 วงจรอินทิเกรเตอร์ ประกอบด้วย 5 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 25 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
1	ไทม์คอนสแตนต์ (τ) ของวงจร RC คืออะไร และคำนวณได้อย่างไร	5: อธิบายถูกต้องครบถ้วน พร้อมสูตร $\tau = RC$ และอธิบายความหมายของแต่ละตัวแปร 3–4: ตอบถูกส่วนใหญ่ เช่น บอกสูตรแต่ขาดการอธิบายบางจุด 1–2: ตอบไม่ครบ หรืออธิบายคลาดเคลื่อนบางส่วน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
2	ในวงจร RC อินทิเกรเตอร์ เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไป เอาต์พุตจะมีลักษณะอย่างไร	5: อธิบายว่าผลลัพธ์เป็น ramp หรือสามเหลี่ยม พร้อมเหตุผลเกี่ยวกับการเก็บ/คายประจุ 3–4: ตอบว่ารูปคลื่นเปลี่ยนได้ถูกต้อง แต่ขาดคำอธิบายชัดเจน 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนบางส่วน หรือไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
3	วงจรอินทิเกรเตอร์ที่ใช้ออปแอมป์สามารถแปลงสัญญาณรูปคลื่นต่าง ๆ ได้อย่างไร	5: ให้ความสัมพันธ์ครบ เช่น สี่เหลี่ยม ⟶ สามเหลี่ยม, ไซน์ ⟶ ไซน์ (เลื่อนเฟส), ฯลฯ 3–4: ให้ความสัมพันธ์ถูกต้องบางส่วน 1–2: ให้ความสัมพันธ์ผิดหรือคลาดเคลื่อนหลายคู่ 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
4	หากค่า τ ของวงจรอินทิเกรเตอร์มาก เมื่อเทียบกับคาบของสัญญาณพัลส์ จะมีผลอย่างไรต่อเอาต์พุต	5: อธิบายถูกต้องว่ารูปคลื่นเปลี่ยนเป็น ramp หรือสามเหลี่ยม เพราะมีเวลาสะสมประจุมากขึ้น 3–4: ตอบผลลัพธ์ถูกแต่ไม่มีเหตุผลชัดเจน 1–2: ตอบไม่ครบหรืออธิบายคลาดเคลื่อน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
5	จุดตัดด้านความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำ (Low-pass filter) คำนวณได้จากสูตรใด	5: ให้สูตร $f_c = 1 / (2\pi RC)$ ถูกต้อง พร้อมอธิบายตัวแปร 3–4: ให้สูตรถูกต้องแต่ไม่อธิบายความหมาย 1–2: สูตรผิดหรืออธิบายไม่ชัด 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานการทดลองที่ 4

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยใบงานการทดลองที่ 4 วงจรดิฟเฟอร์เรนติเอเตอร์ ประกอบด้วย 5 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 25 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
1	วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ทำหน้าที่อย่างไร	5: อธิบายได้ว่าทำหน้าที่หาอนุพันธ์ของสัญญาณอินพุต เช่น สี่เหลี่ยม ⟶ ยอดแหลม และสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ 3–4: ตอบถูกแต่ขาดคำอธิบายบางส่วน 1–2: อธิบายคลาดเคลื่อนหรือไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
2	เมื่อเปลี่ยนค่า C หรือ R จะมีผลต่อสัญญาณเอาต์พุตอย่างไร	5: อธิบายผลของ RC ต่อความเร็วในการตอบสนอง เช่น RC น้อย ⟶ แหลมคม, RC มาก ⟶ ช้าลง 3–4: ตอบหลักการถูกต้องแต่ขาดตัวอย่างหรือคำอธิบาย 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนบางส่วน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
3	ถ้าอินพุตเป็นสัญญาณ DC เอาต์พุตของวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์จะเป็นอย่างไร	5: อธิบายว่าเอาต์พุตจะเป็น 0 V เพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3–4: ตอบถูกแต่ขาดเหตุผลสนับสนุน 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนบางส่วนหรือไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
4	วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์สามารถทำหน้าที่เป็นวงจรกรองแบบใด	5: ตอบได้ว่าเป็น High-pass filter พร้อมคำอธิบาย 3–4: ตอบว่ากรองความถี่สูงได้แต่ไม่มีคำอธิบายชัดเจน 1–2: ตอบไม่ครบหรือไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
5	เมื่อใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณป้อนคลื่นสี่เหลี่ยม ความถี่สูงขึ้น เอาต์พุตของวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์จะเปลี่ยนอย่างไร	5: อธิบายว่ารูปคลื่นเอาต์พุตจะแคบลงและสูงขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันเร็วขึ้น 3–4: ตอบถูกแต่ขาดคำอธิบายหรือหลักการ RC 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนหรืออธิบายไม่ครบ 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานการทดลองที่ 5

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยใบงานการทดลองที่ 5 วงจรคลิปเปอร์และแคลมเปอร์ ประกอบด้วย 6 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
1	วงจรคลิปเปอร์ทำหน้าที่อะไร	5: อธิบายได้ว่าทำหน้าที่ตัดบางส่วนของสัญญาณโดยเฉพาะช่วงแรงดันที่สูงหรือต่ำเกินไป 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดคำอธิบายเสริม 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนบางส่วนหรืออธิบายไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
2	ความแตกต่างระหว่างวงจรคลิปเปอร์แบบไดโอดต่ออนุกรมกับแบบต่อขนานคืออะไร	5: อธิบายความแตกต่างของตำแหน่งไดโอดและผลต่อการตัดสัญญาณได้ชัดเจน 3–4: ตอบถูกต้องแต่ยังไม่ครบประเด็น 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนบางส่วน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
3	วงจรแคลมเปอร์ต่างจากวงจรคลิปเปอร์อย่างไร	5: อธิบายได้ว่าคลิปเปอร์ตัดรูปคลื่น ส่วนแคลมเปอร์เลื่อนระดับโดยไม่เปลี่ยนรูปคลื่น 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดคำอธิบายสนับสนุน 1–2: ตอบไม่ครบหรือไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
4	ถ้าในวงจรแคลมเปอร์ไม่ใส่ไบอัสจะเกิดอะไรขึ้นกับเอาต์พุต	5: อธิบายว่าเอาต์พุตจะเลื่อนตามการเก็บประจุของตัวเก็บเพียงอย่างเดียว ทำให้การเลื่อนไม่แน่นอน 3–4: ตอบได้ว่าไม่มีไบอัสมีผลต่อระดับการเลื่อน แต่ขาดเหตุผลสนับสนุน 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนบางส่วนหรือไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง
5	ทำไมจึงนิยมใช้ซีเนอร์ไดโอดในวงจรคลิปเปอร์แทนแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง	5: ตอบได้ว่าซีเนอร์ไดโอดควบคุมแรงดันได้แม่นยำขนาดเล็ก และไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายภายนอก 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดรายละเอียดบางส่วน 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนบางส่วน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
6	ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นในวงจรแคลมเปอร์	5: ระบุปัจจัยหลักครบถ้วน เช่น ค่าของ R, C, ไบอัส, รูปคลื่นอินพุต 3–4: ระบุปัจจัยถูกต้องแต่ไม่ครบทุกข้อหรือไม่ชัดเจน 1–2: ตอบบางส่วนหรือไม่ถูกต้องทั้งหมด 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานการทดลองที่ 6

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยใบงานการทดลองที่ 6 วงจรชมิตทริกเกอร์ ประกอบด้วย 5 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 25 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
1	วงจรชมิตทริกเกอร์มีหน้าที่หลักคืออะไร	5: อธิบายได้ว่าทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอินพุต เช่น คลื่นไซน์ ให้เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม โดยใช้หลักการเปรียบเทียบแรงดันและการป้อนกลับแบบบวก 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดการอธิบายหลักการทำงานหรือรายละเอียดบางส่วน 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนบางจุด หรืออธิบายไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือเนื้อหาไม่เกี่ยวข้อง
2	อะไรคือข้อดีของการใช้วงจรชมิตทริกเกอร์กับสัญญาณอินพุตที่มีสัญญาณรบกวน	5: อธิบายได้ถึงคุณสมบัติ “ฮิสเทอรีซิส” ที่ช่วยกรองสัญญาณรบกวนและทำให้เอาต์พุตมีความเสถียร 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดการกล่าวถึง hysteresis หรือผลที่มีต่อการเปลี่ยนสถานะ 1–2: คำตอบมีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ชัดเจนเรื่องผลต่อสัญญาณรบกวน 0: ไม่ตอบหรือคำตอบไม่เกี่ยวข้องกับประเด็น
3	ความแตกต่างระหว่างชมิตทริกเกอร์แบบกลับเฟสและไม่กลับเฟสคืออะไร	5: อธิบายได้ว่าแบบกลับเฟสใช้อินพุตที่ขา inverting และเอาต์พุตมีเฟสตรงข้าม ส่วนแบบไม่กลับเฟสใช้อินพุตที่ขา non-inverting และเอาต์พุตเฟสตรงกัน 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดรายละเอียดด้านตำแหน่งขาอินพุตหรือผลของเฟส 1–2: ตอบไม่ชัดเจนหรือคลาดเคลื่อนในคำอธิบายเรื่องเฟสหรือตำแหน่งอินพุต 0: ไม่ตอบหรือเนื้อหาไม่เกี่ยวข้อง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
4	ทำไมวงจรชมิตทริกเกอร์จึงเหมาะกับการสร้างสัญญาณดิจิทัล	5: อธิบายได้ว่าสามารถเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นดิจิทัลที่มีขอบสัญญาณคมชัด และเหมาะกับการใช้งานในระบบดิจิทัล 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดการเน้นเรื่องความคมชัดของขอบสัญญาณหรือการใช้งานในระบบดิจิทัล 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนหรือไม่สื่อถึงคุณสมบัติที่ทำให้เหมาะกับงานดิจิทัล 0: ไม่ตอบหรือเนื้อหาไม่ตรงประเด็น
5	อุปกรณ์ใดบ้างที่สามารถนำมาสร้างวงจรชมิตทริกเกอร์ได้	5: ยกตัวอย่างได้อย่างถูกต้อง เช่น ทรานซิสเตอร์ ออปแอมป์ IC พร้อมอธิบายว่าใช้สร้างวงจรชมิตทริกเกอร์ได้ 3–4: ยกตัวอย่างได้ถูกต้องแต่ไม่มีคำอธิบายประกอบ 1–2: ยกตัวอย่างอุปกรณ์คลาดเคลื่อน หรือไม่สื่อถึงการใช้ในชมิตทริกเกอร์ 0: ไม่ตอบหรือยกตัวอย่างผิดทั้งหมด

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานการทดลองที่ 7

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยใบงานการทดลองที่ 6 วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์ประกอบด้วย 10 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 50 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
1	มัลติไวเบรเตอร์มีกี่ประเภท อะไรบ้าง	5: ตอบว่ามี 3 ประเภท และระบุชื่อได้ถูกต้องครบทั้ง โมโนสเตเบิล, ไบสเตเบิล, อะสเตเบิล 3–4: ตอบจำนวนประเภทถูกต้องแต่ตกหล่นชื่อประเภทใดประเภทหนึ่ง หรือสะกดผิดเล็กน้อย 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนเรื่องจำนวนหรือชื่อประเภทไม่ถูกต้อง 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
2	วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์มีลักษณะการทำงานอย่างไร	5: อธิบายได้ว่ามี 1 สภาวะคงที่ เมื่อทริกจะเข้าสู่สภาวะไม่เสถียรชั่วขณะ แล้วกลับสู่สภาวะเดิม 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดความชัดเจนหรือคำสำคัญบางคำ เช่น "ไม่เสถียรชั่วขณะ" 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนบางส่วน หรือใช้คำกำกวม 0: ไม่ตอบหรืออธิบายผิดแนวทาง
3	คาบเวลาของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 ขึ้นอยู่กับอะไร	5: ระบุว่าขึ้นอยู่กับ R1 และ C1 และให้สูตร TP = 1.1 × R1 × C1 ได้ 3–4: ระบุองค์ประกอบ R1 และ C1 ถูกต้องแต่ไม่มีสูตร 1–2: ระบุผิดหรือไม่ครบถ้วน 0: ไม่ตอบหรือผิดทั้งหมด
4	ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์มีสถานะคงที่กี่สถานะ และเปลี่ยนสถานะได้อย่างไร	5: ตอบว่ามี 2 สถานะคงที่ และเปลี่ยนสถานะด้วยทริกจากภายนอก 3–4: ตอบถูกแต่ขาดบางส่วน เช่น ไม่ระบุว่าเปลี่ยนด้วยทริก 1–2: ตอบคลาดเคลื่อน เช่น เข้าใจผิดว่าอัตโนมัติ 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
5	สัญญาณที่ได้จากวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์มีลักษณะอย่างไร	5: อธิบายว่าเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมที่เกิดขึ้นเองอย่างต่อเนื่อง 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดคำว่า "ไม่ต้องทริก" หรือคำอธิบายเสริม 1–2: ตอบไม่ชัดเจนหรือสื่อความหมายผิด 0: ไม่ตอบหรือเข้าใจผิดอย่างชัดเจน
6	ไอซีเบอร์ 74121 ทำหน้าที่อย่างไรในวงจรโมโนสเตเบิล	5: อธิบายว่าทำหน้าที่สร้างพัลส์ชั่วขณะหลังการทริก และทริกซ้ำไม่ได้จนกว่าพัลส์จะจบ 3–4: ตอบได้ว่าทำหน้าที่สร้างพัลส์หลังการทริกแต่ขาดรายละเอียดการทริกซ้ำ 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหน้าที่ของไอซี 0: ไม่ตอบหรืออธิบายผิด
7	อุปกรณ์ใดที่ต้องใช้ในโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เป็นวงจรทริกเกอร์สำหรับไอซี 555	5: ระบุได้ครบทั้งตัวต้านทาน 10 kΩ, ไดโอด 1N4148, ตัวเก็บประจุ 0.1 μF 3–4: ระบุอุปกรณ์ถูกต้องบางรายการ 1–2: ระบุผิดหรือขาดความเกี่ยวข้อง 0: ไม่ตอบหรือผิดทั้งหมด
8	เมื่อเปลี่ยนค่า R ในวงจรโมโนสเตเบิลคาบเวลาจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร	5: อธิบายว่าคาบเวลาจะเพิ่มขึ้นตามค่า R ที่เพิ่มขึ้น (สัมพันธ์โดยตรง) 3–4: ตอบถูกต้องแต่ไม่ใช้คำว่า "สัมพันธ์โดยตรง" หรืออธิบายไม่ชัด 1–2: ตอบผิดแนว เช่น คาบเวลาลดลง 0: ไม่ตอบหรือเข้าใจผิดทั้งหมด
9	ในการทดลองไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ LED1 และ LED2 แสดงผลอย่างไร	5: อธิบายว่าแสดงผลสลับกันตามการกดสวิตช์ เช่น LED1 สว่าง LED2 ดับ 3–4: ตอบถูกต้องแต่ขาดการอธิบายสถานะสลับ 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนหรือไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้อง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
10	สรุปความแตกต่างระหว่างมัลติไวเบรเตอร์ทั้งสามประเภทในแง่ของสภาวะและการทำงาน	5: อธิบายครบทั้ง 3 แบบ โดยสรุปลักษณะสภาวะคงที่และการเปลี่ยนสถานะได้ชัดเจน 3–4: สรุปได้แต่ตกหล่นบางประเภท หรือขาดคำอธิบายบางส่วน 1–2: ตอบสับสนหรือคลาดเคลื่อนในลักษณะการทำงาน 0: ไม่ตอบหรือสับสนทั้งหมด

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยคำถามท้ายใบงานแบบทดสอบ

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยใบงานแบบทดสอบประกอบด้วย 15 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 75 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
1	วงจร Phase Shift Oscillator ต้องการเงื่อนไขใดเพื่อให้เกิดการสั่น	5: ตอบว่า "อัตราขยายลูปปิด (ACL) เท่ากับ 29 เท่า และใช้โครงข่าย RC 3 ชุดในระบบ Feedback" ครบถ้วน 3–4: ตอบถูกบางส่วน เช่นกล่าวถึง ACL หรือ RC 3 ชุด แต่ไม่ครบ 1–2: ตอบคลาดเคลื่อนจากเนื้อหา หรือไม่เข้าใจ ACL/RC 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
2	สูตรการคำนวณความถี่ของวงจร Phase Shift Oscillator ที่ใช้ RC เท่ากันทั้งสามชุดคืออะไร	5: ตอบสูตร $f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$ ได้ถูกต้อง 3–4: ตอบสูตรใกล้เคียง มีพลาดสัญลักษณ์เล็กน้อย 1–2: ตอบสูตรผิด หรือไม่เกี่ยวข้องกับวงจร 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
3	วงจรลดทอนสัญญาณใช้หลักการใดในการลดขนาดของสัญญาณ	5: ตอบว่า "ใช้วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider)" ได้ตรงประเด็น 3–4: ตอบแนวคิดถูกแต่ขาดคำศัพท์สำคัญ 1–2: อธิบายไม่ตรงแนว หรือสับสนกับวงจรขยาย 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
4	สมการในการคำนวณแรงดันเอาต์พุตจากวงจรลดทอนสัญญาณคืออะไร	5: ตอบ $E_O = \frac{R_2}{R_1+R_2} \times E_i$ ถูกต้อง 3–4: ตอบใกล้เคียงแต่มีพลาดบางส่วน 1–2: ตอบสมการผิดหรือไม่เกี่ยวข้อง 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
5	หากอินพุตเป็นสัญญาณพัลส์ สัญญาณเอาต์พุตจะเปลี่ยนรูปร่างหรือไม่	5: ตอบว่า "ไม่เปลี่ยน แค่มีขนาดแรงดันต่ำลง" ครบ 3–4: ตอบถูกแต่ขาดคำสำคัญ เช่นไม่อธิบายเหตุผล 1–2: ตอบผิดแนว เช่นบอกว่าเปลี่ยนรูปคลื่น 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
6	ค่าคงที่เวลา (Time constant) ของวงจร RC คำนวณอย่างไร	5: ตอบสูตร $\tau = R \times C$ ได้ถูกต้อง 3–4: ตอบใกล้เคียง ขาดหน่วยหรืออธิบายไม่ครบ 1–2: ตอบผิดสูตรหรือสับสนกับสมการอื่น 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
7	หากค่า τ มีค่าน้อยกว่าคาบของสัญญาณพัลส์ ผลที่เกิดขึ้นคืออะไร	5: ตอบว่า "ได้สัญญาณเอาต์พุตลักษณะพัลส์สั้น ๆ ไม่เป็น Ramp" ชัดเจน 3–4: ตอบใกล้เคียง มีความเข้าใจพื้นฐาน 1–2: ตอบคลาดเคลื่อน เช่นพูดถึงสัญญาณที่ไม่เกี่ยวข้อง 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
8	เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์เข้าอินทิเกรเตอร์ สัญญาณเอาต์พุตจะมีลักษณะเป็นอย่างไร	5: ตอบว่า "เป็นสัญญาณ Ramp หรือสามเหลี่ยม" ถูกต้องตามทฤษฎี 3–4: ตอบใกล้เคียง เช่นใช้คำว่า 'ลาดเอียง' 1–2: ตอบผิด เช่นเป็นรูปสี่เหลี่ยม หรือไซน์ 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
9	หากป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปในวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ สัญญาณเอาต์พุตจะมีลักษณะอย่างไร	5: ตอบว่า "เกิดสัญญาณแหลมที่ขอบซ้ายและขวาของพัลส์ (Spike)" ชัดเจน 3–4: ตอบใกล้เคียง เช่น 'สัญญาณสั้น' 1–2: ตอบผิดลักษณะ เช่น Ramp หรือไซน์ 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
10	ถ้าอินพุตเป็น DC สัญญาณเอาต์พุตของวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์จะเป็นอย่างไร	5: ตอบว่า "เป็นศูนย์โวลต์ (0V)" ถูกต้อง 3–4: ตอบใกล้เคียงเช่น ไม่มีการเปลี่ยนแปลง 1–2: ตอบผิด เช่นบอกว่าเป็นพัลส์ 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
11	วงจรคลิปเปอร์แบบไดโอดต่ออนุกรมสามารถตัดสัญญาณในช่วงใดของคลื่น	5: ตอบว่า "สามารถตัดสัญญาณช่วงบวกหรือช่วงลบได้ ขึ้นอยู่กับการวางไดโอด" 3–4: ตอบได้ทิศทางใดทิศทางหนึ่ง 1–2: ตอบสับสนกับวงจรอื่น เช่น แคลมเปอร์ 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม

ข้อที่	หัวข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน (เต็ม 5 คะแนน)
12	อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับไดโอดเพื่อกำหนดระดับแรงดันในการตัดคืออะไร	5: ตอบว่า "แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Bias)" 3–4: ตอบใกล้เคียง เช่น ใช้คำว่า 'แรงดันภายนอก' 1–2: ตอบคลาดเคลื่อน หรือใช้คำไม่ชัดเจน 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
13	คุณสมบัติพิเศษของวงจรชมิตทริกเกอร์คืออะไร	5: ตอบว่า "มีจุดไฮสเตอร์ริซิส ทำให้ทริกเกอร์เมื่อแรงดันข้ามค่าที่กำหนด" 3–4: ตอบเรื่องแรงดันเปลี่ยนสถานะ แต่ไม่กล่าวถึงไฮสเตอร์ริซิส 1–2: ตอบสับสนกับวงจรเปรียบเทียบธรรมดา 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
14	วงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบอะสเตเบิลที่ใช้ IC 555 ทำงานโดยอาศัยอะไร	5: ตอบว่า "การชาร์จและคายประจุของตัวเก็บประจุผ่านตัวต้านทาน R1 และ R2" 3–4: ตอบได้ส่วนหนึ่ง เช่น พูดถึงการชาร์จของ C1 อย่างเดียว 1–2: ตอบผิด เช่นพูดถึง IC อื่น 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม
15	สูตรการหาความถี่ของวงจรมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ IC 555 คืออะไร	5: ตอบว่า $f = \frac{1.44}{(R_1+2R_2)C}$ ถูกต้องตามสูตร 3–4: ตอบสูตรใกล้เคียง เช่นพลาดตำแหน่งวงเล็บ 1–2: ตอบสูตรผิดหรือไม่เกี่ยวข้องกับ 555 0: ไม่ตอบหรือไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างใบงานการทดลอง

ใบงานที่ 1 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า

ชื่อ_____ **ชั้น** _____ **เลขที่** _____

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ประกอบวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่าง แรงดันไฟฟ้าและความถี่ของวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้
3. เขียนรูปร่างสัญญาจากวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้
4. แก้ไขปัญหาของวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้

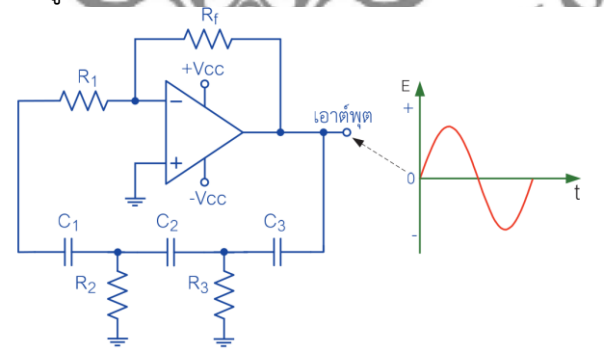
2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองวงจรพัลส์ จำนวน 1 ชุด
2. อุปกรณ์ในการทดลองวงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด

3.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง/ความรู้พื้นฐาน

3.1 วงจรผลิตสัญญาณรูปแบบไซน์แบบ Phase shift Oscillators

วงจรผลิตสัญญาณรูปแบบไซน์แบบ Phase shift Oscillators ประกอบด้วยไอซีออปแอมป์ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุต่อกันเป็นโครงข่ายไฟฟ้า เพื่อให้อัตราการขยายแบบลูปปิด (A_{CL}) เท่ากับ 29 เท่าตามเงื่อนไขของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบนี้ วงจรสร้างสัญญาณรูปไซน์แบบ Phase Shift Oscillators แสดงดังรูป



ภาพที่ ฉ.1 วงจรผลิตสัญญาณรูปแบบไซน์แบบ Phase shift Oscillators

ค่าความถี่ของวงจรสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2(C_1C_2+C_1C_3+C_2C_3)+R_1R_3(C_1C_2+C_1C_3)+R_1R_2C_1C_3}}$$

หากใช้ $R_1 = R_2 = R_3 = R$ และ $C_1 = C_2 = C_3 = C$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{2\times N}} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ f_O = ค่าความถี่ด้านเอาต์พุตของวงจร

N = จำนวนโครงข่าย RC สำหรับ Phase shift

R = ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน (Ω)

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า (F)

π = ค่าคงที่ 3.142857

R_f ทำหน้าที่กำหนดขนาดของสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งจะมีค่ามากกว่า 29R ที่อยู่ในวงจร Feedback ของวงจร จากรูปที่ 1 จำนวน N = 3 ดังนั้นเขียนเป็นสมการใหม่ ดังนี้

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{2\times 3}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \quad \text{.....(2)}$$

ค่าความถี่สูงสุดของวงจรสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$f_{0(\max)} = \frac{GBW}{29} \quad \text{.....(3)}$$

เมื่อ $f_{O\,(max)}$ = ค่าความถี่สูงสุดที่สามารถสร้างจากไอซีออปแอมป์ได้

GBW = Gain Bandwidth ของออปแอมป์แต่ละเบอร์

29 = ค่าคงที่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเลื่อนเฟส

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตัวอย่าง datasheet TL072 ในการดูค่า GBW

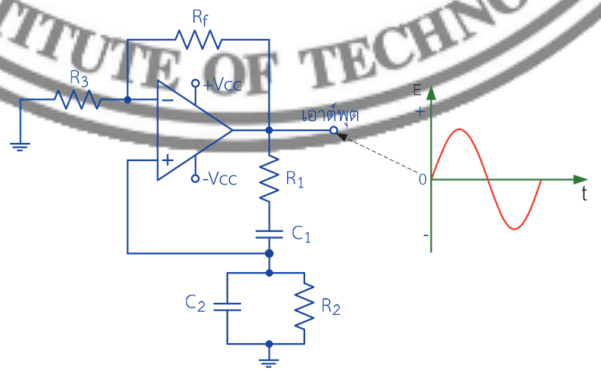
TL071, TL071A, TL071B, TL072
TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLOS080J – SEPTEMBER 1978 – REVISED MARCH 2005

electrical characteristics, $V_{CC\pm}$ = ±15 V (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS†	T_A‡	TL071M TL072M			TL074M			UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO}	Input offset voltage	V_O = 0, R_S = 50 Ω	25°C		3	6		3	9	mV
			Full range			9			15	
α_{VIO}	Temperature coefficient of input offset voltage	V_O = 0, R_S = 50 Ω	Full range		18			18		µV/°C
I_{IO}	Input offset current	V_O = 0	25°C		5	100		5	100	pA
			Full range			20			20	nA
I_{IB}	Input bias current‡	V_O = 0	25°C		65	200		65	200	pA
						50			50	nA
V_{ICR}	Common-mode input voltage range		25°C	±11	−12 to 15		±11	−12 to 15		V
V_{OM}	Maximum peak output voltage swing	R_L = 10 kΩ	25°C	±12	±13.5		±12	±13.5		V
		R_L ≥ 10 kΩ	Full range	±12			±12			
		R_L ≥ 2 kΩ		±10			±10			
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification	V_O = ±10 V, R_L ≥ 2 kΩ	25°C	35	200		35	200		V/mV
				15			15			
B_1	Unity-gain bandwidth	T_A = 25°C			3			3		MHz
r_i	Input resistance	T_A = 25°C			10^{12}			10^{12}		Ω
CMRR	Common-mode rejection ratio	V_{IC} = V_{ICR}min, V_O = 0, R_S = 50 Ω	25°C	80	86		80	86		dB
k_{SVR}	Supply-voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC\pm}/\Delta V_{IO}$)	V_{CC} = ±9 V to ±15 V, V_O = 0, R_S = 50 Ω	25°C	80	86		80	86		dB
I_{CC}	Supply current (each amplifier)	V_O = 0, No load	25°C		1.4	2.5		1.4	2.5	mA

3.2 วงจรผลิตสัญญาณรูปไซน์แบบ Wien-bridge oscillator

วงจรผลิตสัญญาณรูปไซน์แบบ Wien-bridge oscillator ประกอบด้วยไอซีออปแอมป์ ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุต่อกันในโครงข่าย แสดงดังรูปที่ 2 โดยมีตัวต้านทานไฟฟ้าต่อจากเอาต์พุตไปยังขาอินพุต Inverting (-) ของออปแอมป์ มีตัวต้านทานไฟฟ้าต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุจากเอาต์พุต ไปยังขาอินพุต Non-inverting (+) ของออปแอมป์ และมีตัวต้านทานไฟฟ้าต่อขนานกับตัวเก็บประจุต่อจากขาอินพุต non-inverting ของออปแอมป์ ไปยังกราวด์ และอัตราขยาย (A_{CL}) ของวงจรจะใช้อัตราการขยาย 3 เท่า



ภาพที่ ฉ.2 วงจรผลิตสัญญาณรูปไซน์แบบ Wien-bridge oscillator

ค่าความถี่ของวงจรสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad \text{.....(4)}$$

หากใช้ $R_1 = R_2 = R$ และ $C_1 = C_2 = C$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad \text{.....(5)}$$

จากข้อกำหนดของวงจร Wien-bridge oscillator ต้องใช้อัตราขยายเท่ากับ 3 เท่า (ในทางปฏิบัติอัตราขยายต้องมากกว่า 3 เท่าเล็กน้อย วงจร Wien-bridge oscillator จึงจะทำงานได้ปกติ)

$$A_{CL} = 3$$

และจากวงจร Wien-bridge oscillator เป็นวงจรขยายแบบ Non-inverting ดังนั้น อัตราขยายหาได้จาก

$$A_{CL} = 1 + \frac{R_f}{R_3}$$

จะได้

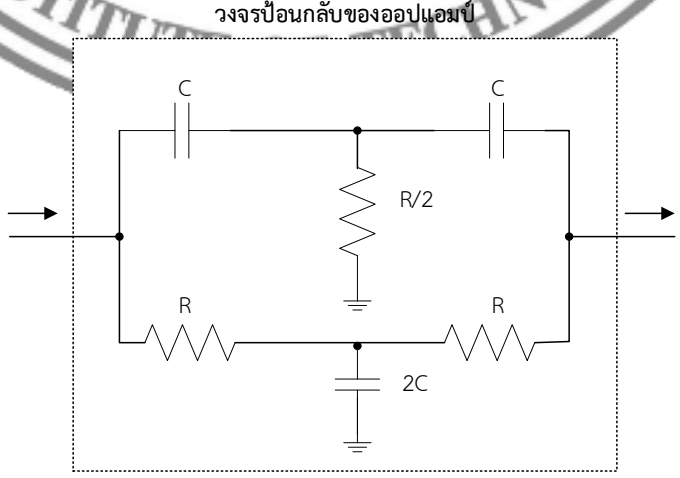
$$3 = 1 + \frac{R_f}{R_3}$$

และ

$$R_f = 2R_3 \quad \text{.....(6)}$$

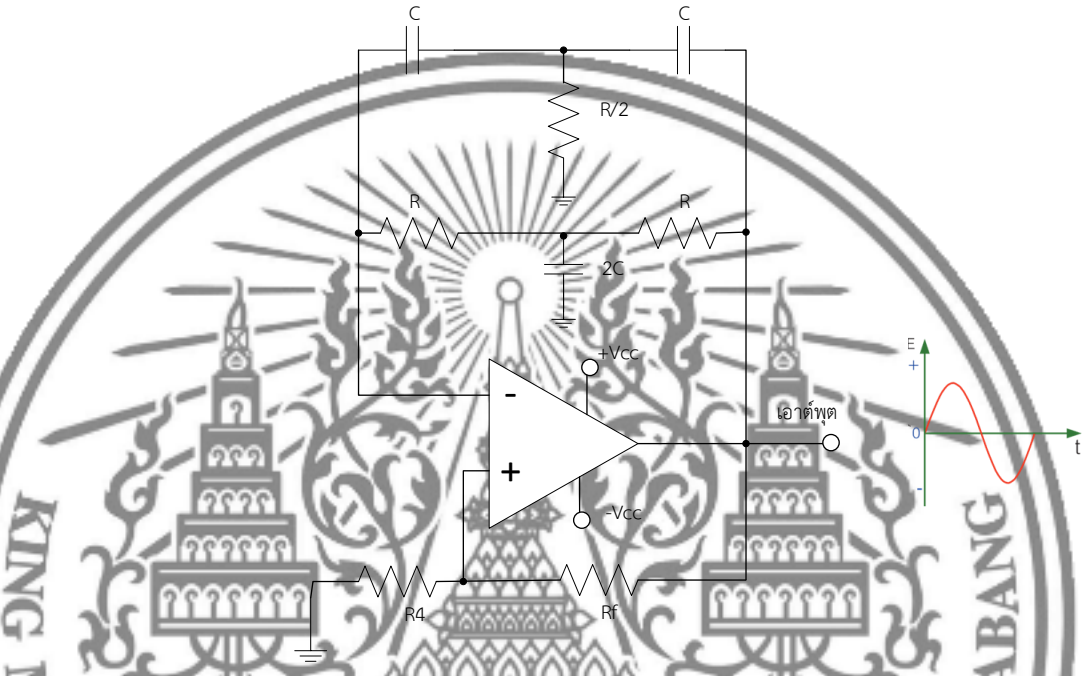
3.3 วงจรสร้างสัญญาณรูปไซน์แบบ Twin-T oscillator

วงจรสร้างสัญญาณรูปไซน์แบบ Twin-T oscillator คือการจัดวางโครงข่ายของ RC ด้านวงจรป้อนกลับของวงจรจะคล้ายกับตัว T จำนวน 2 ตัว โดย T ตัวที่หนึ่งเป็น C จำนวน 2 ตัว R จำนวน 1 ตัว T ตัวที่สองเป็น R จำนวน 2 ตัว C จำนวน 1 ตัว



ภาพที่ ฉ.3 หลักการพื้นฐานของวงจร Twin-T oscillator

จากรูปที่ ฉ.3 ค่าของ R ที่ต่อลงกราวด์ของวงจรด้านบนจะมีค่าครึ่งหนึ่งของ R ในวงจรด้านล่าง ส่วน C ที่ต่อลงกราวด์ของวงจรด้านล่างจะมีค่าเป็นสองเท่าของ C ในวงจรด้านบน วงจรสร้างสัญญาณ Twin-T oscillator ที่สมบูรณ์ แสดงดังรูป



ภาพที่ ฉ.4 วงจรสร้างสัญญาณรูปไซน์แบบ Twin-T oscillator

ค่าความถี่ของสัญญาณรูปไซน์ด้านเอาต์พุตคำนวณได้จากสมการ

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC} \quad \text{.....(7)}$$

เมื่อ f_O = ค่าความถี่ด้านเอาต์พุตของวงจร

R = ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน (Ω)

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า (F)

π = ค่าคงที่ 3.142857

3.4 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยม

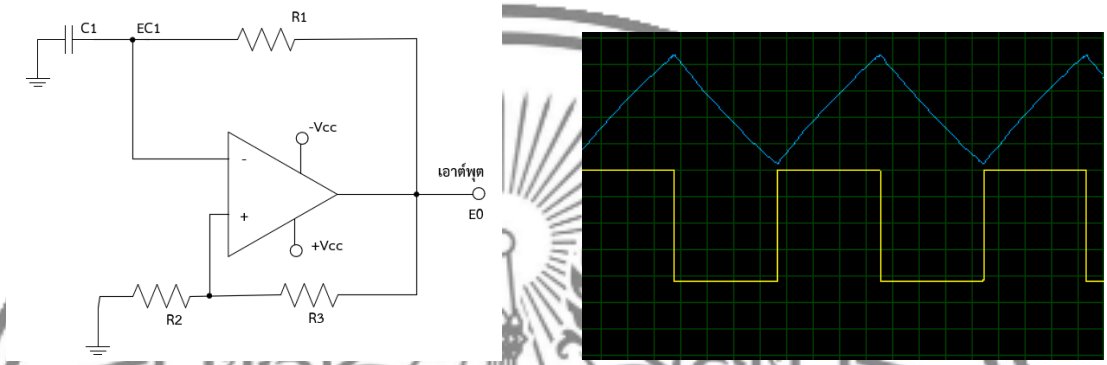
สัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมสามารถสร้างได้ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลายวงจร เช่น สร้างจากทรานซิสเตอร์ที่ต่อให้ทำงานแบบอะสเตเบิล สร้างจากไอซี 555 ที่ต่อให้ทำงานแบบอะสเตเบิลหรือสร้างจากออปแอมป์

3.4.1 วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์

วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์จะอาศัยการทำงานในสองลักษณะ คือ ในส่วนของวงจรป้อนกลับแบบบวกจะใช้ตัวต้านทานต่อเป็นโครงข่ายไฟฟ้า แต่ในการ

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ป้อนกลับแบบลบจะอาศัยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อกันเป็นวงจรอินติเกรเตอร์ ดังนั้นสัญญาณที่ขาอินพุต Inverting (-) ของออปแอมป์จึงเป็นสัญญาณที่ตกคร่อม C_1 คือสัญญาณอินติเกรเตอร์ ทำให้เอาต์พุตของออปแอมป์เป็นสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยม แสดงดังรูป



(ก) วงจรผลิตสัญญาณสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์ (ข) รูปร่างสัญญาณที่จุดต่างๆ ภายในวงจร

ภาพที่ ฉ.5 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์และรูปร่างสัญญาณที่จุดต่างๆ ภายในวงจร

ค่าความถี่ของสัญญาณรูปไซน์ด้านเอาต์พุตคำนวณได้จากสมการ

$$f_o = \frac{1}{2R_1C_1 \ln[1+\frac{2R_2}{R_3}]} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ f_o = ค่าความถี่ของสัญญาณด้านเอาต์พุตของวงจร (Hz)

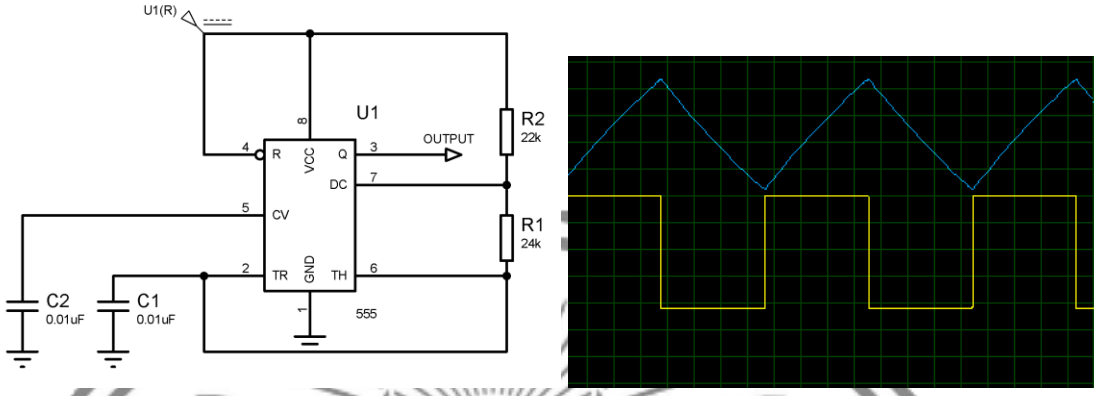
R = ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน (Ω)

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า (F)

ln = ค่า log ฐาน ε

3.4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไอซี 555

ไอซี 555 เป็นไอซีไทม์เมอร์ที่นิยมใช้สำหรับกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยม โดยออกแบบให้ทำงานในลักษณะอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งมี RC ต่อเป็นโครงข่ายวงจรไฟฟ้าร่วมกับไอซี วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไอซี 555 แสดงดังรูปที่ 2 โดยการอาศัยการชาร์ตประจุและคายประจุของ C_1 ผ่าน R_1 และ R_2 เมื่อค่าแรงดันที่ตกคร่อม C_1 เพิ่มขึ้นมากกว่า 2/3Vcc จะทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นตรงข้ามกัน และ C_1 เริ่มคายประจุ เมื่อแรงดันตกคร่อม C_1 ลดลงน้อยกว่า 1/3Vcc จะทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นตรงกันข้ามอีกครั้ง และ C_1 เริ่มเก็บประจุอีกรอบ ทำงานเช่นนี้เรื่อยไป รูปร่างของวงจรแสดงดังรูป



(ก) วงจรผลิตสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไอซี 55 (ข) รูปร่างสัญญาณที่จุดต่างๆ ภายในวงจร

ภาพที่ ฉ.6 วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไอซี 555 และรูปร่างสัญญาณที่จุดต่างๆ ภายในวงจร

ค่าความถี่ของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมด้านเอาต์พุต คำนวณได้จากสมการ

$$f_o = \frac{1.44}{(R_1+2R_2)C_1} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ f_o = ค่าความถี่ของสัญญาณด้านเอาต์พุตของวงจร (Hz)

R_1 = ค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ต่อจาก +Vcc ไปยัง ขา 7 ของไอซี 555 (Ω)

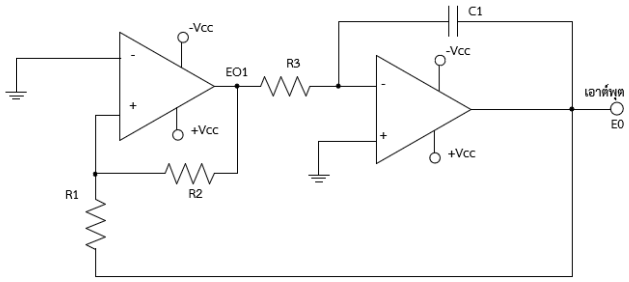
R_2 = ค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ต่อจาก ขา 7 ของไอซี 555 ไปยังขา 6,2 (Ω)

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ต่อจากขา 6,2 ไปยังกราวด์ (F)

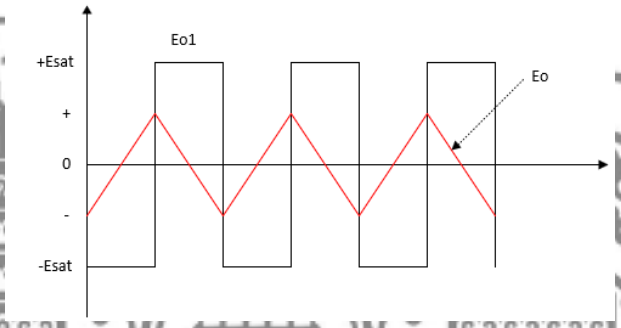
C_2 ที่ต่อจากขา 5 ไปยังกราวด์ ไม่มีผลต่อความถี่ เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ใช้ในการกรองสัญญาณรบกวนจากภายในไอซี ที่ต่อจากส่วนของวงจร Control Voltage ของไอซี 555 ซึ่งปกติจะใช้ค่า 0.01 uF ถึง 0.1 uF

3.5 วงจรผลิตสัญญาณรูปสามเหลี่ยม

วงจรสร้างสัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ใช้ออปแอมป์ จะใช้หลักการสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมขึ้นมา แล้วใช้วงจรอินติเกรเตอร์แปลงให้เป็นสัญญาณรูปร่างสามเหลี่ยม ดังรูป



(ก) วงจรผลิตสัญญาณสามเหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์



(ข) รูปร่างสัญญาณที่จุดต่างๆ ภายในวงจร

ภาพที่ ฉ.7 วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสามเหลี่ยมด้วยออปแอมป์

จากรูปที่ ฉ.7 สมมติให้ E_{O1} มีค่าเป็น $-E_{sat}$ สัญญาณนี้จะเป็นอินพุตของวงจรอินติเกรเตอร์ ซึ่งจะอินทิเกรตสัญญาณ $-E_{sat}$ ได้เป็นสัญญาณ Ramp เอียงขึ้น เนื่องจากเป็นอินติเกรเตอร์แบบกลับเฟส เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่จุดเอาต์พุตถึงค่า +Ramp จะทำให้สัญญาณที่จุด E_{O1} เปลี่ยนจาก $-E_{sat}$ เป็น $+E_{sat}$ สัญญาณนี้จะเป็นอินพุตของวงจรอินติเกรเตอร์ ซึ่งจะอินติเกรตสัญญาณ $+E_{sat}$ ได้เป็นสัญญาณ Ramp เอียงลง การทำงานของกระบวนการดังกล่าวจะทำให้สัญญาณที่จุดเอาต์พุตของวงจรจะเป็นสัญญาณรูปสามเหลี่ยม

ค่าความถี่และขนาดของสัญญาณรูปสามเหลี่ยมด้านเอาต์พุตคำนวณได้จากสมการ

$$f_o = \frac{R_2}{4R_1R_3C_1} \quad \text{.....(1)}$$

$$E_{O(p-p)} = \frac{R_1}{R_2} \times E_{sat} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ f_o = ค่าความถี่ของสัญญาณด้านเอาต์พุตของวงจร (Hz)

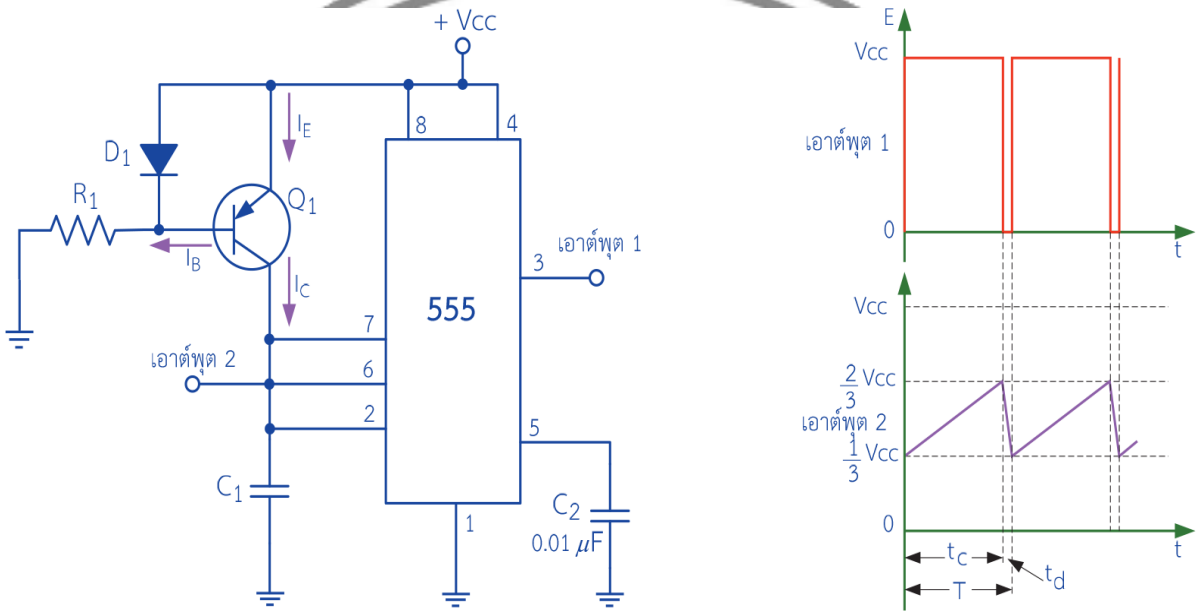
R = ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน (Ω)

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุไฟฟ้า (F)

$E_{O(p-p)}$ = ค่าแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณเอาต์พุต (V)

3.6 วงจรผลิตสัญญาณรูปฟันเลื่อย

ไอซีไทม์เมอร์เบอร์ 555 สามารถประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรผลิตสัญญาณรูปฟันเลื่อย โดยนำขา 2, 6 และขา 7 ต่อรวมกันนำไปต่อกับ C และอีกขั้วหนึ่งของ C ต่อลงกราวด์ จุดต่อระหว่างขา 2, 6, 7 และ C นำไปต่อกับอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมกระแสได้ เช่นทรานซิสเตอร์ สัญญาณที่จุดนี้จะเป็นสัญญาณรูปฟันเลื่อย แสดงดังรูป



(ก) วงจรผลิตสัญญาณสามเหลี่ยมที่สร้างจากไอซี 555 (ข) รูปร่างสัญญาณที่จุดต่างๆ ภายในวงจร

ภาพที่ ฉ.8 วงจรกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปสามเหลี่ยมด้วยไอซี 555

จากรูปที่ ฉ.8 (ก) และ (ข) ค่าเวลา T จะใกล้เคียงกับการเก็บประจุของ C_1 ดังนั้นค่าเวลา T จึงสามารถคำนวณได้จาก

$$T = \frac{V_{CC}C_1}{3I_C} \quad \text{.....(1)}$$

ดังนั้น ความถี่ของสัญญาณรูปฟันเลื่อยที่ผลิตขึ้น สามารถคำนวณได้จากส่วนกลับของสมการที่ 1

จาก

$$f = \frac{1}{T}$$

ดังนั้น

$$T = \frac{1}{f} = \frac{3I_C}{V_{CC}C_1} \quad \text{.....(2)}$$

การคำนวณหาค่ากระแสในทรานซิสเตอร์

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE(ON)}}{R_1} \quad \text{.....(3)}$$

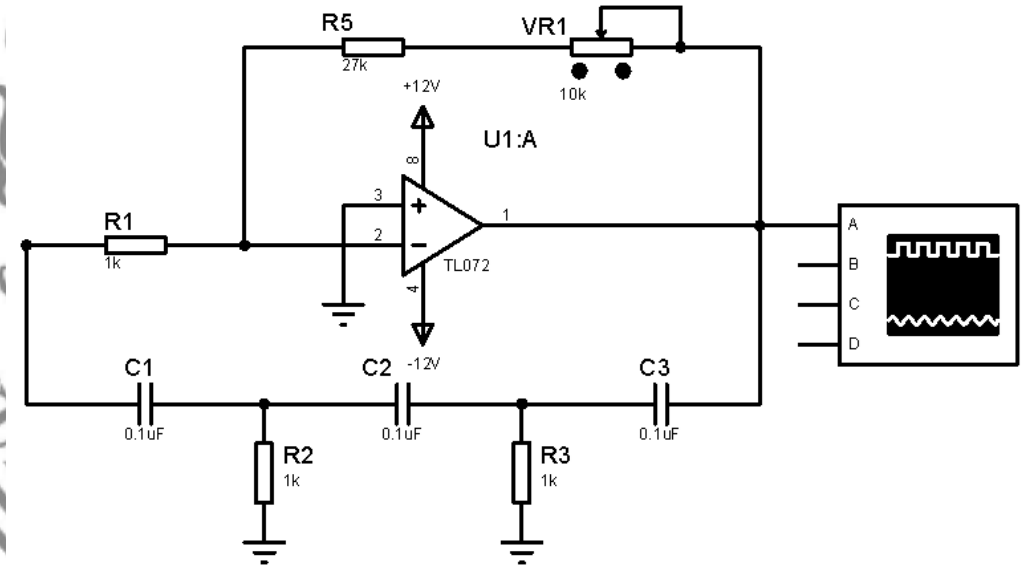
$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_C = \beta I_B \quad \text{.....(4)}$$

4. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

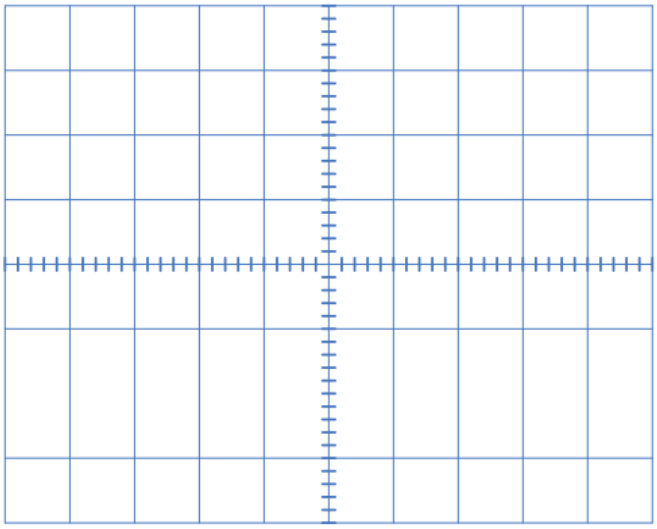
การทดลองที่ 1.1 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Phase shift Oscillators

1. ประกอบวงจรตามรูป (วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Phase shift Oscillators) ปรับ VR_1 ให้มีค่าต่ำสุด



ภาพที่ ฉ.9 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Phase shift Oscillators

2. ปรับ VR_1 ไว้กึ่งกลาง ใช้สายออสซิลโลสโคปต่อที่เอาต์พุตของวงจร ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ

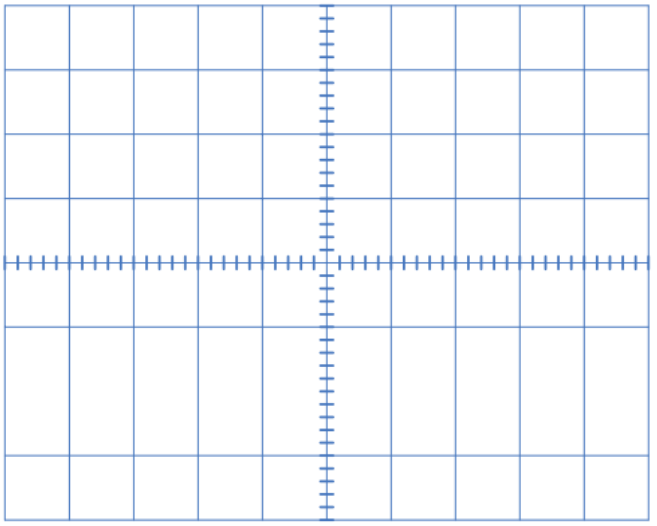


Eo =_____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

3. ปรับ VR_1 ไปยังตำแหน่งอื่นๆ จนกว่าจะมีสัญญาณปรากฏที่เอาต์พุต ปรับออสซิลโลสโคปให้อ่านสัญญาณได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ



Eo =_____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

4. คำนวณหาค่าความถี่ของวงจรจากสมการ $f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$

_____

_____

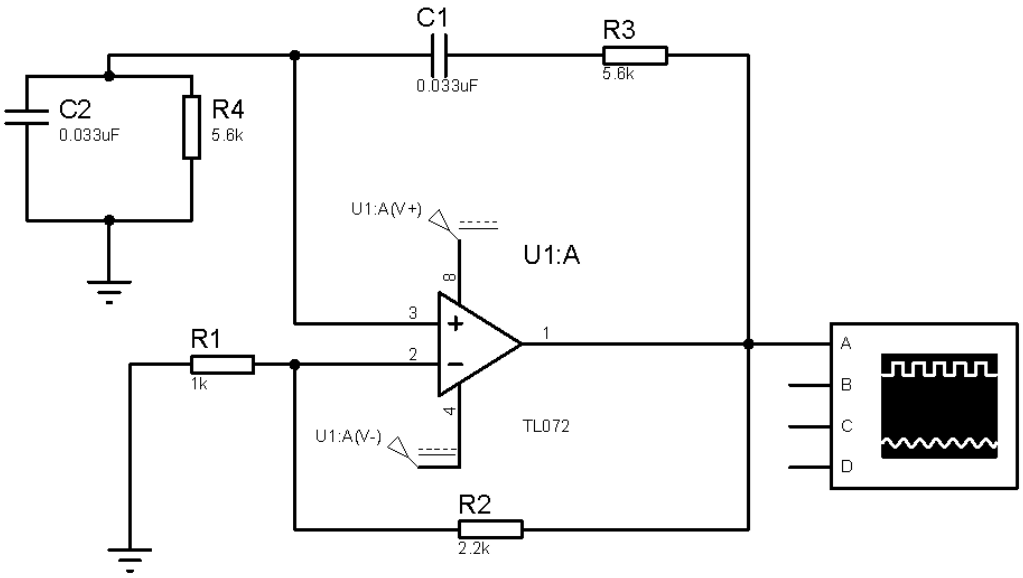
_____

_____

_____

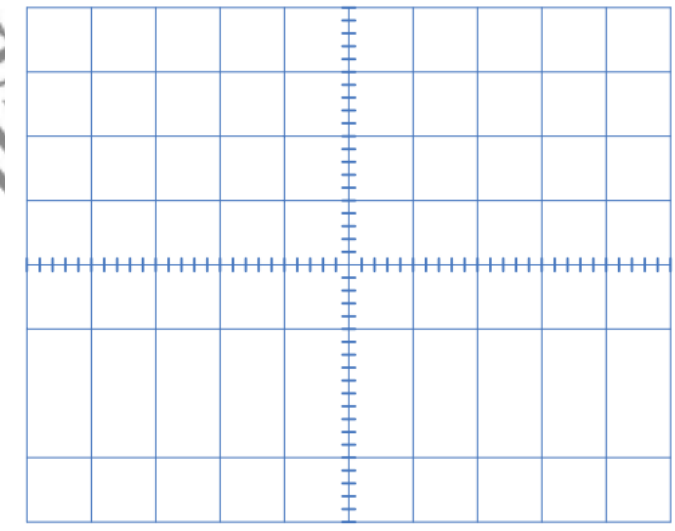
การทดลองที่ 1.2 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Wien-bridge Oscillators

1. ประกอบวงจรตามรูป (วงจรผลิตสัญญาณแบบ Wien-bridge Oscillators)



ภาพที่ ฉ.10 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Wien-bridge Oscillators

2. ใช้สายออสซิลโลสโคปต่อที่เอาต์พุตของวงจร ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ



Eo = _____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

3. คำนวณค่าความถี่ของวงจร จากสมการ $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

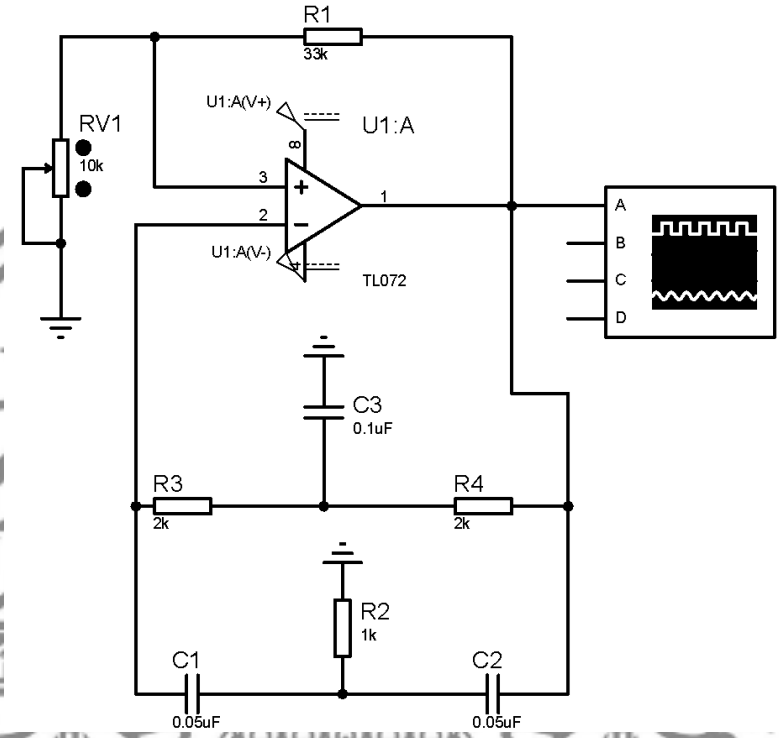
_____

_____

_____

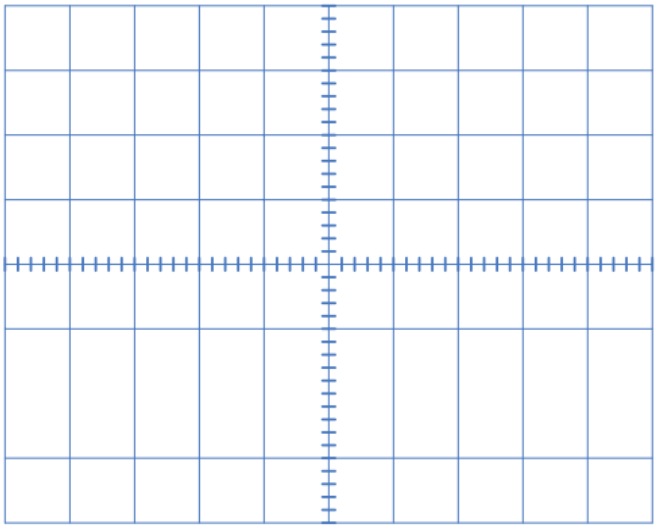
การทดลองที่ 1.3 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Twin-T Oscillators

1. ประกอบวงจรตามรูป (วงจรผลิตสัญญาณแบบ Twin-T Oscillators)



ภาพที่ ฉ.11 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้าแบบ Twin-T Oscillators

2. ใช้สายออสซิลโลสโคปต่อที่เอาต์พุตของวงจร ปรับ VR_1 จนกระทั่งเกิดสัญญาณรูปไซน์ที่เอาต์พุต ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ



Eo =_____Vp-p

T = _____ms

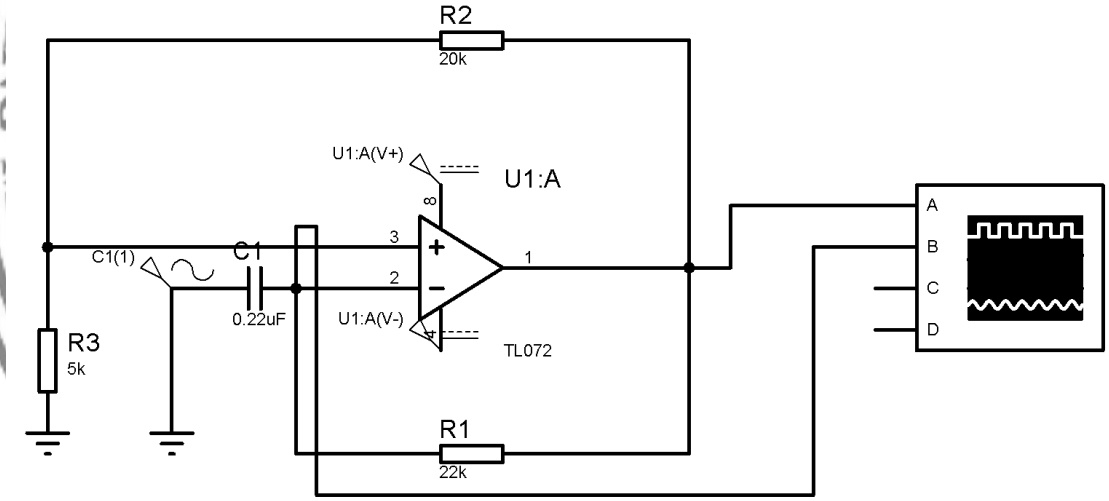
f = _____Hz

3. คำนวณค่าความถี่ของวงจร จากสมการ $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

4. เปรียบเทียบค่าความถี่ที่ได้จากการทดลอง กับความถี่ที่ได้จากการคำนวณ เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

การทดลองที่ 2.1 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์

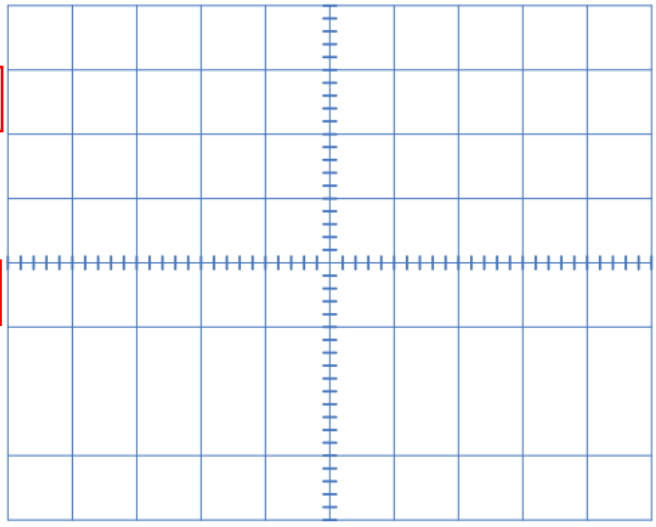
1. ประกอบวงจรตามรูป (วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์)



ภาพที่ ฉ.12 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์

2. ใช้สายออสซิลโลสโคป ต่อที่เอาต์พุตและ C_1 ของวงจร ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ

สัญญาณที่จุด Ec1



E_{C1} = _____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

สัญญาณที่จุด Eo

E_O = _____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

3. เปลี่ยน R_2 เป็น 1 kΩ สังเกตรูปร่างและขนาดของสัญญาณที่เอาต์พุตเปรียบเทียบกับข้อ 2 แตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

_____

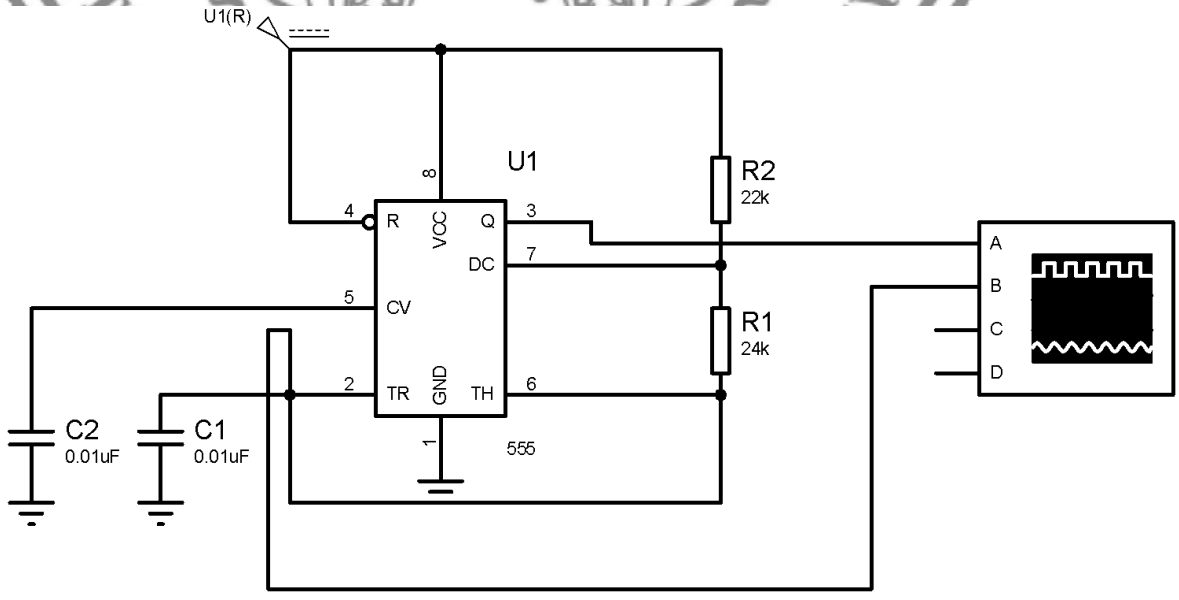
_____

_____

_____

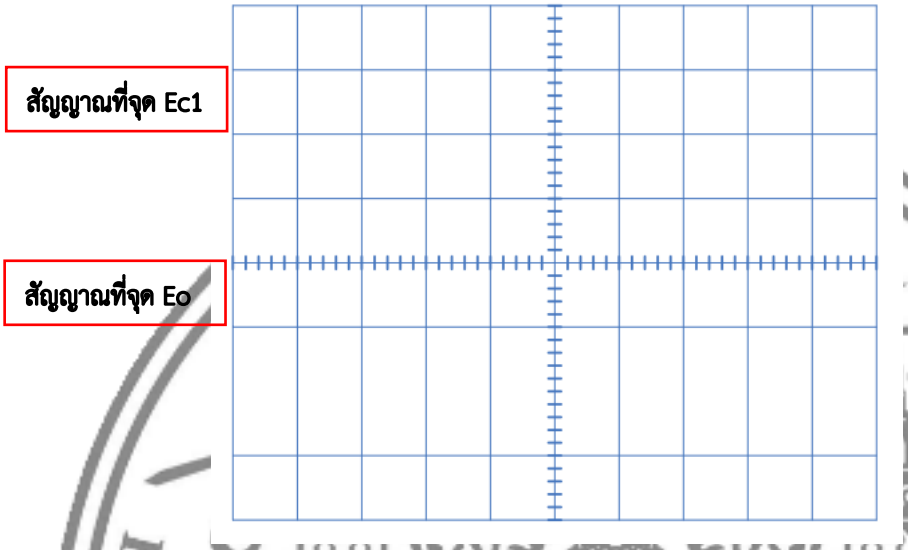
การทดลองที่ 2.2 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไอซี 555

1. ประกอบวงจรตามรูป (วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยม ที่สร้างจากไอซี 555)



ภาพที่ ฉ.13 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไอซี 555

2. ใช้สายออสซิลโลสโคป ค่อที่เอาต์พุตและ C1 ของวงจร ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ



E_{C1} = _____ Vp-p

T = _____ ms

f = _____ Hz

E_O = _____ Vp-p

T = _____ ms

f = _____ Hz

3. ถ้าหากต้องการรูปร่างสัญญาณสี่เหลี่ยมที่เอาต์พุตให้มีค่า duty cycle ใกล้เคียงกับ 50% มากที่สุด จะมีวิธีการปรับปรุงวงจรจากข้อ 1 อย่างไร

_____

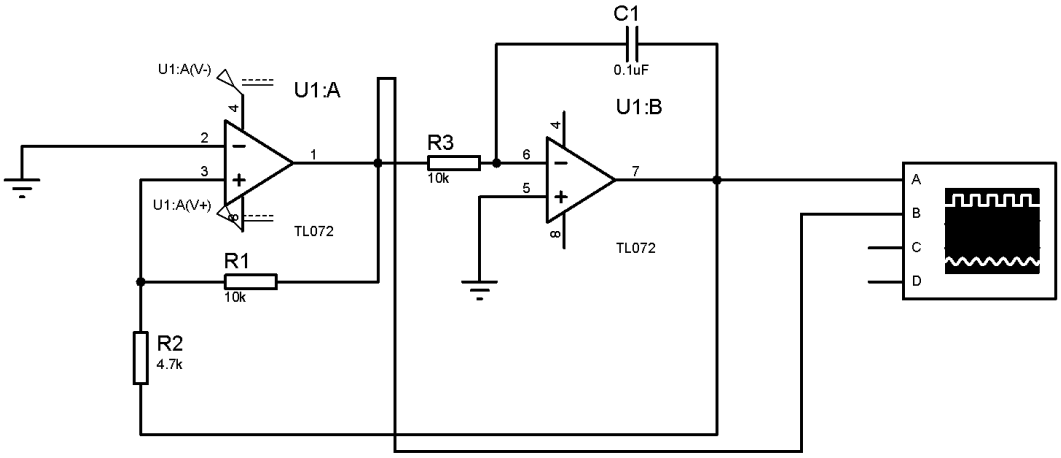
_____

_____

_____

การทดลองที่ 3 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์

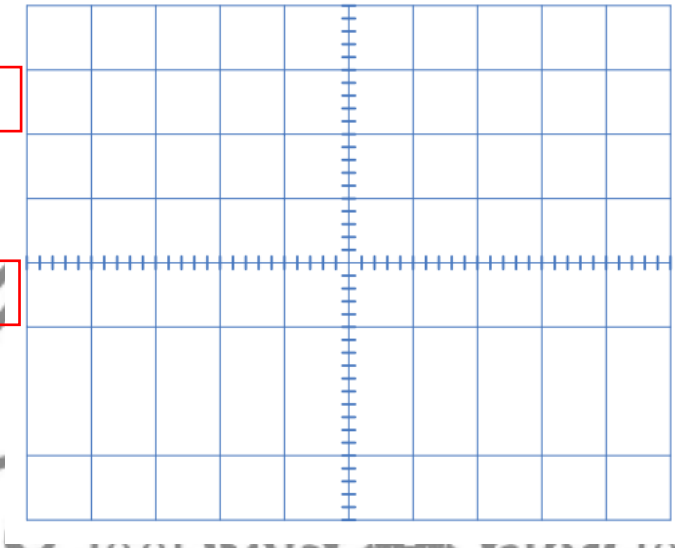
1. ประกอบวงจรตามรูป (วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์)



ภาพที่ ฉ.14 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปสามเหลี่ยมที่สร้างจากออปแอมป์

2. ใช้สายออสซิลโลสโคป ต่อที่ตามรูปของวงจร ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ

สัญญาณที่จุด Eo1



E_{O1} =_____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

สัญญาณที่จุด Eo

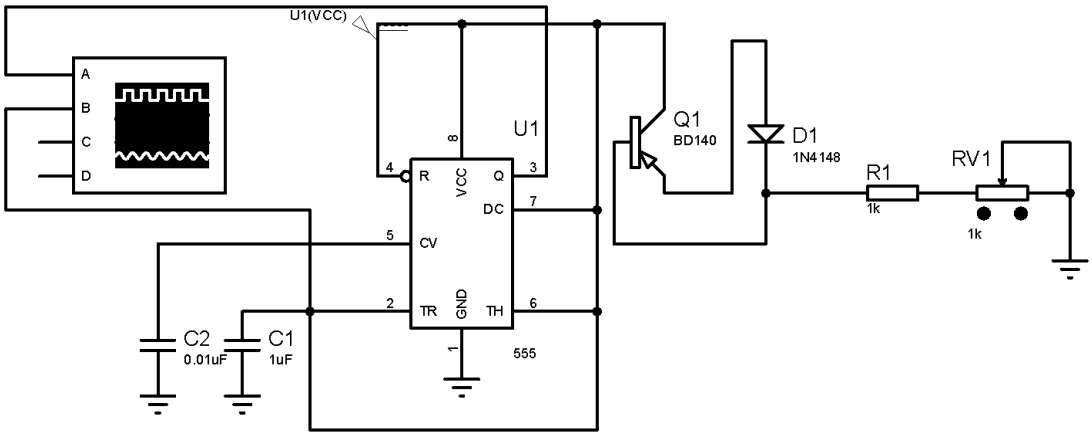
E_O =_____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

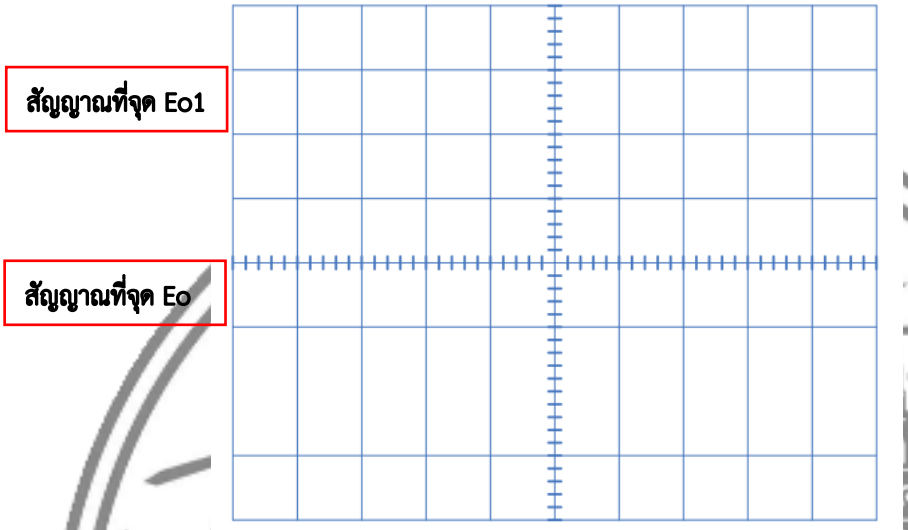
การทดลองที่ 4 วงจรผลิตสัญญาณรูปฟันเลื่อย

1. ประกอบวงจรตามรูป (วงจรผลิตสัญญาณรูปฟันเลื่อย)



ภาพที่ ฉ.15 วงจรผลิตสัญญาณรูปฟันเลื่อย

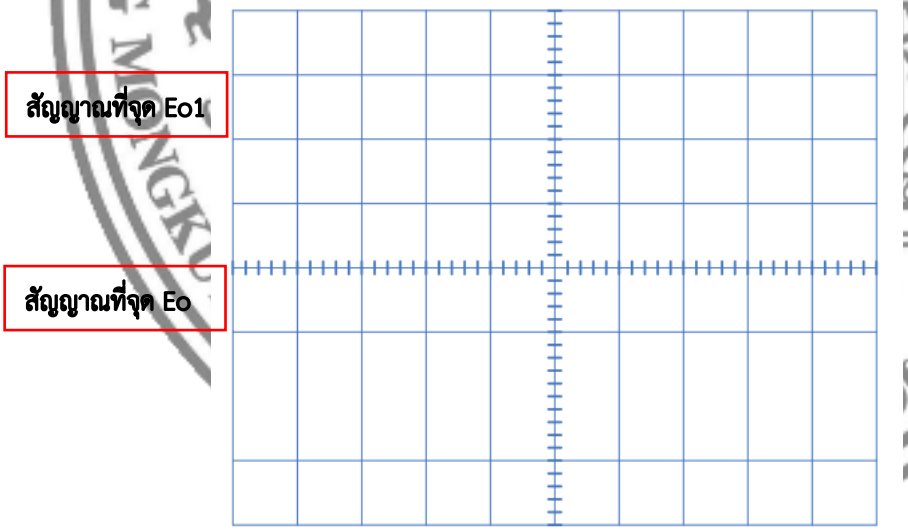
2. ปรับ VR1 ให้มีค่าความต้านทานต่ำสุด ใช้สายออสซิลโลสโคปต่อตามรูปของวงจร ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ



E_{o1} = _____ Vp-p
T = _____ ms
f = _____ Hz

E_O = _____ Vp-p
T = _____ ms
f = _____ Hz

3. ปรับ VR1 ให้มีค่าความต้านทานสูงสุด ใช้สายออสซิลโลสโคปต่อตามรูปของวงจร ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ



E_{o1} = _____ Vp-p
T = _____ ms
f = _____ Hz

E_O = _____ Vp-p
T = _____ ms
f = _____ Hz

5. คำถาม

1. อธิบายหลักการทำงานของวงจร Phase Shift Oscillator และเงื่อนไขที่ทำให้เกิดการออสซิลเลต

คำตอบ วงจร Phase Shift Oscillator ทำงานโดยใช้ออปแอมป์ร่วมกับโครงข่าย RC ที่จัดให้เกิดการเลื่อนเฟส 180 องศา เมื่อรวมกับเฟสของการกลับขั้วจากออปแอมป์อีก 180 องศา ทำให้ครบ 360 องศา (หรือ 0 องศา) ซึ่งเป็นเงื่อนไขของการออสซิลเลต โดยมีอัตราขยายของวงจรอย่างน้อย 29 เท่า

2. เปรียบเทียบโครงสร้างของวงจร Wien-bridge oscillator กับ Twin-T oscillator ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

คำตอบ วงจร Wien-bridge oscillator ใช้โครงข่าย RC แบบ bridge มีลักษณะวงจร Non-inverting ที่ต้องการอัตราขยาย 3 เท่า ส่วนวงจร Twin-T oscillator ใช้โครงข่าย RC สองชุดต่อกันในรูปตัว T สองชุด มีการกรองความถี่แบบ band-pass เพื่อเลือกเฉพาะความถี่ที่ต้องการ

3. ค่าความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตในแต่ละวงจรขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง และมีสูตรการคำนวณอย่างไร

คำตอบ ความถี่ขึ้นอยู่กับค่า R (ตัวต้านทาน) และ C (ตัวเก็บประจุ) เช่นในวงจร Wien-bridge oscillator $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ ส่วน Twin-T oscillator และ Phase Shift Oscillator ก็มีสูตรลักษณะคล้ายกัน โดยมีค่าคงที่และโครงข่ายเฉพาะของแต่ละวงจร

4. เหตุใดการปรับค่าความต้านทานในวงจรจึงส่งผลต่อความถี่ของสัญญาณที่ได้

คำตอบ เพราะความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตเป็นฟังก์ชันผกผันกับค่า R และ C การเพิ่มค่าความต้านทานจะลดความถี่ ในขณะที่การลดค่าความต้านทานจะเพิ่มความถี่

5. รูปร่างของสัญญาณเอาต์พุตในวงจรออสซิลเลเตอร์แต่ละประเภทมีลักษณะอย่างไร และแตกต่างกันอย่างไร

คำตอบ รูปร่างขึ้นอยู่กับวิธีสร้างและชนิดของวงจรที่ใช้

1. Phase Shift, Wien-bridge, Twin-T ⟶ รูปไซน์ (sine wave)
2. ออปแอมป์ + อินติเกรเตอร์ ⟶ สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม
3. 555 astable ⟶ สี่เหลี่ยม
4. ฟันเลื่อย ⟶ รูปฟันเลื่อย

6. หากต้องการให้วงจร 555 astable มี duty cycle ใกล้เคียง 50% มากที่สุด ควรปรับค่าของอุปกรณ์ใดบ้าง

คำตอบ ให้ใช้ไดโอดขนานกับตัวต้านทาน R2 เพื่อให้การชาร์จและคายประจุของตัวเก็บ C1 ใช้เส้นทางต่างกัน หรือปรับค่า R1 และ R2 ให้เท่ากัน (R1 = R2) โดยเฉพาะการลดค่า R1 และเพิ่ม R2 เพื่อให้ duty cycle ใกล้เคียง 50%

7. อธิบายการแปลงสัญญาณสี่เหลี่ยมให้กลายเป็นสัญญาณสามเหลี่ยมในวงจร Triangle wave oscillator

คำตอบ ใช้วงจรอินติเกรเตอร์ (op-amp + RC) แปลงสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีระดับแรงดันคงที่เป็นสัญญาณแรมป์ขึ้นลง ซึ่งรวมกันแล้วได้รูปสามเหลี่ยม (triangle wave)

8. เมื่อเปลี่ยนค่า R หรือ C ในวงจร Twin-T oscillator จะส่งผลอย่างไรต่อความถี่ของสัญญาณเอาต์พุต

คำตอบ ความถี่จะเปลี่ยนแปลงแบบผกผัน หากค่า R หรือ C เพิ่มขึ้น ความถี่จะลดลง และหากลดค่า R หรือ C ความถี่จะเพิ่มขึ้นตามสูตร $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

9. สัญญาณฟันเลื่อยที่ได้จากไอซี 555 มีคุณสมบัติอย่างไร และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานอิเล็กทรอนิกส์ประเภทใดได้บ้าง

คำตอบ สัญญาณฟันเลื่อยมีลักษณะแรงดันเปลี่ยนแปลงแบบช้า ๆ ต่อเนื่องด้านหนึ่ง (ขึ้นหรือลง) เหมาะสำหรับใช้งานในวงจรสแกนภาพ (oscilloscope), วงจร sweep generator และการควบคุมพัลส์แบบ PWM

10. จากการทดลองทั้งหมด วงจรประเภทใดให้สัญญาณที่มีความเสถียรมากที่สุด และเพราะเหตุใด

คำตอบ วงจร Wien-bridge oscillator ให้สัญญาณไซน์ที่เสถียรและมีความผิดเพี้ยนต่ำ เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำ เนื่องจากมีการควบคุมอัตราขยายอย่างเหมาะสมและมีเฟสเสถียร

สรุปผลการทดลอง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ใบงานแบบทดสอบวงจรพัลส์

ชื่อ_____ ชั้น_____ เลขที่_____

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ประกอบวงจรพัลส์แบบต่างๆ ตามที่กำหนดได้
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวาดรูปร่าง แรงดันไฟฟ้าและความถี่ของสัญญาณจากวงจรพัลส์แบบต่างๆ ตามที่กำหนดได้
3. เขียนรูปร่างสัญญาจากวงจรพัลส์แบบต่างๆ ตามที่กำหนดได้
4. แก้ไขปัญหาวงจรพัลส์แบบต่างๆ ตามที่กำหนดได้

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

3. ชุดทดลองวงจรพัลส์ จำนวน 1 ชุด
4. อุปกรณ์ในการทดลอง จำนวน 1 ชุด

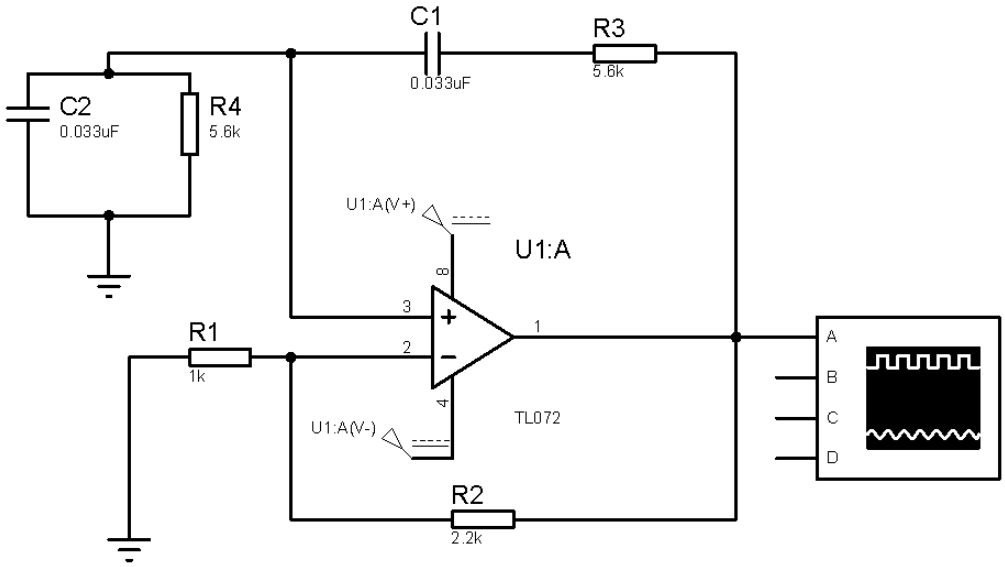
3.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง/ความรู้พื้นฐาน

-

4. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

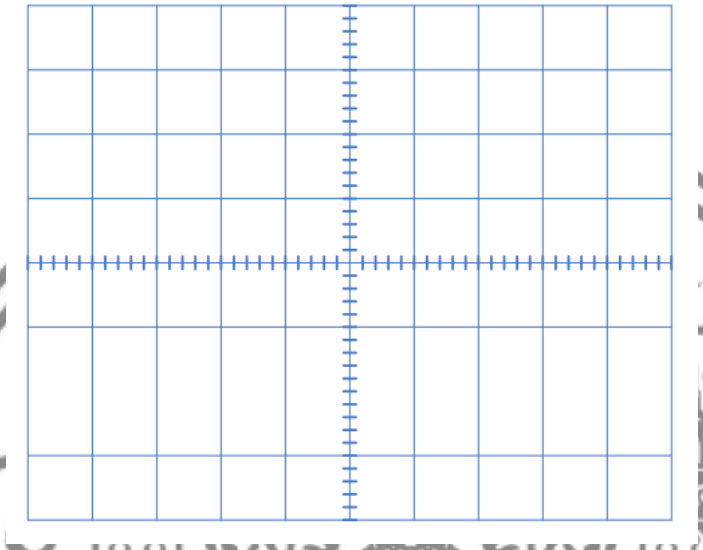
การทดลองที่ 1 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า

1. ประกอบวงจรตามรูป



ภาพที่ ฉ.16 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า

2. ใช้สายออสซิลโลสโคปต่อที่เอาต์พุตของวงจร ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ



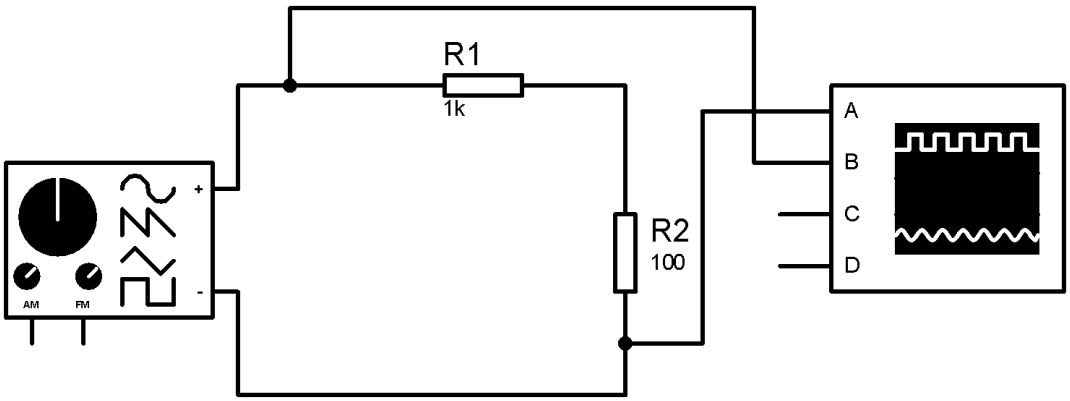
Eo = _____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

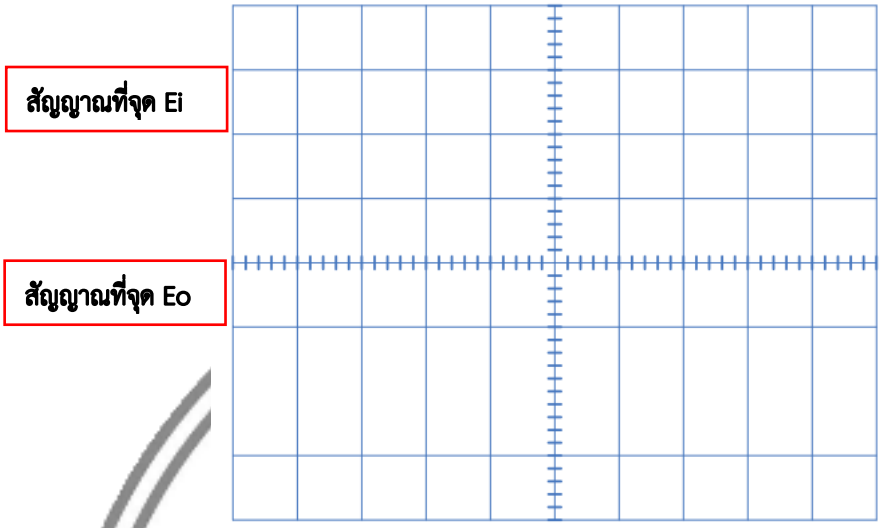
การทดลองที่ 2 วงจรลดทอนสัญญาณ

1. ประกอบวงจรตามรูปด้านล่าง



ภาพที่ ฉ.17 วงจรลดทอนสัญญาณ

2. ปรับรูปคลื่นของเครื่องกำเนิดสัญญาณเป็นรูปสี่เหลี่ยม ปรับขนาดของสัญญาณ 10 Vp-p ใช้สายวัดของออสซิลโลสโคปต่อที่จุดอินพุต (Ei) และเอาต์พุต (Eo) และปรับค่าลดทอนของสายวัดของออสซิลโลสโคปเป็น X1 ปรับออสซิลโลสโคปให้สัญญาณอ่านได้ชัดเจนที่สุด อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของสัญญาณ บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ

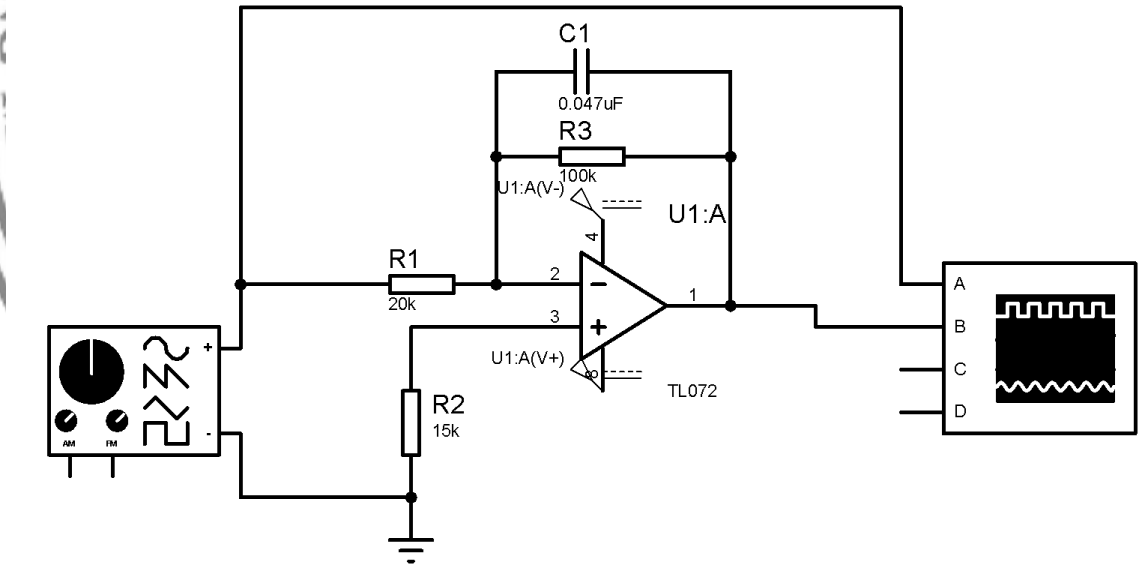


E_i =_____Vp-p
T = _____ms
f = _____Hz

E_O =_____Vp-p
T = _____ms
f = _____Hz

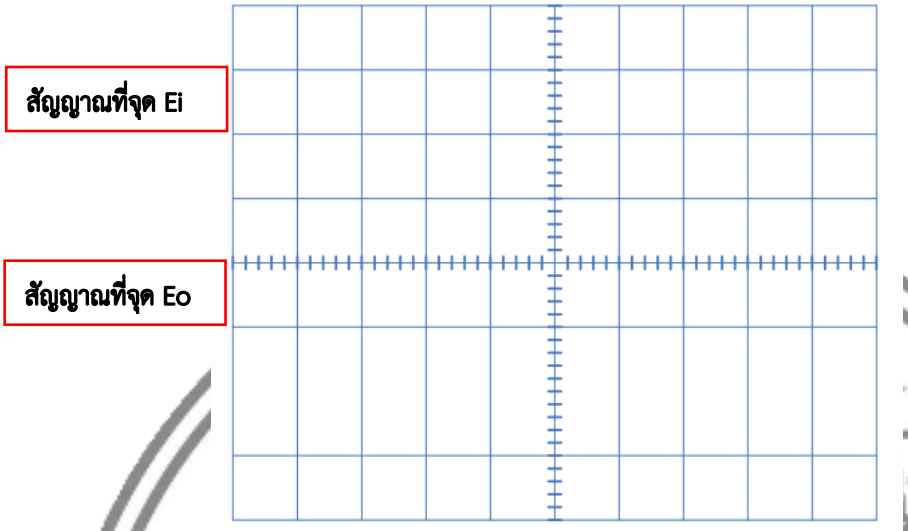
การทดลองที่ 3 วงจรอินทิเกรเตอร์

1. ประกอบวงจรตามรูป



ภาพที่ ฉ.18 วงจรอินทิเกรเตอร์

2. ต่อสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปวัดที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร ปรับรูปคลื่นจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ความถี่ 2 kHz และขนาด 2 Vp-p ปรับออสซิลโลสโคปให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ

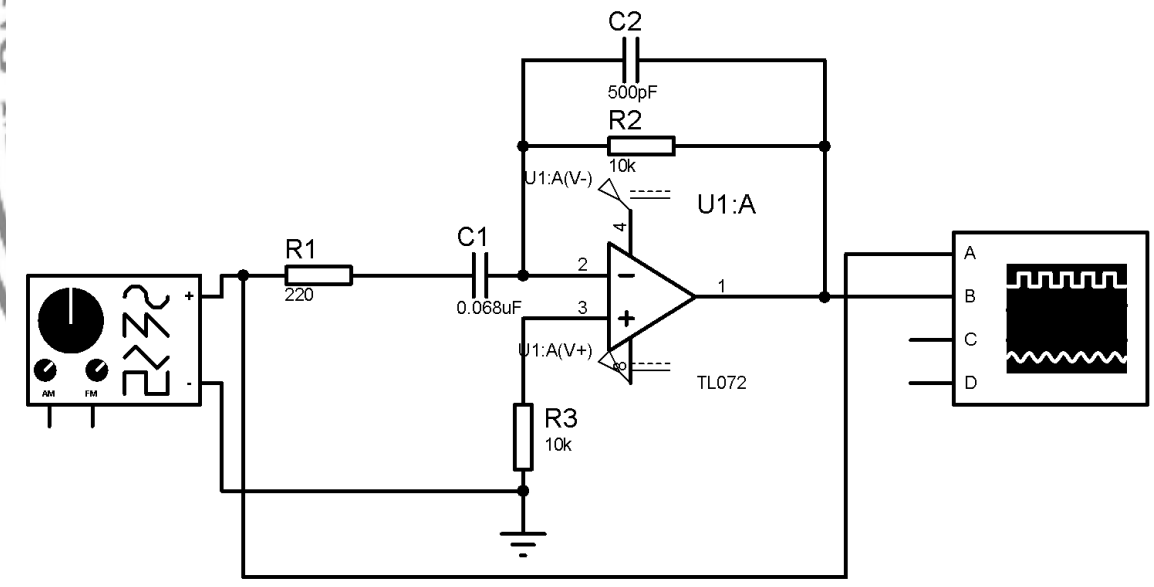


E_i =_____Vp-p
T = _____ms
f = _____Hz

E_O =_____Vp-p
T = _____ms
f = _____Hz

การทดลองที่ 4 วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์

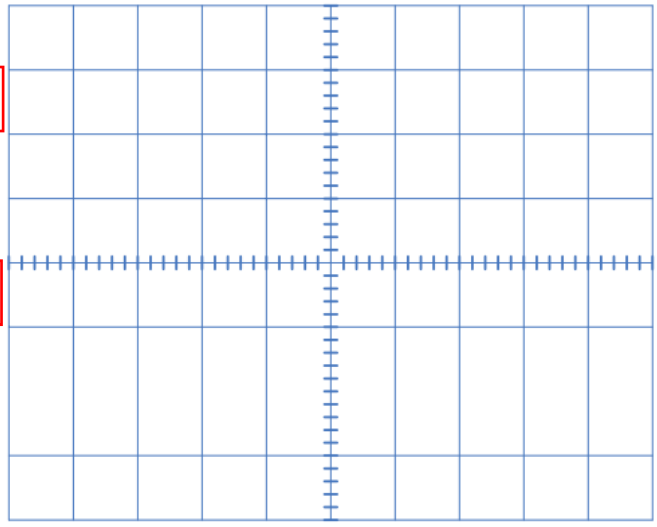
1. ประกอบวงจรตามรูป



ภาพที่ ฉ.19 วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์

2. ต่อสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปวัดที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร ปรับรูปคลื่นจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเป็นรูปสี่เหลี่ยม ความถี่ 2 kHz และขนาด 2 Vp-p ปรับออสซิลโลสโคปให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ

สัญญาณที่จุด Ei



E_i =_____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

สัญญาณที่จุด Eo

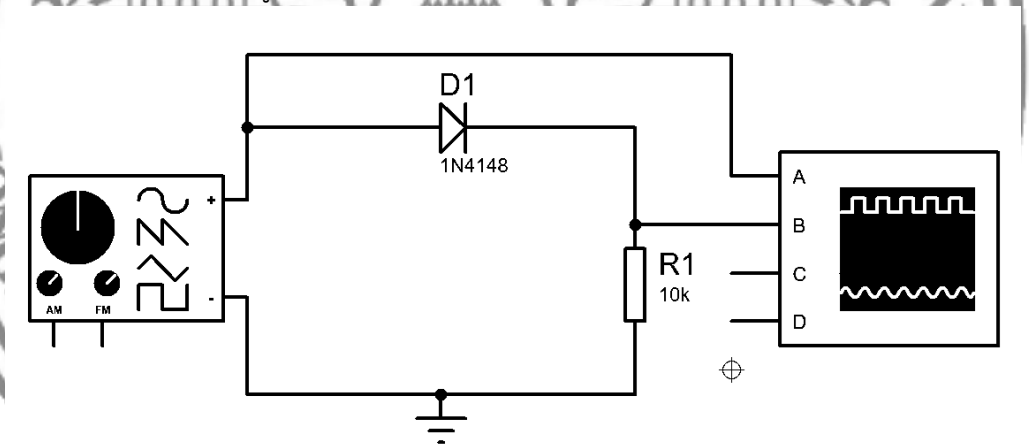
E_O =_____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

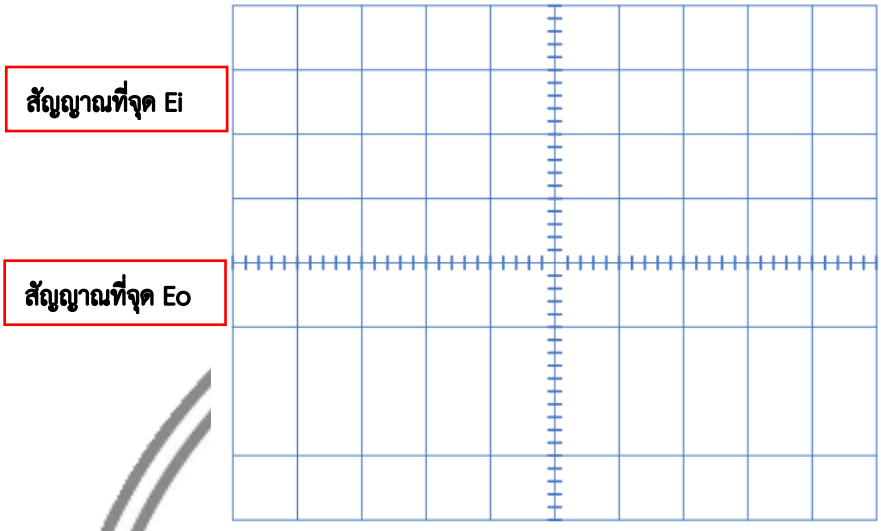
การทดลองที่ 5 วงจรคลิปเปอร์

1. ประกอบวงจรตามรูป



ภาพที่ ฉ.20 วงจรคลิปเปอร์

2. ต่อสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปวัดที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร ปรับรูปคลื่นจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเป็นรูปสี่เหลี่ยม ความถี่ 1 kHz และขนาด 10Vp-p ปรับออสซิลโลสโคปให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ

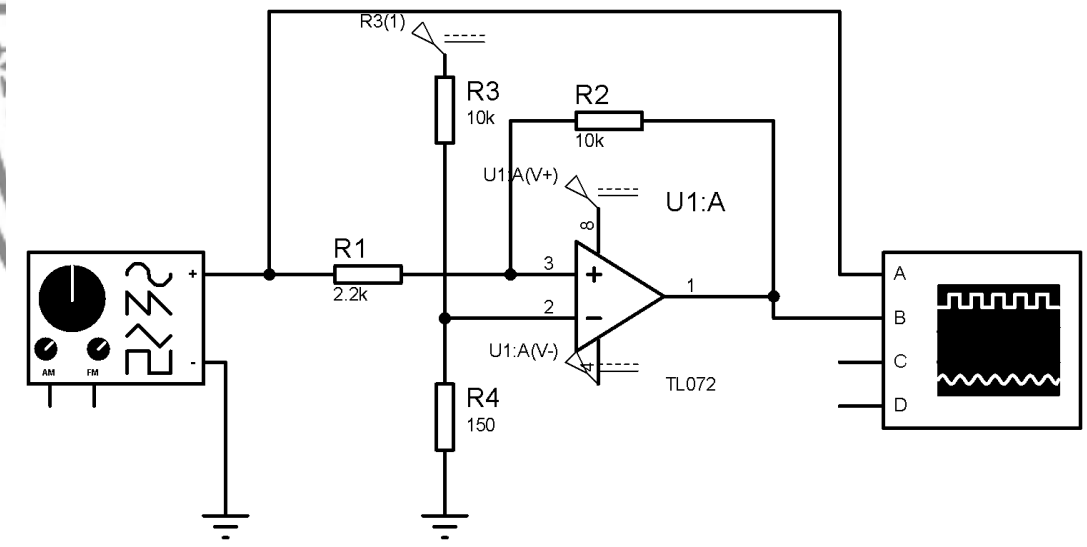


E_i =_____Vp-p
T = _____ms
f = _____Hz

E_O =_____Vp-p
T = _____ms
f = _____Hz

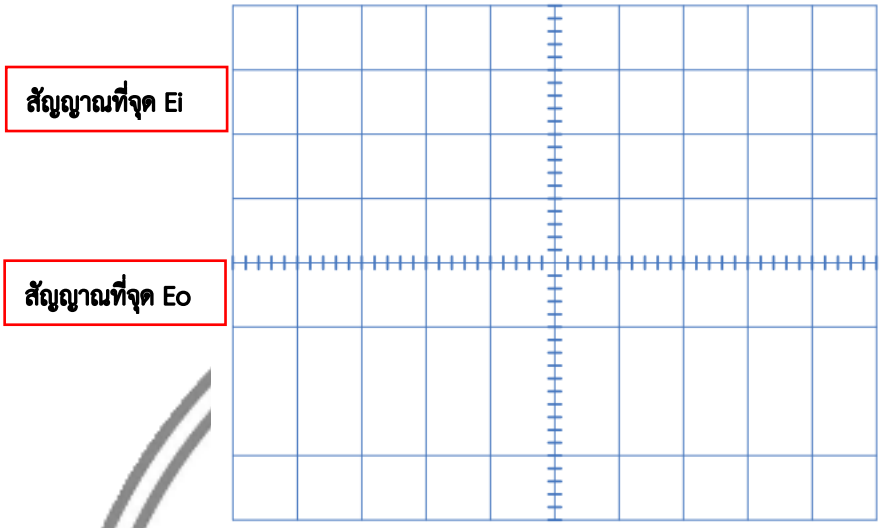
การทดลองที่ 6 วงจรชมิตทริกเกอร์

1. ประกอบวงจรตามรูป



ภาพที่ ฉ.21 วงจรชมิตทริกเกอร์

2. ต่อสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปวัดที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร ปรับรูปคลื่นจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเป็นรูปไซน์ ปรับความถี่ 1 kHz และปรับขนาดความแรงสัญญาณ 10 Vp-p ปรับออสซิลโลสโคปให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ

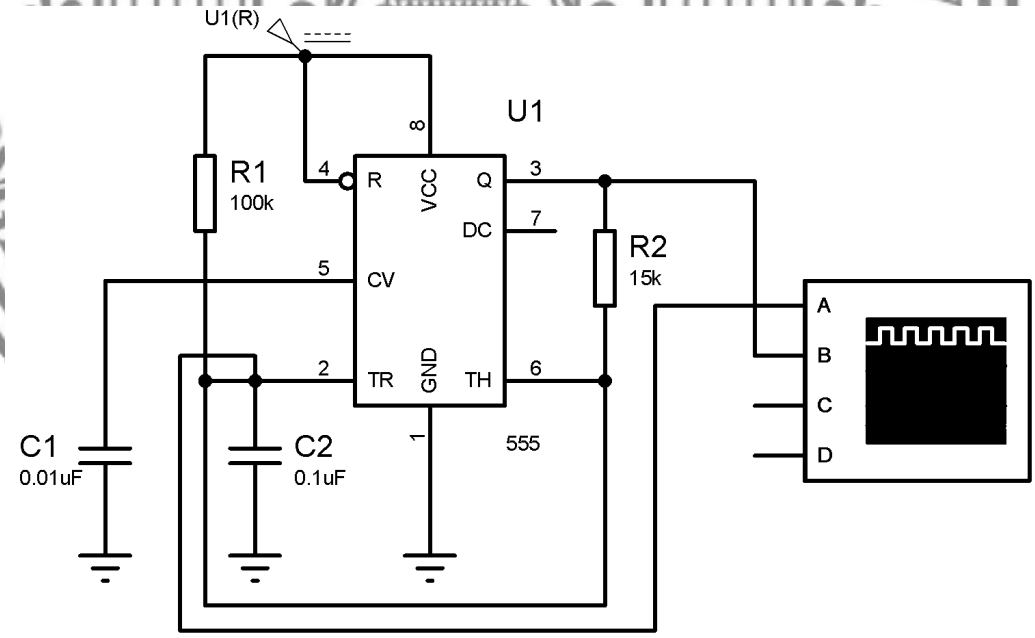


E_i =_____Vp-p
T = _____ms
f = _____Hz

E_O =_____Vp-p
T = _____ms
f = _____Hz

การทดลองที่ 7 วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์

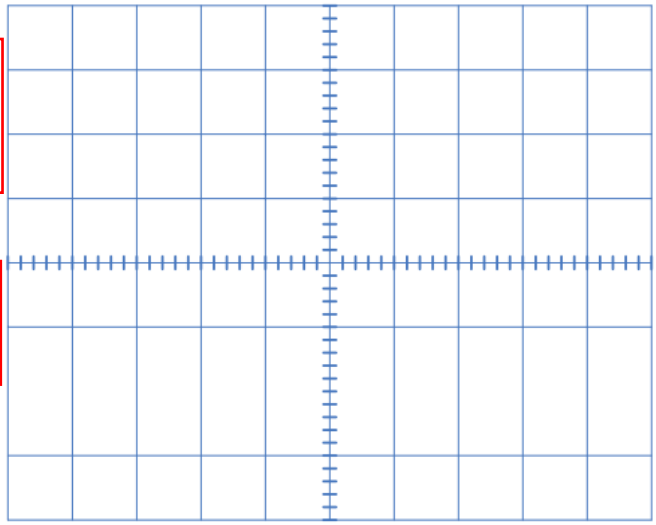
1. ประกอบวงจรตามรูป



ภาพที่ ฉ.22 วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์

2. ต่อสายสัญญาณของออสซิลโลสโคป โดย CH1 ต่อที่ขา 2 ของไอซี 555 และ CH2 ต่อที่ขา 3 ของ ไอซี 555 ปรับออสซิลโลสโคปให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่างๆ

สัญญาณที่ขา 2 ของไอซี 555 ที่ต่อกับขา 6 และ C1



E_{C1} = _____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

สัญญาณที่ขา 3 ของไอซี 555

E_o = _____Vp-p

T = _____ms

f = _____Hz

5. **คำถามท้ายการทดลอง**

1. **วงจร Phase Shift Oscillator ต้องการเงื่อนไขใดเพื่อให้เกิดการสั่น**

   ตอบ ต้องมีอัตราขยายลูปปิด (ACL) เท่ากับ 29 เท่า และใช้โครงข่าย RC 3 ชุดในระบบ Feedback

2. **สูตรการคำนวณความถี่ของวงจร Phase Shift Oscillator ที่ใช้ RC เท่ากันทั้งสามชุดคืออะไร**

   ตอบ $f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$

3. **วงจรลดทอนสัญญาณใช้หลักการใดในการลดขนาดของสัญญาณ**

   ตอบ ใช้วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider)

4. **สมการในการคำนวณแรงดันเอาต์พุตจากวงจรลดทอนสัญญาณคืออะไร**

   ตอบ $E_O = \frac{R_2}{R_1+R_2} \times E_i$

5. **หากอินพุตเป็นสัญญาณพัลส์ สัญญาณเอาต์พุตจะเปลี่ยนรูปร่างหรือไม่**

   ตอบ ไม่เปลี่ยน แค่มีขนาดแรงดันต่ำลง

6. **ค่าคงที่เวลา (Time constant) ของวงจร RC คำนวณอย่างไร**

   ตอบ $\tau = R \times C$

7. **หากค่า τ มีค่าน้อยกว่าคาบของสัญญาณพัลส์ ผลที่เกิดขึ้นคืออะไร**

   ตอบ ได้สัญญาณเอาต์พุตลักษณะพัลส์สั้น ๆ ไม่เป็น Ramp

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

8. **เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์เข้าอินทิเกรเตอร์ สัญญาณเอาต์พุตจะมีลักษณะเป็นอย่างไร**

   ตอบ เป็นสัญญาณ Ramp หรือสามเหลี่ยม

9. **หากป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปในวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ สัญญาณเอาต์พุตจะมีลักษณะอย่างไร**

   ตอบ เกิดสัญญาณแหลมที่ขอบซ้ายและขวาของพัลส์ (Spike)

10. **ถ้าอินพุตเป็น DC สัญญาณเอาต์พุตของวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์จะเป็นอย่างไร**

    ตอบ เป็นศูนย์โวลต์ (0V)

11. **วงจรคลิปเปอร์แบบไดโอดต่ออนุกรมสามารถตัดสัญญาณในช่วงใดของคลื่น**

    ตอบ สามารถตัดสัญญาณช่วงบวกหรือช่วงลบได้ ขึ้นอยู่กับการวางไดโอด

12. **อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับไดโอดเพื่อกำหนดระดับแรงดันในการตัดคืออะไร**

    ตอบ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Bias)

13. **คุณสมบัติพิเศษของวงจรชมิตทริกเกอร์คืออะไร**

    ตอบ มีจุดไฮสเตอร์ริซิส ทำให้ทริกเกอร์เมื่อแรงดันข้ามค่าที่กำหนด

14. **วงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบอะสเตเบิลที่ใช้ IC 555 ทำงานโดยอาศัยอะไร**

    ตอบ การชาร์จและคายประจุของตัวเก็บประจุผ่านตัวต้านทาน R1 และ R2

15. **สูตรการหาความถี่ของวงจรมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ IC 555 คืออะไร?**

    ตอบ $f = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C}$

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

QR CODE ไฟล์ใบงานทดลองอื่นๆ

ภาคผนวก ช

ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลอง

ผลการประเมินคุณภาพด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

ผลการประเมินความพึงพอใจ

ตารางที่ ช.1 คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ด้านใบงานการทดลอง

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวิชาที่เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
2. มีจุดประสงค์การเรียนรู้ทุกใบงาน	4.80	0.45	ดีมาก
3. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	4.80	0.45	ดีมาก
4. ผู้เรียนสามารถศึกษาใบงานได้ด้วยตนเอง	4.80	0.45	ดีมาก
5. ภาษาที่ใช้ถูกต้อง ชัดเจน สื่อความหมายและเข้าใจได้ง่าย	4.60	0.55	ดีมาก
6. มีการนำเสนอรูปภาพในใบงานอย่างเหมาะสมเช่น ขนาด ความคมชัด เป็นต้น	4.80	0.45	ดีมาก
7. มีการออกแบบให้เกิดการเรียนรู้แบบปฏิบัติได้จริง	5.00	0.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.83**	**0.33**	**ดีมาก**

ตารางที่ ช.2 คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ด้านชุดแผงอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. มีความแข็งแรง ทนทาน	4.80	0.45	ดีมาก
2. สะดวกในการเคลื่อนย้าย	5.00	0.00	ดีมาก
3. จัดวางตำแหน่งอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	4.80	0.45	ดีมาก
4. ใช้สีและขนาดของตัวอักษรบนบอร์ดทดลองอย่างเหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
5. มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.80	0.45	ดีมาก
6. ชุดทดลองมีขนาดเหมาะสมกับการทดลอง	4.80	0.45	ดีมาก
7. ชุดทดลองงมีอุปกรณ์ให้ทดลองครอบคลุมใบงานการทดลอง	4.80	0.45	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.80**	**0.40**	**ดีมาก**

ตารางที่ ช.3 คุณภาพของชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 โดยรวม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านใบงานการทดลอง	4.83	0.33	ดีมาก
2. ด้านแผงอุปกรณ์สำหรับการทดลอง	4.80	0.40	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.81**	**0.37**	**ดีมาก**

ตารางที่ ช.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านเนื้อหา (ใบงานการทดลอง)			
1. ใบงานการทดลองมีเนื้อหาและขั้นตอนที่ชัดเจน	4.46	0.52	มาก
2. เนื้อหาเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน	4.62	0.66	มากที่สุด
3. เนื้อหาไม่ยากเกินไปสำหรับเริ่มต้นการเรียนรู้	4.00	0.91	มาก
4. เนื้อหามีประโยชน์สามารถนำไปต่อยอดในอนาคตได้	4.46	0.88	มาก
5. เนื้อหาสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	4.15	0.69	มาก
ด้านชุดทดลอง			
1. ความทันสมัย เหมาะสมต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.38	0.65	มาก
2. ความสะดวกในการพกพา	4.46	0.96	มาก
3.ออกแบบจัดวางอุปกรณ์อย่างเหมาะสมและเอื้อต่อการใช้งาน	4.31	0.63	มาก
4. เลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างครบถ้วน	4.46	0.78	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.37**	**0.74**	**มาก**

ภาคผนวก ซ

คะแนนการประเมินสมรรถนะ

ตารางที่ ช.1 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 1 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า

คนที่	คะแนนรวม(จาก 21)	ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
1	17	80.95	สูง
2	19	90.48	สูง
3	15	71.43	ปานกลาง
4	17	80.95	สูง
5	17	80.95	สูง
6	19	90.48	สูง
7	17	80.95	สูง
8	18	85.71	สูง
9	19	90.48	สูง
10	20	95.24	สูง
11	16	76.19	ปานกลาง
12	14	66.67	ปานกลาง
13	18	85.71	สูง
	รวม	**82.78**	**สูง**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ช.2 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 2 วงจรลดทอนสัญญาณและแปลงรูปร่างสัญญาณ

คนที่	คะแนนรวม(จาก 21)	ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
1	21	100.00	สูง
2	21	100.00	สูง
3	19	90.48	สูง
4	18	85.71	สูง
5	15	71.43	ปานกลาง
6	20	95.24	สูง
7	17	80.95	สูง
8	20	95.24	สูง
9	21	100.00	สูง
10	15	71.43	ปานกลาง
11	20	95.24	สูง
12	19	90.48	สูง
13	20	95.24	สูง
รวม		**90.11**	**สูง**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ช.3 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 3 วงจรอินติเกรเตอร์

คนที่	คะแนนรวม(จาก 21)	ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
1	21	100.00	สูง
2	19	90.48	สูง
3	17	80.95	สูง
4	21	100.00	สูง
5	18	85.71	สูง
6	21	100.00	สูง
7	20	95.24	สูง
8	20	95.24	สูง
9	17	80.95	สูง
10	15	71.43	ปานกลาง
11	18	85.71	สูง
12	17	80.95	สูง
13	18	85.71	สูง
	รวม	**88.64**	**สูง**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ช.4 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 4 วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์

คนที่	คะแนนรวม(จาก 21)	ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
1	18	85.71	สูง
2	20	95.24	สูง
3	17	80.95	สูง
4	18	85.71	สูง
5	20	95.24	สูง
6	16	76.19	ปานกลาง
7	20	95.24	สูง
8	19	90.48	สูง
9	15	71.43	ปานกลาง
10	20	95.24	สูง
11	17	80.95	สูง
12	18	85.71	สูง
13	21	100.00	สูง
	รวม	**87.55**	**สูง**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ช.5 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 5 วงจรคลิปเปอร์และ วงจรแคลมเปอร์

คนที่	คะแนนรวม(จาก 21)	ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
1	20	95.24	สูง
2	18	85.71	สูง
3	20	95.24	สูง
4	20	95.24	สูง
5	18	85.71	สูง
6	21	100.00	สูง
7	19	90.48	สูง
8	17	80.95	สูง
9	17	80.95	สูง
10	16	76.19	ปานกลาง
11	20	95.24	สูง
12	19	90.48	สูง
13	18	85.71	สูง
	รวม	**89.01**	**สูง**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ช.6 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 6 วงจรชมิตทริกเกอร์

คนที่	คะแนนรวม(จาก 21)	ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
1	19	90.48	สูง
2	18	85.71	สูง
3	19	90.48	สูง
4	21	100.00	สูง
5	14	66.67	ปานกลาง
6	17	80.95	สูง
7	18	85.71	สูง
8	17	80.95	สูง
9	20	95.24	สูง
10	15	71.43	ปานกลาง
11	18	85.71	สูง
12	16	76.19	ปานกลาง
13	19	90.48	สูง
รวม		**84.62**	**สูง**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ช.7 คะแนนประเมินสมรรถนะใบงานการทดลองที่ 7 วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์

คนที่	คะแนนรวม(จาก 21)	ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
1	17	80.95	สูง
2	15	71.43	ปานกลาง
3	20	95.24	สูง
4	20	95.24	สูง
5	14	66.67	ปานกลาง
6	18	85.71	สูง
7	15	71.43	ปานกลาง
8	17	80.95	สูง
9	19	90.48	สูง
10	15	71.43	ปานกลาง
11	18	85.71	สูง
12	13	61.90	ปานกลาง
13	16	76.19	ปานกลาง
	รวม	**79.49**	**ปานกลาง**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ช.8 คะแนนประเมินสมรรถนะ ใบงานแบบทดสอบวงจรพัลส์

คนที่	คะแนนรวม (จาก 51)	ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
1	48	94.12	สูง
2	43	84.31	สูง
3	42	82.35	สูง
4	50	98.04	สูง
5	38	74.51	ปานกลาง
6	43	84.31	สูง
7	43	84.31	สูง
8	44	86.27	สูง
9	47	92.16	สูง
10	38	74.51	ปานกลาง
11	40	78.43	ปานกลาง
12	41	80.39	สูง
13	47	92.16	สูง
รวม		**85.07**	**สูง**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ช.9 คะแนนประเมินสมรรถนะรวมทุกใบงานการทดลอง

คนที่	ร้อยละ							ร้อยละ	ระดับสมรรถนะ
	ใบงานที่ 1	ใบงานที่ 2	ใบงานที่ 3	ใบงานที่ 4	ใบงานที่ 5	ใบงานที่ 6	ใบงานที่ 7		
1	80.95	100	100	85.71	95.24	90.48	80.95	90.48	สูง
2	90.48	100	90.48	95.24	85.71	85.71	71.43	88.44	สูง
3	71.43	90.48	80.95	80.95	95.24	90.48	95.24	86.40	สูง
4	80.95	85.71	100	85.71	95.24	100	95.24	91.84	สูง
5	80.95	71.43	85.71	95.24	85.71	66.67	66.67	78.91	ปานกลาง
6	90.48	95.24	100	76.19	100	80.95	85.71	89.80	สูง
7	80.95	80.95	95.24	95.24	90.48	85.71	71.43	85.71	สูง
8	85.71	95.24	95.24	90.48	80.95	80.95	80.95	87.07	สูง
9	90.48	100	80.95	71.43	80.95	95.24	90.48	87.08	สูง
10	95.24	71.43	71.43	95.24	76.19	71.43	71.43	78.91	ปานกลาง
11	76.19	95.24	85.71	80.95	95.24	85.71	85.71	86.39	สูง
12	66.67	90.48	80.95	85.71	90.48	76.19	61.9	78.91	ปานกลาง
13	85.71	95.24	85.71	100	85.71	90.48	76.19	88.43	สูง
				รวม				**86.03**	**สูง**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ภาคผนวก ฌ

คะแนนข้อคำถามท้ายการทดลอง

ตารางที่ ฌ.1 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 1 วงจรผลิตสัญญาณไฟฟ้า

คนที่	คะแนนคำถามท้ายการทดลองใบงานที่ 1 (50 คะแนน)										รวม
	ข้อที่ 1 (5)	ข้อที่ 2 (5)	ข้อที่ 3 (5)	ข้อที่ 4 (5)	ข้อที่ 5 (5)	ข้อที่ 6 (5)	ข้อที่ 7 (5)	ข้อที่ 8 (5)	ข้อที่ 9 (5)	ข้อที่ 10 (5)	
1	4	4	5	4	5	4	4	4	5	4	43
2	4	5	5	3	5	4	4	4	4	3	41
3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	33
4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	45
5	4	3	4	4	5	4	3	3	4	4	38
6	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	45
7	3	3	4	3	4	3	4	3	4	4	35
8	3	4	4	4	5	4	4	4	5	4	41
9	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	45
10	5	4	5	5	4	4	4	4	4	4	43
11	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	33
12	3	3	4	3	4	2	3	2	3	3	30
13	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	43
รวม	**51**	**49**	**59**	**48**	**60**	**48**	**51**	**46**	**55**	**48**	**515**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ฌ.2 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 2 วงจรลดรูปสัญญาณและแปลงรูปสัญญาณ

คนที่	คะแนนคำถามท้ายการทดลองใบงานที่ 2 (30 คะแนน)						รวม
	ข้อที่ 1 (5)	ข้อที่ 2 (5)	ข้อที่ 3 (5)	ข้อที่ 4 (5)	ข้อที่ 5 (5)	ข้อที่ 6 (5)	
1	5	5	4	4	5	5	28
2	5	5	4	4	4	5	27
3	4	5	4	3	3	4	23
4	5	5	5	4	5	5	29
5	4	4	3	2	3	3	19
6	5	5	4	4	5	5	28
7	5	4	4	3	4	4	24
8	5	5	4	4	4	5	27
9	5	5	4	4	5	5	28
10	4	5	3	2	3	3	20
11	5	5	3	3	4	4	24
12	4	4	3	4	3	4	22
13	5	5	4	4	4	5	27
รวม	**61**	**62**	**49**	**45**	**52**	**57**	**326**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ฌ.3 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 3 วงจรอินติเกรเตอร์

คนที่	คะแนนคำถามท้ายการทดลองใบงานที่ 3 (25 คะแนน)					รวม
	ข้อที่ 1 (5)	ข้อที่ 2 (5)	ข้อที่ 3 (5)	ข้อที่ 4 (5)	ข้อที่ 5 (5)	
1	5	4	5	4	5	23
2	5	4	5	4	5	23
3	4	3	4	3	4	18
4	5	5	5	4	5	24
5	4	3	4	3	4	18
6	5	5	5	4	5	24
7	5	4	4	4	5	22
8	5	4	5	4	5	23
9	4	4	5	3	4	20
10	4	3	4	3	3	17
11	5	3	4	4	4	20
12	4	3	4	3	4	18
13	5	4	5	4	5	23
รวม	**60**	**49**	**59**	**47**	**58**	**273**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ฌ.4 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 4 วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์

คนที่	คะแนนคำถามท้ายการทดลองใบงานที่ 4 (25 คะแนน)					รวม
	ข้อที่ 1 (5)	ข้อที่ 2 (5)	ข้อที่ 3 (5)	ข้อที่ 4 (5)	ข้อที่ 5 (5)	
1	4	5	5	4	4	22
2	5	5	5	5	4	24
3	4	4	4	4	3	19
4	5	4	5	4	4	22
5	5	4	4	4	4	21
6	4	5	5	4	3	21
7	5	5	4	5	4	23
8	5	5	5	5	4	24
9	4	4	4	4	3	19
10	5	4	5	5	4	23
11	4	4	4	4	3	19
12	4	4	4	4	4	20
13	5	4	5	5	4	23
รวม	**59**	**57**	**59**	**57**	**48**	**280**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ฌ.5 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 5 วงจรคลิปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์

คนที่	คะแนนคำถามท้ายการทดลองใบงานที่ 5 (30 คะแนน)						รวม
	ข้อที่ 1 (5)	ข้อที่ 2 (5)	ข้อที่ 3 (5)	ข้อที่ 4 (5)	ข้อที่ 5 (5)	ข้อที่ 6 (5)	
1	5	4	5	5	5	5	29
2	4	4	5	4	5	4	26
3	5	4	5	4	5	3	26
4	5	5	5	5	5	4	29
5	4	3	5	4	4	3	23
6	5	4	5	5	5	5	29
7	5	4	5	4	5	4	27
8	5	4	4	4	4	4	25
9	5	4	4	4	4	4	25
10	4	3	4	3	4	3	21
11	5	4	5	4	5	4	27
12	4	3	4	4	5	4	24
13	4	4	4	3	4	4	23
รวม	**60**	**50**	**60**	**53**	**60**	**51**	**334**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ฌ.6 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 6 วงจรชมิตทริกเกอร์

คนที่	คะแนนคำถามท้ายการทดลองใบงานที่ 6 (25 คะแนน)					รวม
	ข้อที่ 1 (5)	ข้อที่ 2 (5)	ข้อที่ 3 (5)	ข้อที่ 4 (5)	ข้อที่ 5 (5)	
1	5	4	4	5	4	22
2	4	4	5	4	4	21
3	4	3	4	4	3	18
4	5	4	5	5	5	24
5	4	3	3	3	3	16
6	4	3	5	4	3	19
7	5	4	4	5	4	22
8	4	4	4	4	3	19
9	5	4	5	5	5	24
10	4	3	3	4	3	17
11	4	3	4	4	4	19
12	4	3	3	3	3	16
13	5	4	5	4	4	22
รวม	**57**	**46**	**54**	**54**	**48**	**259**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ฌ.7 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานที่ 7 วงจรมัลติไวเบรเตอร์และทริกเกอร์

คนที่	คะแนนคำถามท้ายการทดลองใบงานที่ 7 (50 คะแนน)										รวม
	ข้อที่ 1 (5)	ข้อที่ 2 (5)	ข้อที่ 3 (5)	ข้อที่ 4 (5)	ข้อที่ 5 (5)	ข้อที่ 6 (5)	ข้อที่ 7 (5)	ข้อที่ 8 (5)	ข้อที่ 9 (5)	ข้อที่ 10 (5)	
1	5	4	4	5	4	4	4	5	4	5	44
2	5	3	3	4	4	3	3	3	4	4	36
3	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	46
4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	49
5	4	3	3	4	4	3	3	3	2	4	33
6	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	47
7	5	3	4	4	4	3	3	3	2	4	35
8	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	43
9	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	48
10	4	3	3	4	4	3	3	3	2	4	33
11	4	4	4	5	4	3	4	5	4	5	42
12	4	3	3	4	3	3	3	3	2	4	32
13	4	3	4	5	4	3	4	4	3	4	38
รวม	**60**	**48**	**51**	**60**	**54**	**47**	**50**	**51**	**46**	**59**	**526**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ตารางที่ ฌ.8 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานการทดลองที่ 1 ถึง 7

คนที่	คะแนนคำถามท้ายการทดลอง (235 คะแนน)							รวม (235)	รวม (100)
	ใบงานที่ 1 (50)	ใบงานที่ 2 (30)	ใบงานที่ 3 (25)	ใบงานที่ 4 (25)	ใบงานที่ 5 (30)	ใบงานที่ 6 (25)	ใบงานที่ 7 (50)		
1	43	28	23	22	29	22	44	211	89.79
2	41	27	23	24	26	21	36	198	84.26
3	33	23	18	19	26	18	46	183	77.87
4	45	29	24	22	29	24	49	222	94.47
5	38	19	18	21	23	16	33	168	71.49
6	45	28	24	21	29	19	47	213	90.64
7	35	24	22	23	27	22	35	188	80.00
8	41	27	23	24	25	19	43	202	85.96
9	45	28	20	19	25	24	48	209	88.94
10	43	20	17	23	21	17	33	174	74.04
11	33	24	20	19	27	19	42	184	78.30
12	30	22	18	20	24	16	32	162	68.94
13	43	27	23	23	23	22	38	199	84.68
ค่าเฉลี่ยรวม								**193.31**	**82.26**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

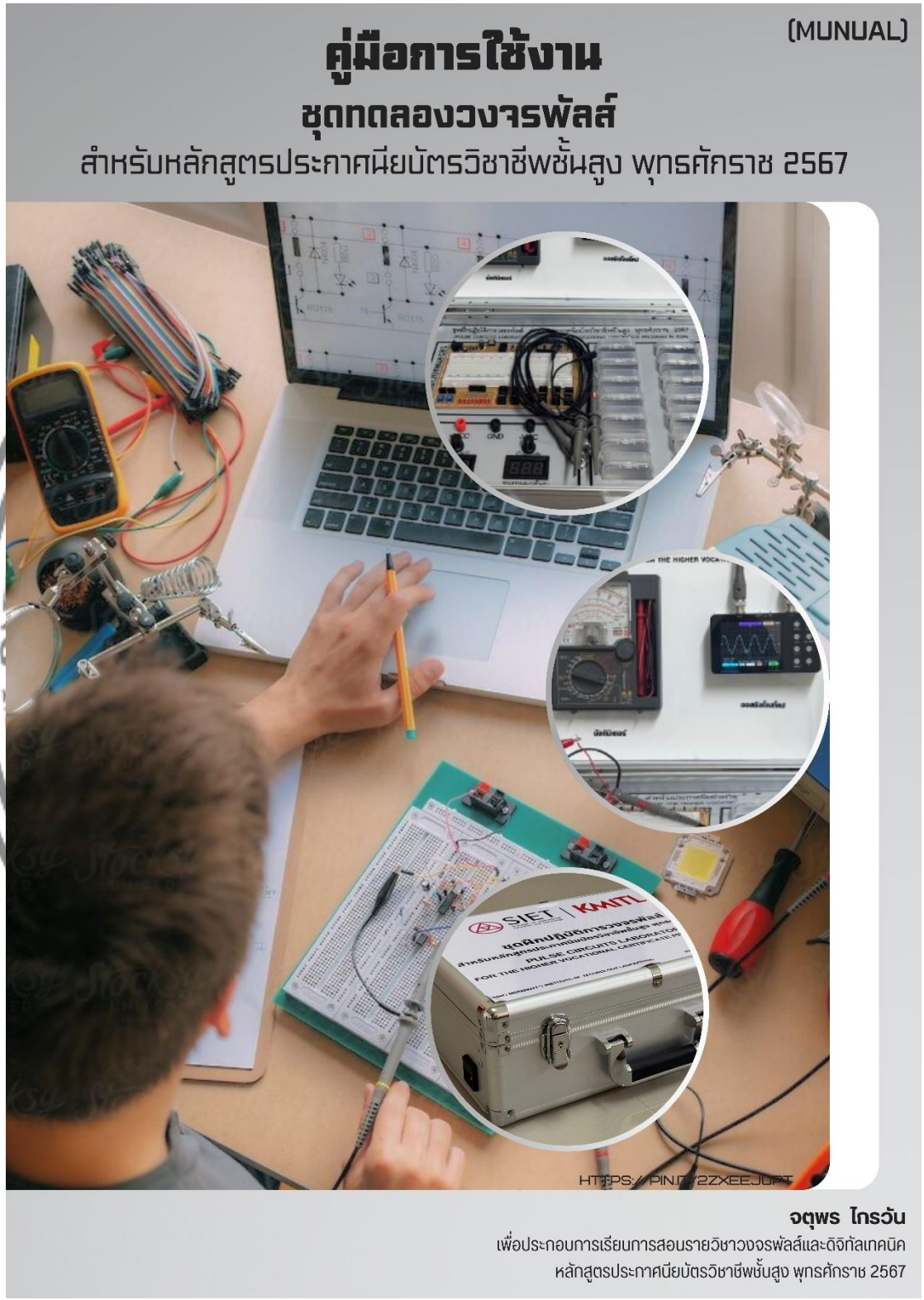
ตารางที่ ฌ.9 คะแนนคำถามท้ายการทดลอง ใบงานแบบทดสอบ

คนที่	คะแนนคำถามท้ายการทดลองใบงานแบบทดสอบ (75 คะแนน)															รวม (75)	รวม (100)
	ข้อที่ 1 (5)	ข้อที่ 2 (5)	ข้อที่ 3 (5)	ข้อที่ 4 (5)	ข้อที่ 5 (5)	ข้อที่ 6 (5)	ข้อที่ 7 (5)	ข้อที่ 8 (5)	ข้อที่ 9 (5)	ข้อที่ 10 (5)	ข้อที่ 11 (5)	ข้อที่ 12 (5)	ข้อที่ 13 (5)	ข้อที่ 14 (5)	ข้อที่ 15 (5)		
1	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	70	93.33
2	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	3	5	4	66	88.00
3	3	4	4	4	3	5	3	3	4	5	3	4	3	4	4	56	74.67
4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	71	94.67
5	3	4	2	3	3	4	3	3	4	5	3	3	2	3	3	48	64.00
6	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4	5	68	90.67
7	4	5	4	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4	4	4	64	85.33
8	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	69	92.00
9	5	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	70	93.33
10	3	4	4	3	3	5	3	3	4	5	3	3	2	3	3	51	68.00
11	4	4	4	4	3	5	3	4	4	5	3	4	3	3	3	56	74.67
12	3	4	3	3	3	4	3	4	4	5	3	3	2	3	3	50	66.67
13	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5	4	5	3	4	5	66	88.00
ค่าเฉลี่ยรวม																**61.92**	**82.56**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ภาคผนวก ญ

คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์

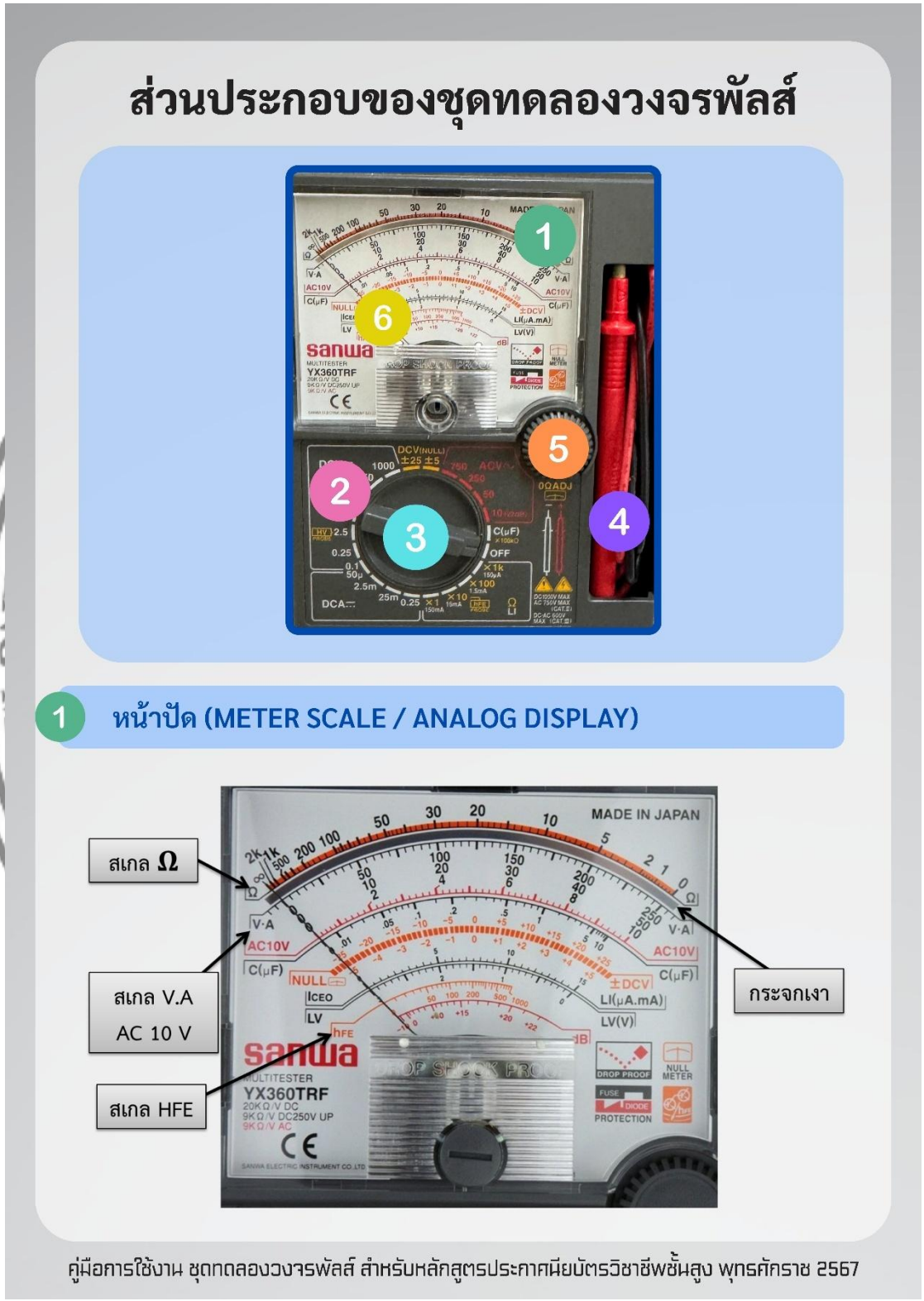


ภาพที่ ญ.1 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 1

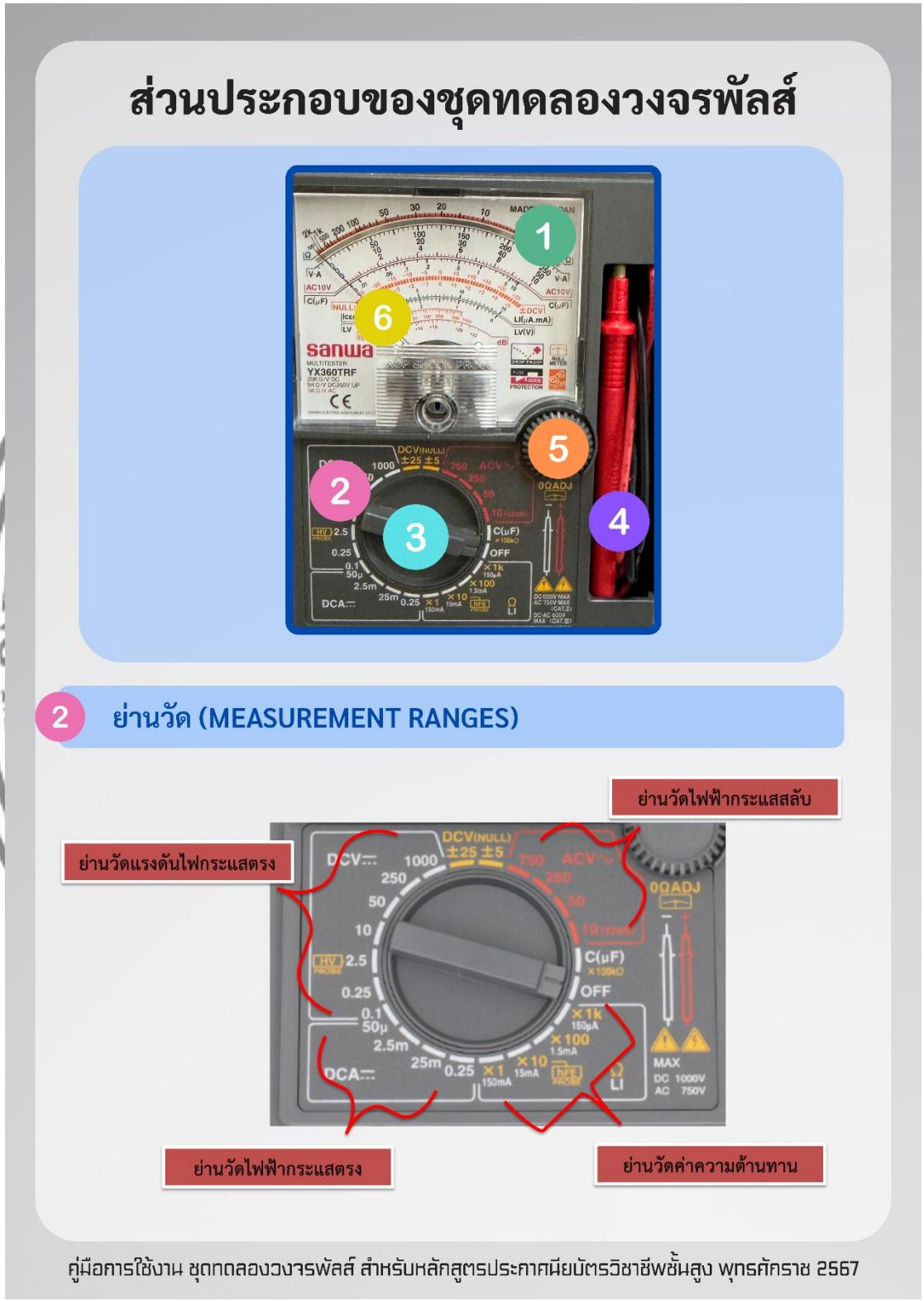
ภาพที่ ญ.2 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 2

ภาพที่ ญ.3 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 3

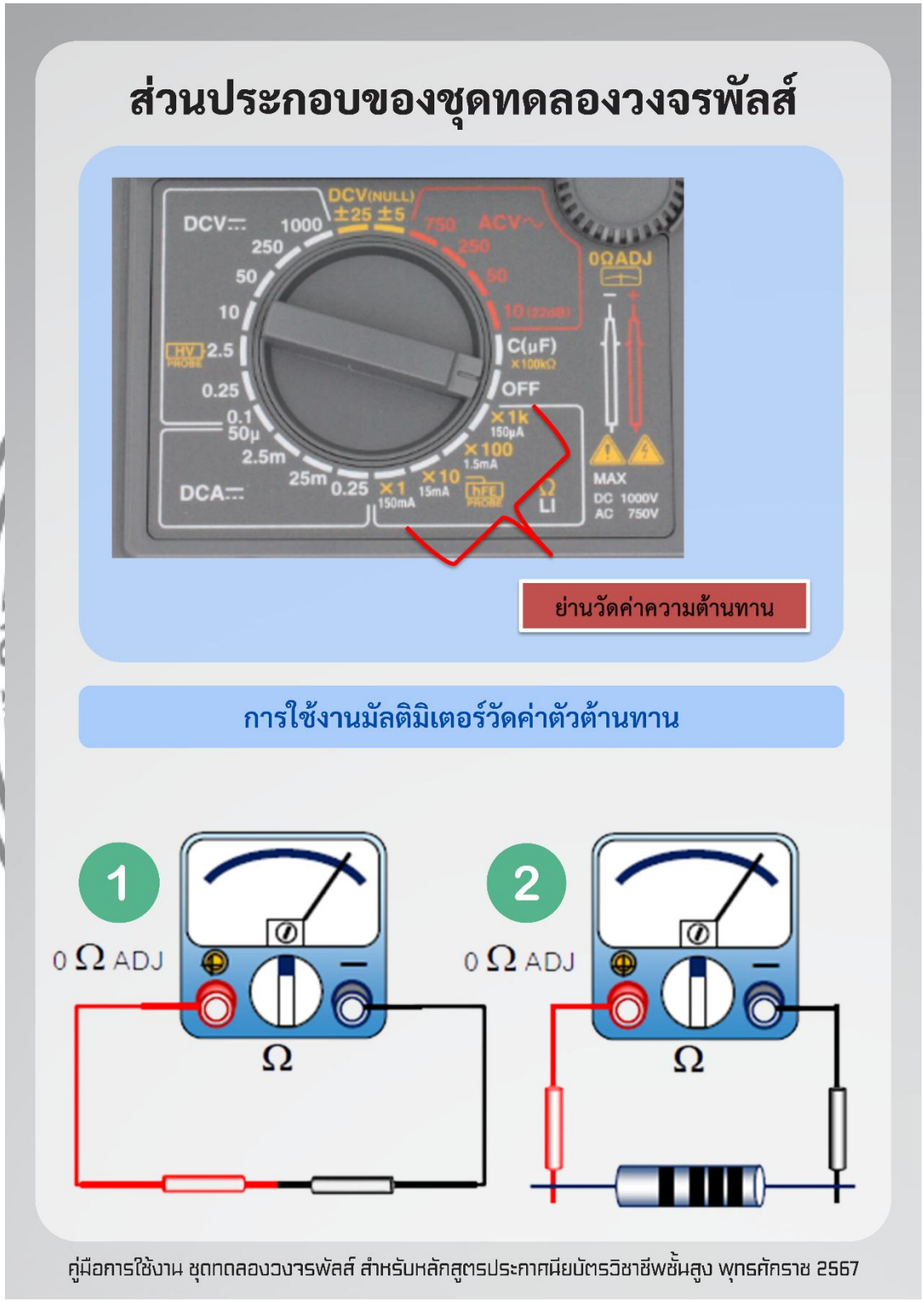
ภาพที่ ญ.4 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 4



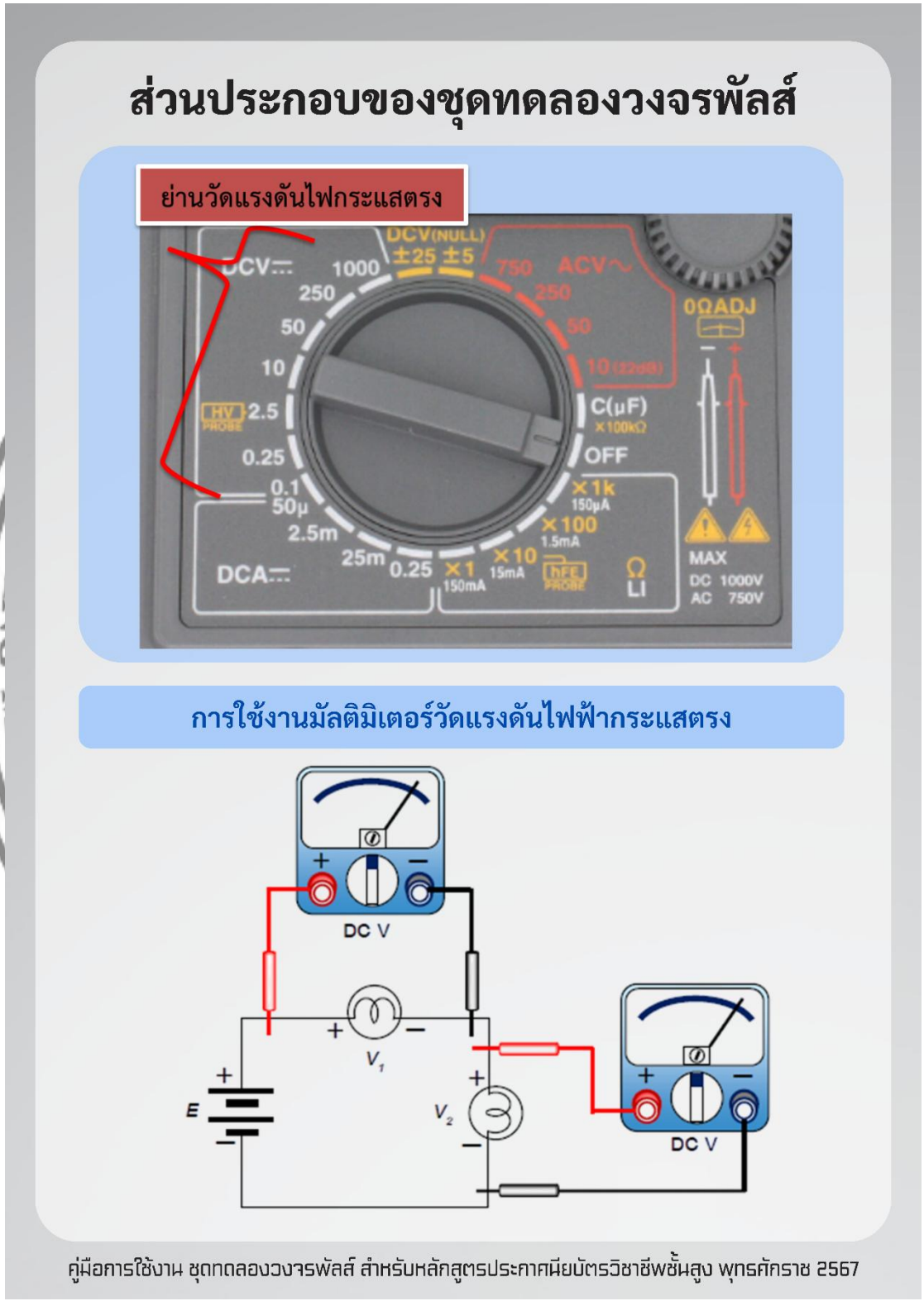
ภาพที่ ญ.5 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 5



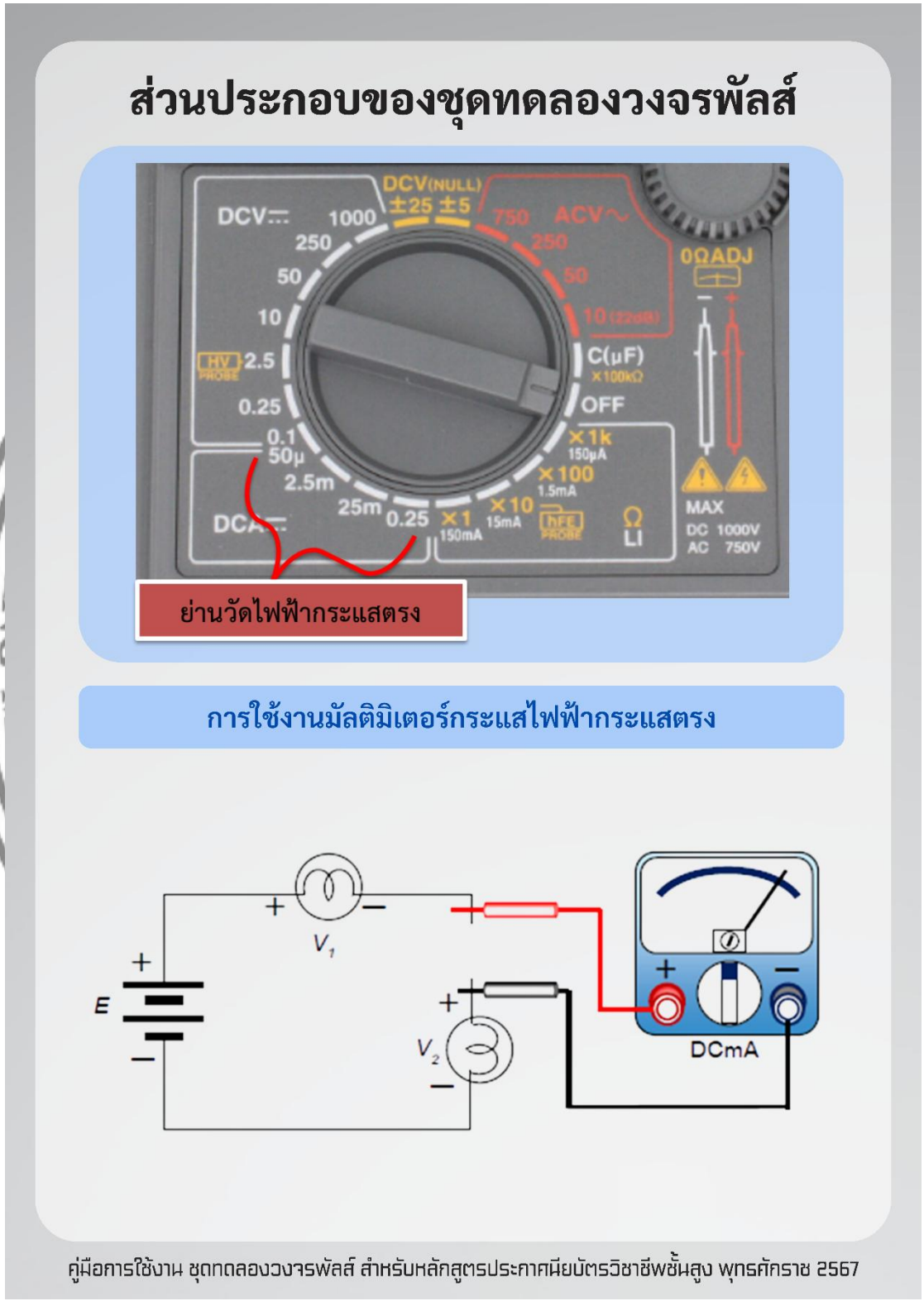
ภาพที่ ญ.6 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 6



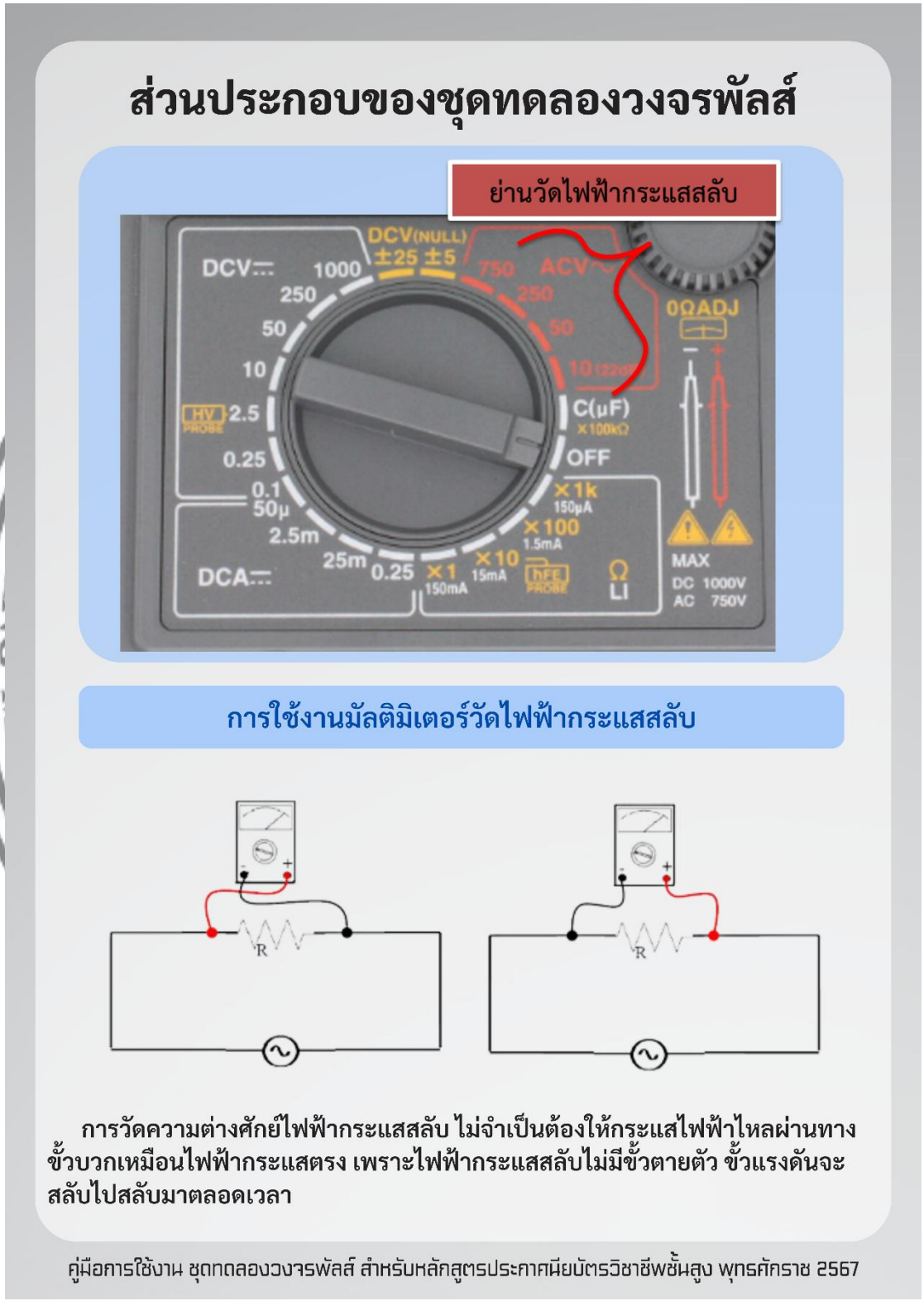
ภาพที่ ญ.7 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 7



ภาพที่ ญ.8 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 8



ภาพที่ ญ.9 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 9



ภาพที่ ญ.10 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 10

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์

3 สวิตช์เลือกย่านวัด (RANGE SELECTOR SWITCH)

- เป็นปุ่มหมุนขนาดใหญ่ตรงกลางเครื่อง
- ใช้สำหรับเลือกประเภทของการวัด (DCV, ACV, DCA, Ω) และย่านการวัด (เช่น 2.5V, 10V, 50V สำหรับแรงดันไฟฟ้า)
- OFF: ตำแหน่งสำหรับปิดเครื่อง

4 สายวัด (TEST LEADS)

- สายวัดสีแดง (RED LEAD): ใช้เสียบเข้ากับช่องบวก (+)
- สายวัดสีดำ (BLACK LEAD): ใช้เสียบเข้ากับช่องลบ (COM)

คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.11 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 11

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์

5 ปุ่มปรับศูนย์โอห์ม (ZERO OHM ADJUSTMENT)

- ใช้สำหรับปรับให้เข็มชี้ไปที่ตำแหน่ง "0" โอห์ม (ในมาตรวัดความต้านทาน) ก่อนทำการวัดความต้านทานทุกครั้ง

6 เข็มชี้ (POINTER)

- เป็นตัวที่เคลื่อนที่ไปตามมาตรวัดเพื่อแสดงค่าที่วัดได้

คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.12 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 12

ภาพที่ ญ.13 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 13

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์

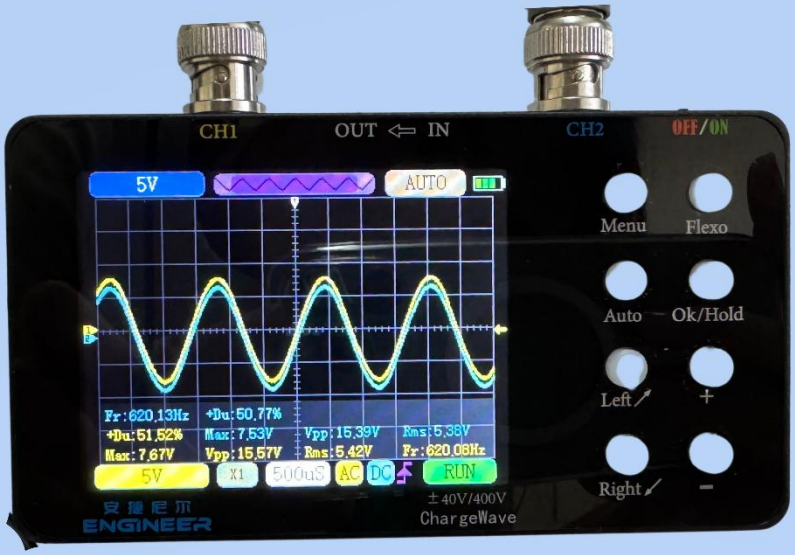
ตารางแสดงฟังก์ชันของปุ่ม

KEY (ปุ่ม)	Short press (กดสั้น)	Long press (กดยาว)
Menu (เมนู)	เข้าสู่เมนู	แสดงเมนูหลัก
Auto (อัตโนมัติ)	การปรับอัตโนมัติ	การสอบเทียบอัตโนมัติ
Ok/Hold (ตกลง/ค้าง)	ยืนยัน/หยุดชั่วคราว	การแก้ไขปัญหาระหว่างสองฝ่าย
Left ◄ (ซ้าย)	สลับไปซ้าย	ข้อมูลกระโดดไปยังตำแหน่ง 0 อย่างรวดเร็ว
Right ► (ขวา)	สลับไปขวา	ข้อมูลกระโดดไปยังตำแหน่งสุดท้ายอย่างรวดเร็ว
Up ▲ (ขึ้น)	พารามิเตอร์ +	ต่อเนื่อง +
Down ▼ (ลง)	พารามิเตอร์ -	ต่อเนื่อง -

คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.14 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 14

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์



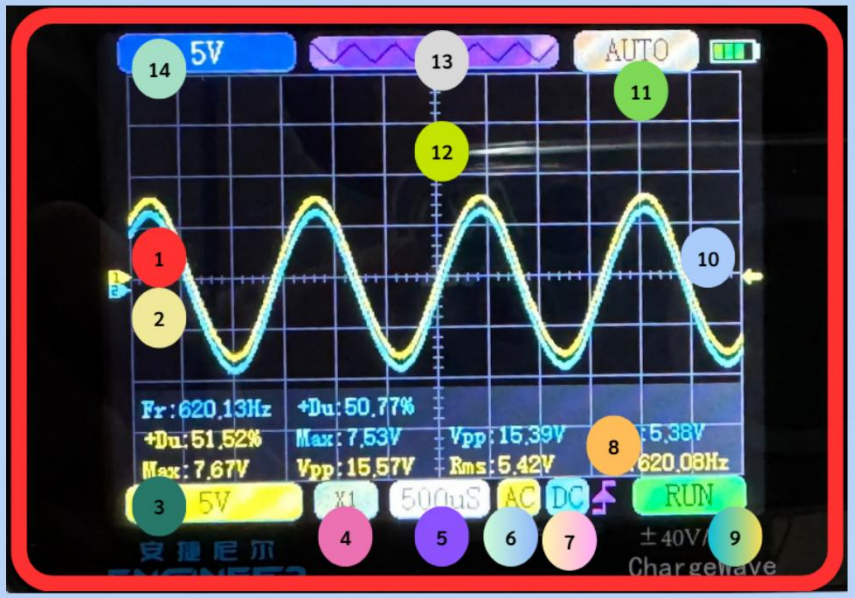
หมายเหตุ

- เมื่อช่อง 1 และ 2 แรงดันไฟฟ้าเกิน 40V ให้พลิกสวิตช์ของหัววัดแรงดันสูงไปที่ปลาย X10
- กระแสวัดสูงสุดของอินเทอร์เฟซการวัดกระแสคือ 6A ซึ่งอาจทำให้วงจรวัดภายในเสียหายได้
- เมื่อทำการวัดกระแส ห้ามวัดในขณะที่ชาร์จ ซึ่งจะรบกวนความแม่นยำของการวัดกระแส
- แรงดันไฟฟ้าการชาร์จ USB ค่าเริ่มต้นคือ 5V/1A หากต้องการใช้งานในขณะชาร์จ กำลังไฟของเครื่องชาร์จควรดีกว่า 7.5W
- ห้ามวัดแหล่งจ่ายไฟหลักเมื่อสร้างสัญญาณการวัดการสื่อสารของคอมพิวเตอร์หลัก

คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.15 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 15

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์

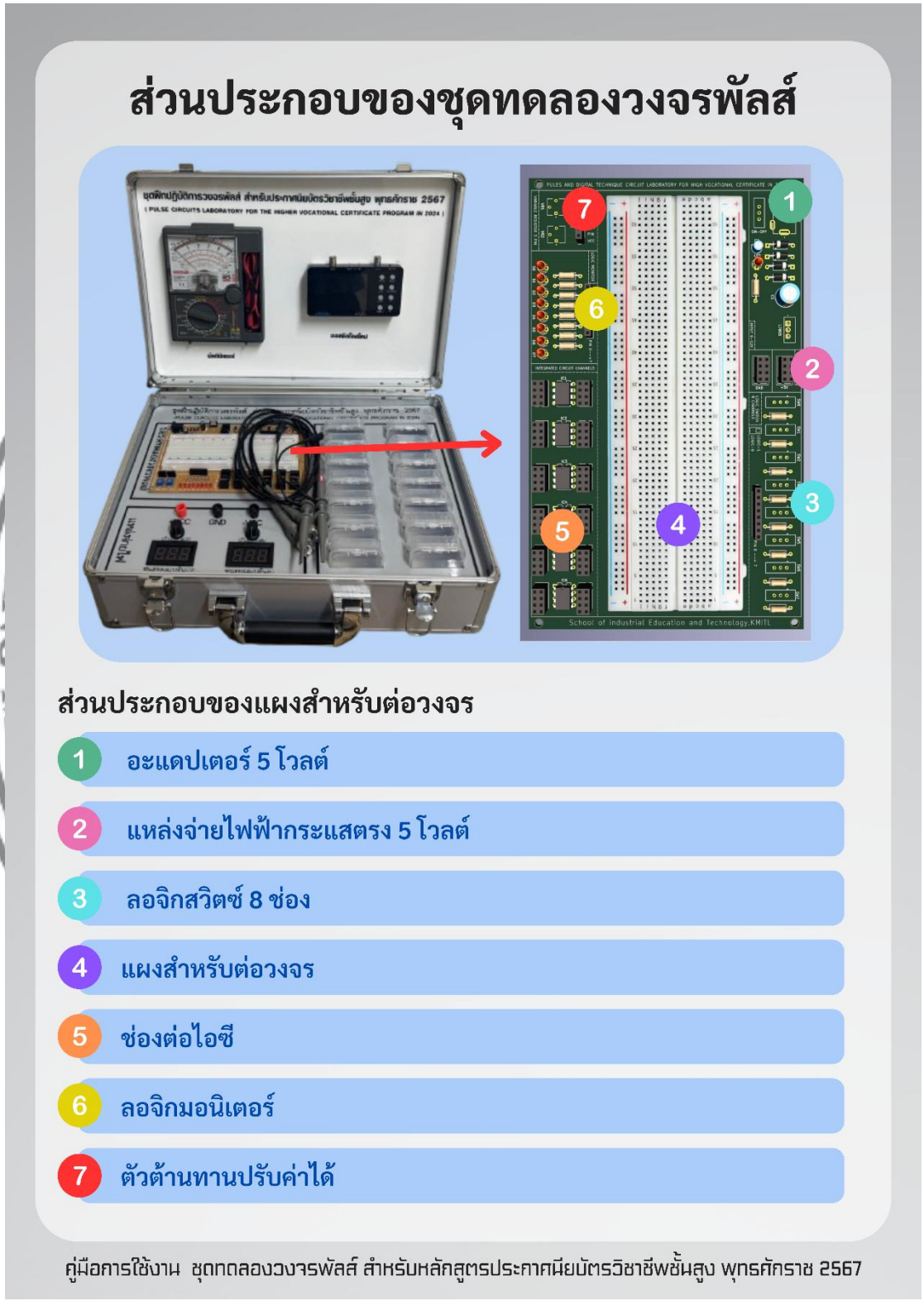


ภาพหน้าจอของ OSCILLOSCOPE ที่แสดงรูปคลื่น

1. ลูกศรตำแหน่งระดับ 0 ของช่องสัญญาณ OSCILLOSCOPE 1
2. ลูกศรตำแหน่งระดับ 0 ของช่องสัญญาณ OSCILLOSCOPE 2
3. ส่วนประกอบแรงดันไฟฟ้าของช่องสัญญาณ 1: ตัวเลขแสดง 5V/กริด ในทิศทางแนวตั้ง
4. ตัวคูณแรงดันไฟฟ้า: X1/X10
5. ฐานเวลา: ตัวเลขแสดง 500US/กริด ในทิศทางแนวนอน
6. สถานะการคัปปลิ้งของช่องสัญญาณ 1
7. สถานะการคัปปลิ้งของช่องสัญญาณ 2
8. ทริกเกอร์ขอบขึ้น/ลง
9. เริ่ม/หยุดชั่วคราว
10. ลูกศรทริกเกอร์แนวตั้ง
11. โหมดทริกเกอร์: อัตโนมัติ/ปกติ/เดี่ยว
12. ลูกศรทริกเกอร์แนวนอน
13. ที่อยู่ข้อมูล
14. ส่วนประกอบแรงดันไฟฟ้าของช่องสัญญาณ 2

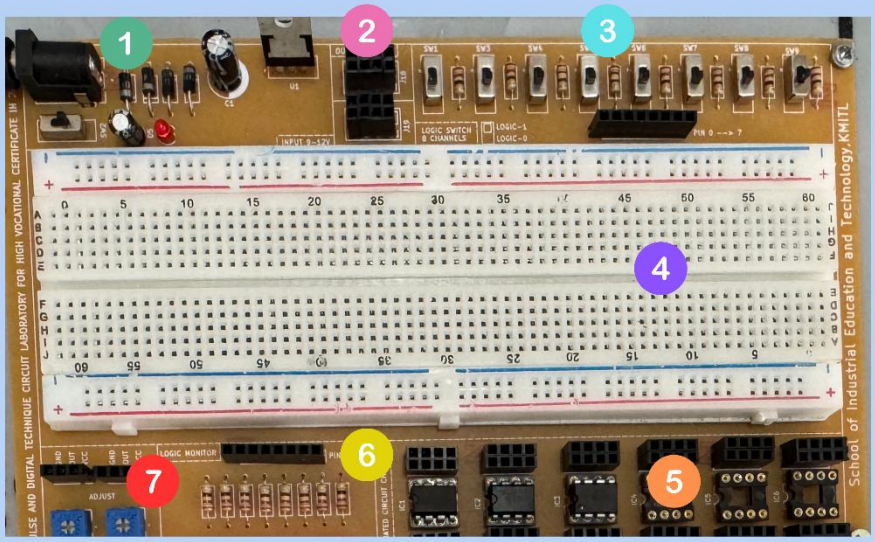
คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.16 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 16



ภาพที่ ญ.17 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 17

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์



ส่วนประกอบของแผงสำหรับต่อวงจร

1 อะแดปเตอร์ 5 โวลต์

- ถ้าต้องการจ่ายไฟเลี้ยงให้แผงวงจร สามารถต่ออะแดปเตอร์ได้ ซึ่งจะใช้อะแดปเตอร์ 5 โวลต์ และต้องเลื่อนสวิตซ์มาที่ตำแหน่ง ON โดยจะมีไฟ LED ติด

2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

- สามารถต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงได้ ซึ่งมีช่อง 5 โวลต์ และช่อง GND โวลต์ ให้ต่อใช้งาน 8 ช่อง

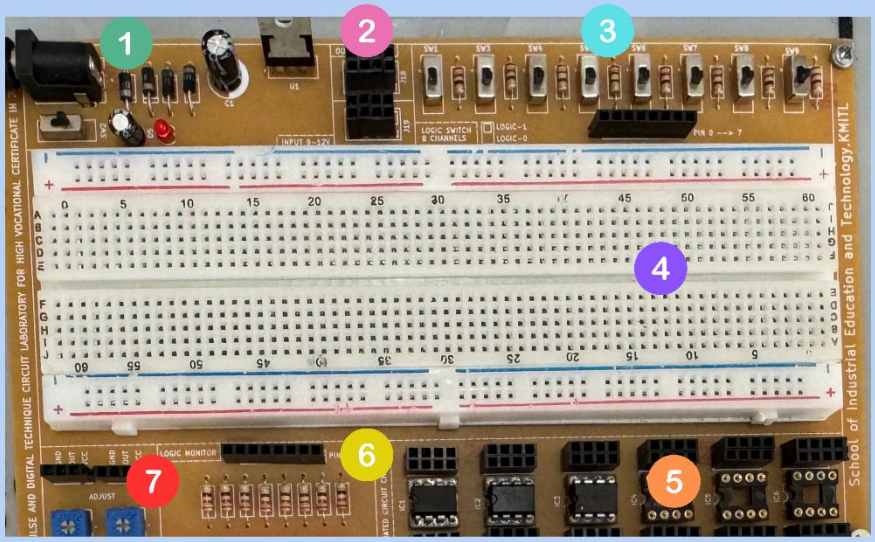
3 ลอจิกสวิตซ์ 8 ช่อง

- LOGIC-1: เมื่อสวิตซ์อยู่ในตำแหน่ง "ON" จะให้ LOGIC เป็น 1
- LOGIC-0: เมื่อสวิตซ์อยู่ในตำแหน่ง "OFF" จะให้ LOGIC เป็น 0

คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.18 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 18

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์



ส่วนประกอบของแผงสำหรับต่อวงจร

4 แผงสำหรับต่อวงจร

- แผงสำหรับต่อวงจรขนาด 830 จุด ใช้สำหรับทดลองสร้างวงจรชั่วคราวโดยไม่ต้องบัดกรี สามารถต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ และสายไฟลงไปในรูเพื่อเชื่อมต่อวงจรได้อย่างรวดเร็วและสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย

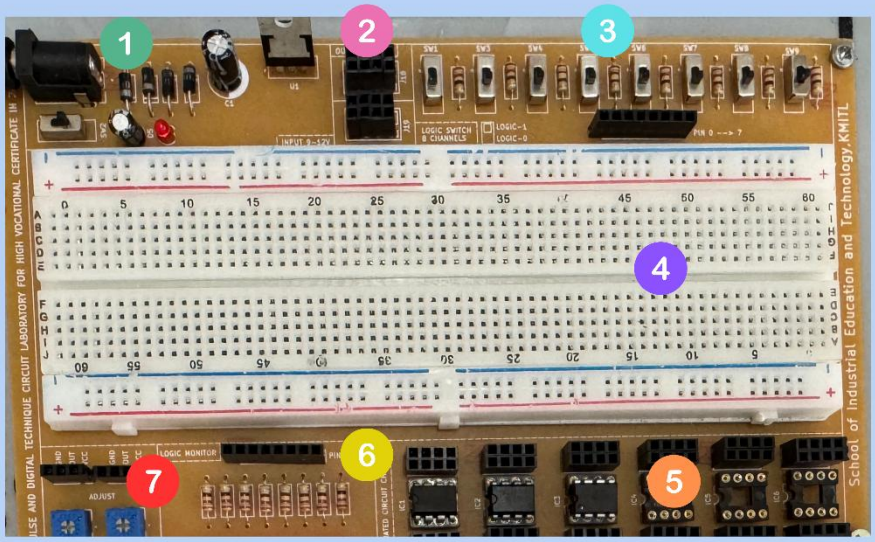
5 ช่องต่อไอซี

- ช่องเสียบ IC (IC SOCKET) ที่มีขั้วต่อสำหรับต่อสายไปยังแผงสำหรับต่อวงจร โดยสามารถต่อไอซีได้ทั้งหมด 6 ตัว

คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.19 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 19

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์



ส่วนประกอบของแผงสำหรับต่อวงจร

6 ลอจิกมอนิเตอร์

- ใช้สำหรับแสดงสถานะเอาต์พุตของวงจรดิจิทัลที่กำลังทดลองอยู่ หาก LED ดวงใดติดสว่าง แสดงว่าจุดนั้นมีสถานะเป็น LOGIC 1 (HIGH) หาก LED ดับ แสดงว่าจุดนั้นมีสถานะเป็น LOGIC 0 (LOW)

7 ตัวต้านทานปรับค่าได้

- ใช้สำหรับปรับค่าความต้านทานเพื่อควบคุมแรงดันหรือกระแสในวงจร

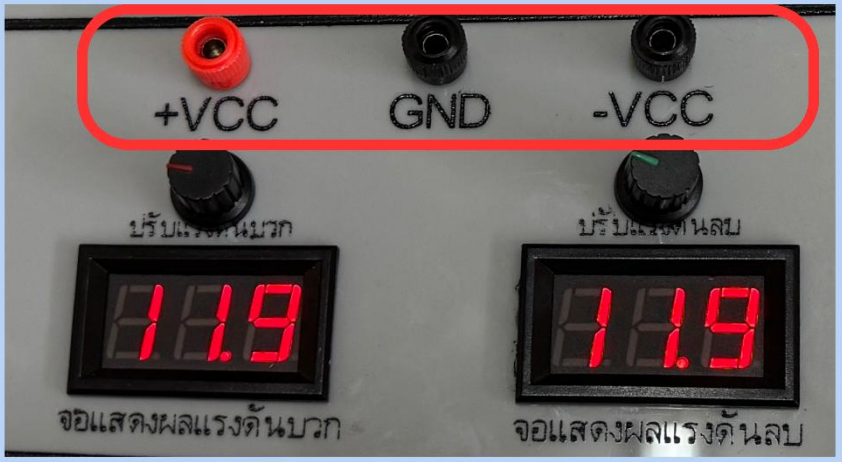
คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.20 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 20

ภาพที่ ญ.21 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 21

ภาพที่ ญ.22 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 22

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์



การใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 0 - 30 โวลต์

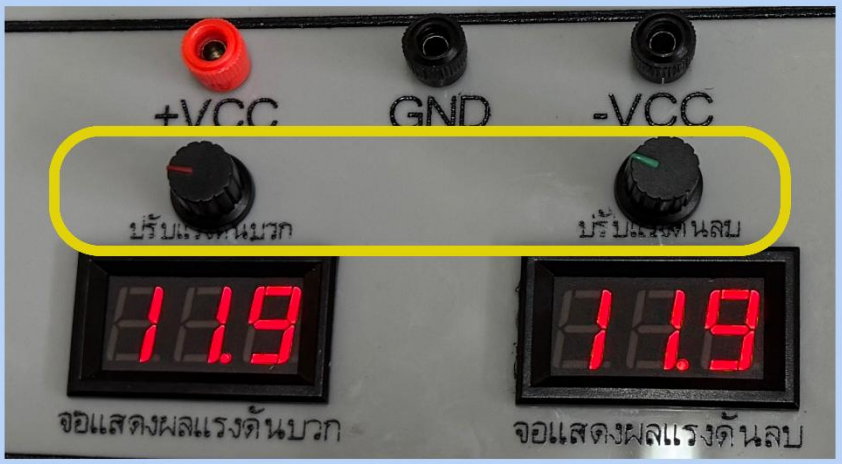
1. เชื่อมต่อสายวัด/สายไฟ

- ใช้สายไฟหรือสายวัดที่มีขั้วต่อแบบ BANANA PLUG หรือสายคีบแบบปากจิ้งจก เข้ากับช่องเสียบที่ให้มา
- ต่อสายจาก +VCC ไปยังจุดที่ต้องการแรงดันบวกในวงจร
- ต่อสายจาก -VCC ไปยังจุดที่ต้องการแรงดันลบในวงจร
- ต่อสายจาก GND ไปยังจุดกราวด์ (หรือจุดอ้างอิง 0V) ของวงจร

คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.23 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 23

ส่วนประกอบของชุดทดลองวงจรพัลส์



การใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 0 - 30 โวลต์

2. เปิดเครื่องและตั้งค่าแรงดัน

- เปิดเครื่องแหล่งจ่ายไฟ โดยสายต่ออยู่ด้านข้าง
- สังเกตจอแสดงผล จอจะแสดงค่าแรงดันที่กำลังจ่ายออก
- ปรับแรงดันบวก หมุนปุ่ม "ปรับแรงดันบวก" ตามเข็มนาฬิกาเพื่อเพิ่มแรงดัน และทวนเข็มนาฬิกาเพื่อลดแรงดัน สังเกตค่าบนจอแสดงผลแรงดันบวกให้ได้ตามที่ต้องการ (เช่น +12.0 V)
- ปรับแรงดันลบ หมุนปุ่ม "ปรับแรงดันลบ" ตามเข็มนาฬิกาเพื่อเพิ่มแรงดัน และทวนเข็มนาฬิกาเพื่อลดแรงดัน สังเกตค่าบนจอแสดงผลแรงดันลบให้ได้ตามที่ต้องการ (เช่น -12.0 V)
  ข้อควรระวัง: แรงดันลบจะมีค่าเป็นลบเสมอ เช่น ถ้าต้องการ -12.0 V แต่จอแสดงผลค่าเป็น 12.0 V

3. เชื่อมต่อกับวงจร

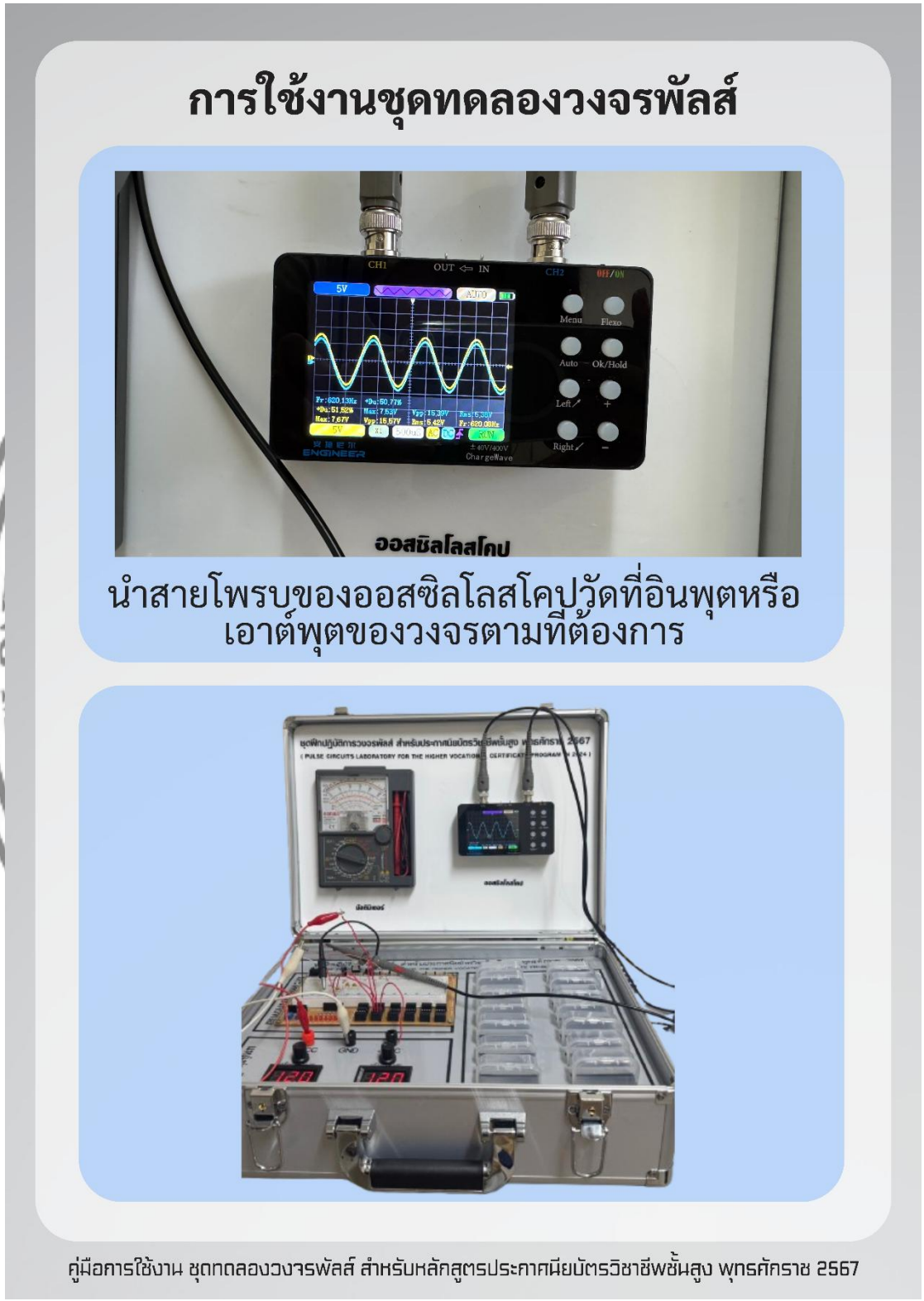
- เมื่อตั้งค่าแรงดันที่ต้องการแล้ว สามารถนำแรงดัน +VCC, GND, และ -VCC ไปจ่ายให้กับวงจรที่ต้องการไฟเลี้ยงแบบสองขั้ว

คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ภาพที่ ญ.24 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 24

ภาพที่ ญ.25 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 25

ภาพที่ ญ.26 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 26



ภาพที่ ญ.27 คู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรพัลส์ หน้า 27

ภาคผนวก ฎ

ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ภาพที่ ฎ.1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง 1

ภาพที่ ฎ.2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง 2

ภาพที่ ฎ.3 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง 3

ภาพที่ ฎ.4 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง 4

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวจตุพร ไกรวัน
วัน เดือน ปี เกิด	วัน จันทร์ ที่ 12 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 99/252 หมู่บ้านอณาสิริบางนา ตำบลบางเสาธง อำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ 10570
ผลงานตีพิมพ์	ชุดฝึกปฏิบัติการวงจรพัลส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 PULSE CIRCUITS LABORATORY FOR THE HIGHER VOCATIONAL CERTIFICATE PROGRAM IN 2024
รางวัลที่ได้รับ	รางวัลบทความยอดเยี่ยม (The best paper)

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG