การปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรมพีสไปซ์

LABORATOR ON ELECTRONIC CIRCUIT ANALYSIS USING PSPICE

วีรพงษ์ พฤกษชาติ

WEERAPONG PLUKSACHART

ห้องสมุด คณะครุศาสตร์ฯ สจล.

A029255

วพ.

เลขหมู่ ๑๘๒๘ ก ๒๕๔๘

เลขทะเบียน ๒๙๒๕๕

วัน เดือน ปี ๒๓ พ.ย. ๒๕๔๘

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-2004-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LABORATOR ON ELECTRONIC CIRCUIT ANALYSIS USING PSPICE

WEERAPONG PLUKSACHART

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION

IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

ISBN 974-15-2004-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม พีสไปซ์**
นักศึกษา	**นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ**
รหัสประจำตัว	43064632
ปริญญา	**ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร**
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี**
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กิติพงศ์ มะโน**

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ใบงานปฏิบัติการจำนวน 12 ใบงาน แบบฝึกหัดระหว่างการทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคู่มือการใช้งานโปรแกรม Pspice

วิธีการดำเนินการทดลองมีดังนี้ ผู้วิจัยนำใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ที่สร้างขึ้นไปทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง จำนวน 20 คน

ผลการวิจัย พบว่า คะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองทั้ง 12 ใบงานปฏิบัติการ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 88.60 และจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.36 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ดังนั้นใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Laborator On Electronic Circuit Analysis Using Pspice
Student	Mr. Weerapong Pluksachart
Student ID.	43064632
Degree	Master of Sciences in Industrial Education
Programme	Electical Communication Engineering
Year	2005
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr.Surasit Ratee
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Kitipong Mano

ABSTRACT

This research was aimed to develop laboratory sheets an effectiveness of the laboratory on electronic circuit analysis using pspice for electronic diploma student. The instruments used this research were ; The development of 12 laboratory sheets, formative test, posttest and user'manual.

The study was carried out as follows the laboratory on electronic circuit analysis using pspice was tested to investigate its effectiveness with samples of this research consisted of 20 electronic diploma students at Rayong Technical College.

The result of this study could be concluded that the laboratory on electronic circuit analysis using pspice has an effectiveness as the desired standard of 80/80 as already hypothesized because the percentage of using 12 laboratory sheet scores was 88.60/81.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงค์ มะโน อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ช่วยตรวจสอบและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.มานพ แจ่มกระจ่าง ผศ.สืบศักดิ์ พันธุ์ไพโรจน์ อาจารย์สมบูรณ์ เนียมกล่ำ อาจารย์สมพร ผลประพฤติ และอาจารย์เจริญ ศรีแสง ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขและปรับปรุงเครื่องมือในการวิจัยให้มีคุณภาพสูงสุด

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขและปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์นี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษาวิทยาลัยเทคนิคระยอง ที่ได้อนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ ในการสร้างเครื่องมือและการวิจัยในครั้งนี้

ขอบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง รวมทั้งครอบครัวทุกคนที่ได้ให้ความรัก ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือทุกด้านตลอดมา

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆ นักศึกษาทุกคน และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วีรพงษ์ พฤกษชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3

1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....3

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....3

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....4

1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะ.....5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 หลักสูตรวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์.....6

2.2 การออกแบบการเรียนการสอน.....8

2.3 การสอนแบบการทดลอง.....13

2.4 โปรแกรม Pspice.....20

2.5 การจำลองสถานการณ์.....23

2.6 ใบทดลอง.....27

2.7 การหาประสิทธิภาพ.....29

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....31

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....33

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....33

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....44
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....45

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....49
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านรูปแบบ.....49
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านเนื้อหา.....50
4.3 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice.....52

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....53
5.1 สรุปผลการวิจัย.....53
5.2 อภิปรายผล.....55
5.3 ข้อเสนอแนะ.....57

บรรณานุกรม.....58

ภาคผนวก.....61
ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย.....62
ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ.....70
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพของใบงานปฏิบัติการ.....72
ภาคผนวก ง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย.....75
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....87
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างใบงานปฏิบัติการพร้อมเฉลย.....132
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งานโปรแกรม Pspice.....157

ประวัติผู้เขียน.....179

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 หน่วยการสอนราชวิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 7

4.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ
วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านรูปแบบ.....50

4.2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ
วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านเนื้อหา.....51

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ
วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice 52

จ.1 แสดงคะแนนที่ได้จากการทดสอบระหว่างการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของ
ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice.....88

จ.2 แสดงคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของ
ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice.....89

จ.3 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุ
ประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการศึกษาคุณสมบัติและ
การใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง.....90

จ.4 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุ
ประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส.....91

จ.5 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุ
ประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องศึกษาคุณสมบัติและ
การทำงานของทรานซิสเตอร์.....91

จ.6 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุ
ประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์.....92

จ.7 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุ
ประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องวงจรขยาย
สัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์.....92

จ.8 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุ
ประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการออกแบบวงจรขยายทรานซิสเตอร์.....93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.9 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของเฟต.....93

จ.10 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสเฟต.....94

จ.11 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของเฟต.....94

จ.12 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการออกแบบวงจรขยายเฟต.....95

จ.13 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องวงจรขยายสัญญาณหลายภาค.....95

จ.14 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องวงจรขยายแบบเนกตีฟฟีดแบคและวงจรขยายกำลัง.....96

จ.15 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ) วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์.....97

จ.16 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง.....98

จ.17 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส.....99

จ.18 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของทรานซิสเตอร์.....100

จ.19 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์.....101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.20 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์.....102

จ.21 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการออกแบบวงจรขยายทรานซิสเตอร์.....103

จ.22 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของเฟต.....104

จ.23 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสเฟต.....105

จ.24 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของเฟต.....106

จ.25 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการออกแบบวงจรขยายเฟต.....107

จ.26 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณหลายภาค.....108

จ.27 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายแบบเนกตีฟฟีดแบค และวงจรขยายกำลัง.....109

จ.28 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไปวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ) วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์.....110

จ.29 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอด ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง.....111

จ.30 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส.....112

จ.31 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของ ทรานซิสเตอร์.....113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.32 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์.....114

จ.33 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์.....115

จ.34 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการออกแบบวงจรขยายทรานซิสเตอร์.....116

จ.35 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของเฟต.....117

จ.36 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสเฟต.....118

จ.37 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของเฟต.....119

จ.38 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการออกแบบวงจรขยายเฟต.....120

จ.39 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณหลายภาค.....121

จ.40 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายแบบเนกตีฟฟีดแบค และวงจรขยายกำลัง.....122

จ.41 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไปวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ) วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์.....123

จ.42 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 1.....124

จ.43 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 2.....125

จ.44 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 3.....126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.45 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 4.1.....126

จ.46 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 4.2.....127

จ.47 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 5.....127

จ.48 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 6.....128

จ.49 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 7.1.....128

จ.50 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 7.2.....129

จ.51 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 8.....129

จ.52 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 9.....130

จ.53 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 10.....130

จ.54 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และ ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภูมิขั้นตอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง	24
3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างใบงานปฏิบัติการ	37
3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างใบงานปฏิบัติการ (ต่อ)	38
3.2 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบฝึกหัดแต่ละใบงานปฏิบัติการ	40
3.3 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	43
ช.1 แสดงภาพหน้าจอของโปรแกรม Schematics	159
ช.2 แสดงการใช้แถบเครื่องมือของโปรแกรม Schematics	160
ช.3 แสดงภาพหน้าต่างของโปรแกรม Pspice	161
ช.4 แสดงภาพหน้าต่างของโปรแกรม Probe	161
ช.5 แสดงการใช้แถบเครื่องมือของโปรแกรม Probe	162
ช.6 แสดงภาพหน้าจอของเมนูย่อย Setup	164
ช.7 แผนภาพวงจรแบ่งแรงดัน	165
ช.8 ภาพหน้าต่าง Part Browser Basic	167
ช.9 ภาพหน้าต่าง Part Browser Advanced	167
ช.10 ภาพหน้าต่าง Set Attribute Value	168
ช.11 ภาพหน้าต่างสำหรับกำหนดคุณสมบัติของตัวต้านทาน	168
ช.12 แสดงการเลือกวิธีการวิเคราะห์วงจรสำหรับรูปที่ 18	169
ช.13 แสดงหน้าต่างการจัดเก็บข้อมูล (สำหรับแฟ้มข้อมูลใหม่)	170
ช.14 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Pspice	170
ช.15 แสดงผลหลังการจำลองการทำงาน	171
ช.16 แสดงรายละเอียดในแฟ้มข้อมูล .out	172
ช.17 แสดงวงจรตัวอย่างที่ดัดแปลงจากวงจรแรก	173
ช.18 แสดงผลการจำลองการทำงานวงจรในรูปที่ 28	173
ช.19 แสดงรายละเอียดในแฟ้มข้อมูล.out ของรูปที่ 18	174
ช.20 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดเงื่อนไข DC Sweep	175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ช.21 แสดงภาพหน้าจอของโปรแกรม Probe.....176

ช.22 แสดงภาพหน้าจอในการเลือกตัวแปรเพื่อดูผล.....177

ช.23 แสดงภาพหน้าจอหลังจากเลือกตัวแปรเพื่อดูผล.....177

ช.24 แสดงกราฟของกำลังงานที่ R2 เป็นฟังก์ชั่นของ V1.....178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในด้านต่างๆ อย่างมากมาย เช่นในด้านการศึกษาได้มีการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในระบบการเรียนการสอนที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทอย่างมาก ทั้งในด้านการบริหารและการจัดการเรียนการสอนซึ่งทำให้ได้รับความสะดวก รวดเร็ว แม่นยำในการทำงานเป็นอย่างสูง วงจรอิเล็กทรอนิกส์จัดว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญมากของเทคโนโลยีด้านต่างๆ ที่ใช้งานกันอยู่ จึงมีความจำเป็นที่ผู้ที่ศึกษาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์จะต้องเรียนรู้โครงสร้าง การทำงานของอุปกรณ์และวงจรต่างๆ ทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในสถาบันการอาชีวศึกษา สังกัดคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ก็มีการเปิดสอนในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้ที่มีความสนใจได้เข้ามาศึกษา ในการเรียนนั้นนักศึกษาจำเป็นจะต้องเรียนรู้ทั้งในด้านทฤษฎีอย่างเข้าใจและฝึกปฏิบัติการทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ซึ่งการเรียนการสอนในวิชาทางช่างอุตสาหกรรมนั้นจะมีทั้งการสอนทางภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ สำหรับการทดลองหรือการประลอง (Laboratory) จะเป็นการเรียนการสอนสำหรับภาคปฏิบัติอีกประเภทหนึ่งที่ผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรมการเรียน การทดลองแต่ละเรื่องให้ครอบคลุมเนื้อหาของแต่ละรายวิชาให้มากที่สุด กล่าวคือ กิจกรรมที่จัดขึ้นนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างกิจกรรมในชั้นเรียนกับกิจกรรมทางงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะเรียนรู้และพิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎีตามที่ได้มีการค้นพบมาว่ามีความถูกต้อง และสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และได้ประสบการตรงเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ฝึกปฏิบัติงาน สามารถประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้อย่างถูกต้อง

โดยส่วนใหญ่สภาพการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติ ในสถาบันการอาชีวศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ค่อนข้างประสบปัญหามาก เนื่องจาก ชุดทดลองมีไม่เพียงพอกับจำนวนนักศึกษาที่เข้าฝึกทดลอง ชุดทดลองมีราคาแพง บางรายวิชาไม่มีใบทดลอง งบประมาณจัดซื้อวัสดุครุภัณฑ์สำหรับการทดลองมีน้อย เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองชำรุดเสียหายและไม่สามารถซ่อมแซมให้ใช้งานได้เหมือนเดิมทำให้นักศึกษาที่เรียนในภาคปฏิบัติไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในระดับ ปวส. ที่สอนอยู่ในสถาบันอาชีวศึกษา เป็นอีกรายวิชาหนึ่งที่ประสบปัญหาในด้านของการเรียนภาคปฏิบัติอีกวิชาหนึ่งอันเนื่องมาจากปัญหาข้างต้น ทำให้นักศึกษาไม่สามารถวัดและทดสอบค่าต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง บางครั้งก็เกิดความขัดแย้งกับทางทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในเรื่องของการทดลองซึ่งมีความสำคัญมากในการศึกษาระดับวิทยาลัยเทคนิค ซึ่งมุ่งเน้นให้นักศึกษามีทักษะในการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจึงได้คิดสร้างใบทดลองการปฏิบัติงานโดยนำเอาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) มาใช้แทนการทดลองด้วยอุปกรณ์จริง เนื่องจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้จะเป็นการจำลองสถานการณ์ หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงหรือเลียนแบบกระบวนการที่เกิดขึ้น สำหรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจะเป็นจริง บางสถานการณ์อาจเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในสถานการณ์นั้นด้วย เช่น การวัดรูปคลื่นไฟฟ้าด้วยเครื่องมือวัดที่จำลองขึ้น นักศึกษาจะต้องปรับแต่งและอ่านค่าของรูปคลื่นด้วยตนเอง จะเป็นการสอนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาได้เหมือนจริง เข้าใจง่าย การจำลองบางเรื่องช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุ อุปกรณ์ ในการปฏิบัติได้มากและลดการเสี่ยงอันตรายอันเนื่องจากการฝึกทดลองปฏิบัติจริงได้อีกด้วย (ธรรมนูญ นิลวรรณ.2537:7-11) โปรแกรมที่สามารถนำมาใช้ในการสอนภาคปฏิบัติมีอยู่หลายโปรแกรมด้วยกัน เช่น โปรแกรม Electronic Workbench โปรแกรม MathLAB โปรแกรม Easysim โปรแกรม Pspice เป็นต้น

โปรแกรม Pspice ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์การทำงานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางในการศึกษา ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มาใช้ในการจำลองสถานการณ์ในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ แทนการทดลองโดยอุปกรณ์จริง เนื่องจากโปรแกรมดังกล่าวสามารถจำลองสถานการณ์การทำงานของวงจรทดลองบนจอคอมพิวเตอร์ได้ โปรแกรมได้สร้างแบบจำลองเครื่องมืออุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องมือวัดค่าต่างๆ ให้สามารถประกอบ วงจรการทดลองและวัดค่าต่างๆ ได้โดยไม่ชำรุดเสียหายในกรณีเกิดความผิดพลาดขึ้นระหว่างการทดลอง และยังช่วยให้นักศึกษาสามารถทำการทดลองได้อย่างรวดเร็ว จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำการทดลองแบบจำลองสถานการณ์ในวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้นักศึกษาที่ผ่านการเรียนในระดับชั้น ปวช. 1-3 จะมีประสบการณ์และทักษะด้านการใช้เครื่องมือเพียงพอระดับหนึ่งและในระดับ ปวส. โดยเฉพาะในรายวิชานี้มุ่งเน้นให้นักศึกษาสามารถออกแบบ วิเคราะห์การทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำวิจัย เรื่อง การปฏิบัติการวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดในการวิจัย โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการเรียนการสอน 9 ขั้น ของ Gagne' ในการสร้างเครื่องมือการสอนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice โดยทำการเลือกใช้ 7 ขั้น ดังนี้

1. บอกวัตถุประสงค์ของบทเรียน (Specify Objectives)
2. การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)
3. ชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)
4. กระตุ้นให้มีการตอบสนอง (Elicit Responses)
5. การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)
6. ทดสอบความรู้ (Access Performance)
7. การจำและนำไปใช้งาน (Promote Retention and Transfer)

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง วิทยาลัยเทคนิคมาบตาพุด วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี วิทยาลัยเทคนิคตราด สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยเลือกตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง ทั้งหมด จำนวน 20 คน

1.5.3 เนื้อหาวิชาที่นำมาใช้ในการวิจัยเป็นวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 จำนวน 2 หน่วยกิต หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ โดยแบ่งออกเป็น 10 หน่วย ดังต่อไปนี้

- หน่วยที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
- หน่วยที่ 2 การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส
- หน่วยที่ 3 ศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของทรานซิสเตอร์
- หน่วยที่ 4 การวิเคราะห์วงจรไบอัส และวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์
- หน่วยที่ 5 การออกแบบวงจรขยายทรานซิสเตอร์
- หน่วยที่ 6 ศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของเฟต
- หน่วยที่ 7 การวิเคราะห์วงจรไบอัสและวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของเฟต
- หน่วยที่ 8 การออกแบบวงจรขยายเฟต
- หน่วยที่ 9 วงจรขยายสัญญาณหลายภาค
- หน่วยที่ 10 วงจรขยายแบบเนกตีฟฟีดแบคและวงจรขยายกำลัง

1.5.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย คือ

1.4.4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

1.4.4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.6.1 การวิจัยครั้งนี้ไม่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างเพศ อายุ เศรษฐกิจ สังคม และอารมณ์ของผู้เรียน

1.6.2 การทดลองไม่คำนึงถึงความรู้พื้นฐานทางด้านคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.6.3 สภาพแวดล้อมในการทดลองอันได้แก่ วัน เวลา ถือว่าไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.4 ผู้เรียนได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อ 1 คน และเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องมีประสิทธิภาพเท่าเทียมกันตลอด

1.6.5 ผู้เรียนมีความรู้เบื้องต้นในการใช้งานโปรแกรม Pspice

1.7 คำนิยามเฉพาะ

1.7.1 การปฏิบัติการ หมายถึง การทดลองโดยการจำลองสถานการณ์หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะให้ผลการทดลองตามหลักทฤษฎีเหมือนกับการทดลองโดยใช้อุปกรณ์จริง

1.7.2 การปฏิบัติการโปรแกรม Pspice หมายถึง การสอนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Pspice ซึ่งเป็นโปรแกรมช่วยในการทดลองเกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นำมาจำลองสถานการณ์ในการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์แทนวัสดุอุปกรณ์จริงโดยมีใบงานปฏิบัติการและเอกสารที่ใช้ประกอบการทดลอง

1.7.3 ใบงานปฏิบัติการ หมายถึง เอกสารที่ใช้ประกอบการทดลอง เรื่องการทดลองวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

1.7.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหลังการทดลองครบทุกใบงานปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยผ่านการวิเคราะห์ทางสถิติ

1.7.5 ใบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติ หมายถึง เอกสารที่ใช้ประกอบการบันทึกคะแนนการทำแบบฝึกหัดของนักศึกษาในแต่ละหน่วย

1.7.6 ประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการใช้ใบงานปฏิบัติการทำการทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ของนักศึกษาที่ได้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 โดย

80 ตัวแรก คือ ค่าเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละของคะแนนจากใบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติที่นักศึกษาทำแบบฝึกหัด

80 ตัวหลัง คือ ค่าเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละของคะแนนจากใบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติที่นักศึกษาที่นักศึกษาทำแบบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ แล้วเรียบเรียงไว้ดังนี้

2.1 หลักสูตรวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.2 การออกแบบการเรียนการสอน

2.3 การสอนแบบการทดลอง

2.4 โปรแกรม Pspice

2.5 การจำลองสถานการณ์

2.6 ใบทดลอง

2.7 การหาประสิทธิภาพ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ รายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 จำนวน 2 หน่วยกิต ได้กำหนดจุดประสงค์และคำอธิบายรายวิชาไว้ดังนี้

2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้มีความเข้าใจคุณสมบัติของอุปกรณ์ในวงจรย่านความถี่ต่ำ
2. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ในวงจรย่านความถี่ต่ำ
3. เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ในวงจรย่านความถี่ต่ำ
4. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย ตระหนักถึงคุณภาพของงาน และมีจริยธรรมในงานอาชีพ

2.1.2 มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจหลักการวิเคราะห์วงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. วิเคราะห์คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟต
3. วิเคราะห์วงจรแหล่งจ่ายกำลังและวงจรขยายย่านความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกำลังและวงจรขยายย่านความถี่ต่ำ

5. วัดและทดสอบวงจรด้วยเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับคุณสมบัติทางไฟฟ้า พารามิเตอร์ และการใช้งานของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟต การแปรความหมายจาก Data Sheet การให้ไบอัส การวิเคราะห์ และออกแบบ วงจรแหล่งจ่ายกำลัง วงจรขยายในย่านความถี่ต่ำ สำหรับสัญญาณขนาดเล็ก วงจรขยายสัญญาณหลายภาค วงจรขยายแบบเนกาตีฟฟีดแบค วงจรขยายกำลัง

2.1.4 หน่วยการสอนภาคทฤษฎีและปฏิบัติ

วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 จำนวน 2 หน่วยกิต สามารถแบ่งออกเป็นหน่วยการสอนทั้งหมด 10 หน่วย ดังนี้

ตารางที่ 2.1 หน่วยการสอนรายวิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

สัปดาห์ที่	หน่วยที่	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
			ท+ป
1	1	ศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	3
2	2	การใช้งานไดโอดเรียงกระแส	3
3	3	ศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของทรานซิสเตอร์	3
4-8	4	การวิเคราะห์วงจรไบอัสและวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์	15
9-10	5	การออกแบบวงจรขยายทรานซิสเตอร์	6
11	6	ศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของเฟต	3
12-16	7	การวิเคราะห์วงจรไบอัสและวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของเฟต	15
17-18	8	การออกแบบวงจรขยายเฟต	6
19	9	วงจรขยายสัญญาณหลายภาค	3
20	10	วงจรขยายแบบเนกตีฟฟีดแบคและวงจรขยายกำลัง	3
รวม			60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การออกแบบการเรียนการสอน

หลักการเรียนการสอนเป็นพื้นฐานเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ขั้นตอนการออกแบบต่อไปนี้ได้ประยุกต์มาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagne' คือ (สุกรี รอดโพธิ์ทอง 2535 : 4-7)

2.2.1 เร้าความสนใจ (Gain Attention)

ก่อนที่จะเริ่มเรียนนั้นควรจะได้รับแรงกระตุ้น และแรงจูงใจที่อยากจะเรียน ดังนั้นบทเรียนควรจะเริ่มด้วยลักษณะของการใช้ภาพ แสง เสียง และสี หรือการประกอบกันหลาย ๆ อย่างการเตรียมตัว และแรงกระตุ้นผู้เรียนในขั้นแรกนี้ก็คือ การนำเสนอชื่อเรื่อง (Title) ของบทเรียนนั่นเอง ข้อสำคัญประการหนึ่งในขั้นนี้ก็คือ การนำเสนอชื่อเรื่องนั้นควรออกแบบเพื่อให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ ไม่ใช่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์

ผู้ที่ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ จึงควรคำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

2.2.1.1 ใช้กราฟิกที่เกี่ยวข้องกับส่วนของเนื้อหา และกราฟิกนั้นควรมีขนาดใหญ่และไม่ซับซ้อน

2.2.1.2 ใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) หรือเทคนิคอื่น ๆ เข้าช่วย เพื่อแสดงการเคลื่อนไหวของภาพ หรือกราฟิกแต่ควรสั้นและง่าย

2.2.1.3 ควรใช้สีเข้าช่วยโดยเฉพาะสีเขียว แดง น้ำเงิน หรือสีเข้มอื่น ๆ ที่ตัดกับสีพื้นอย่างชัดเจน

2.2.1.4 ใช้เสียงให้สอดคล้องกับกราฟิก

2.2.1.5 กราฟิกที่นำเสนอควรจะค้างบนจอภาพ จนกระทั่งผู้เรียนกดแป้นใดแป้นหนึ่ง

2.2.1.6 ในกราฟิกดังกล่าวควรบอกชื่อเรื่องบทเรียนไว้ด้วย

2.2.1.7 ควรใช้เทคนิคการเขียนกราฟิกที่แสดงบนจอได้เร็ว

2.2.1.8 กราฟิกนอกจากจะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาแล้ว ต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

2.2.2 บอกวัตถุประสงค์ของบทเรียน (Specify Objectives)

การบอกวัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้นทำได้หลายแบบ ตั้งแต่วัตถุประสงค์ ทั่วไปจนถึงการบอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ในการออกแบบบทเรียนสำเร็จรูปนั้น หลักการสำคัญอย่างหนึ่งคือ ข้อความที่เสนอบนจอควรเป็นข้อความที่สั้นและได้ใจความ และข้อความที่นำเสนอนั้นควรจะมีส่วนจูงใจผู้เรียนด้วย ดังนั้นการบอกถึงวัตถุประสงค์ในบทเรียน จึงนิยมใช้ข้อความที่สั้นและโน้มน้าวจิตใจผู้เรียน ส่วนจะเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปหรือเชิงพฤติกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับเจตนาของผู้เขียนบทเรียน และเนื้อหาของบทเรียน แต่ส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมากกว่า เนื่องจากวัตถุประสงค์ชนิดนี้ มีความชัดเจนในเนื้อหาสาระ และเกณฑ์ในการวัดผล มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะกับเนื้อหาที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถจากการฝึกปฏิบัติการ การบอกวัตถุประสงค์จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน โดยจะต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

2.2.2.1 ใช้คำสั้น ๆ และเข้าใจได้ง่าย

2.2.2.2 หลีกเลี่ยงคำที่ยังไม่เป็นที่รู้จัก และสามารถเข้าใจโดยทั่วไป

2.2.2.3 ไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไป

2.2.2.4 ผู้เรียนควรมีโอกาสทราบว่าหลังจากเรียนแล้ว และจะสามารถนำความรู้ที่ได้จากบทเรียนไปใช้อะไรได้

2.2.3 ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge)

ก่อนที่จะให้ความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน ซึ่งในส่วนของเนื้อหา และแนวความคิดนั้น ผู้เรียนอาจจะไม่มีพื้นฐานมาก่อน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบบทเรียน ควรจะต้องหาวิธีการประเมินความรู้เดิม ในส่วนที่จำเป็นก่อนที่จะรับความรู้ใหม่ ทั้งนี้นอกจากเพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่แล้ว สำหรับผู้ที่มีพื้นฐานมาแล้วยังเป็นการทบทวน หรือให้ผู้เรียนได้ย้อนไปคิดในสิ่งที่ตนได้รู้มาก่อน เพื่อช่วยในการเรียนรู้สิ่งใหม่อีกด้วย สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบขั้นนี้มีดังนี้

2.2.3.1 ไม่ควรคาดเอาว่าผู้เรียนมีความรู้พื้นฐาน ก่อนการศึกษาเนื้อหาใหม่ ควรมีการทดสอบ หรือให้ความรู้ เพื่อการทบทวนให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรับความรู้ใหม่

2.2.3.2 การทบทวนหรือการทดสอบควรให้กระชับและตรงจุด

2.2.3.3 ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกจากเนื้อหาใหม่ หรือออกจากการทดสอบเพื่อศึกษาทบทวนด้วยตลอดเวลา

2.2.3.4 หากไม่มีการทดสอบความรู้เดิม ผู้ออกแบบบทเรียน ควรหาวิธีการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนกลับไปคิดถึงสิ่งที่ศึกษาไปแล้ว หรือสิ่งที่มีประสบการณ์แล้ว

2.2.3.5 การกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนคิด หากนำเสนอด้วยภาพประกอบคำพูด ทำให้บทเรียนน่าสนใจขึ้น

2.2.4 การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)

การเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบกับคำพูดที่สั้นง่าย และได้ใจความเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น และความคงทนในการจดจำจะดีกว่าการใช้คำพูดเพียงอย่างเดียว

โดยสรุปแล้วในการเสนอเนื้อหาใหม่ให้น่าสนใจควรคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

2.2.4.1 การใช้ภาพประกอบการเสนอเนื้อหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญ เนื่องจากภาพสามารถสื่อความหมายได้ดีกว่าคำอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 การเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ควรใช้ตัวชี้แนะ (Cue) ในส่วนของข้อความสำคัญอาจจะเป็นการขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น การโยงลูกศร การใช้ สี เป็นต้น

2.2.4.3 ไม่ควรใช้กราฟิกที่เข้าใจยาก และไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

2.2.4.4 การยกตัวอย่างที่เข้าใจง่าย

2.2.4.5 การใช้จอสี ไม่ควรใช้เกิน 3 สี ในแต่ละเฟรม (รวมทั้งสีพื้น) ไม่ควรเปลี่ยนสีไปมาโดยเฉพาะสีหลักข่องตัวหนังสือ

2.2.5 ชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)

ผู้เรียนจะจำได้ดีหากมีการจัดระบบการเสนอเนื้อหาที่ดี และสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม หน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนในขั้นนี้ คือ พยายามหาเทคนิคในการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ นอกจากนั้นยังจะต้องพยายามทุกวิถีทางที่จะทำให้การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้น มีความกระจ่างชัด และควรใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคของการใช้ภาพเปรียบเทียบ เทคนิคการให้ตัวอย่าง และตัวอย่างที่ไม่ใช้ ตัวอย่างอาจช่วยทำให้ผู้เรียนแยกแยะและเข้าใจเนื้อหาต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น

2.2.6 กระตุ้นให้มีการตอบสนอง (Elicit Responses)

ทฤษฎีการเรียนรู้กล่าวว่าการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้น เกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับ และขั้นตอนของการประมวลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิดร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหาการถามตอบ บทเรียนคอมพิวเตอร์มีข้อได้เปรียบเหนืออุปกรณ์อื่น ๆ ตัวอย่าง เช่น วีดีโอเทป ภาพยนตร์ สไลด์เทป หรือสื่อการสอนอื่น ๆ ซึ่งจัดเป็นสื่อการสอนแบบโต้ตอบไม่ได้ ผู้ออกแบบบทเรียนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งมีข้อแนะนำดังนี้

2.2.6.1 พยายามให้ผู้เรียนได้ตอบสนองด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตลอดการเรียน

2.2.6.2 ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพิมพ์คำตอบหรือข้อความสั้น ๆ เพื่อเรียกความสนใจ เป็นบางครั้งบางคราวตามความเหมาะสม

2.2.6.3 ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวเกินไป

2.2.6.4 ถามคำถามเป็นช่วง ๆ ตามความเหมาะสม

2.2.6.5 เร้าความคิดและจินตนาการด้วยคำถาม

2.2.6.6 ไม่ควรถามครั้งเดียวหลาย ๆ คำถาม หรือถามคำถามเดียวแต่ตอบได้หลายคำตอบถ้าจำเป็นควรให้เลือกตอบตามตัวเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.7 หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำ ๆ หลายครั้ง เมื่อทำผิดซักครั้งสองครั้ง ควรจะให้การตรวจปรับเปลี่ยนทำกิจกรรมอย่างอื่นต่อไป เพื่อเป็นการใช้เวลาให้คุ้มค่า อีกทั้งเป็นการขจัดความเบื่อหน่ายอีกด้วย

2.2.7 การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)

จากการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นท้าทายผู้เล่นโดยการบอกจุดหมายที่ชัดเจนและให้การตรวจปรับเพื่อบอกว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด การตรวจปรับที่เป็นภาพจะช่วยเร้าความสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าภาพนั้นเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ตามการตรวจปรับที่เป็นภาพ (Visual Feedback) นี้อาจมีผลเสียอยู่บ้างตรงที่ผู้เรียนอาจต้องการดูว่าหากทำผิดมาก ๆ แล้วจะเกิดอะไรขึ้นวิธีการหลีกเลี่ยงก็คือ ภาพตรวจปรับที่ใช้ควรเป็นภาพในทางบวก

ข้อแนะนำในการตรวจปรับบทเรียน มีดังนี้

2.2.7.1 ทำการตรวจปรับทันทีหลังจากผู้เรียนตอบสนอง

2.2.7.2 บอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือผิด

2.2.7.3 แสดงคำถาม คำตอบและการตรวจปรับบนเฟรมเดียวกัน

2.2.7.4 ใช้ภาพที่เกี่ยวกับเนื้อหา

2.2.7.5 หลีกเลี่ยงผลทางภาพ (Visual Effects) หรือการตรวจปรับที่ตื่นตา หากผู้เรียนทำผิด

2.2.7.6 อาจใช้ภาพกราฟิกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาได้ หากภาพที่เกี่ยวข้องไม่สามารถหาได้จริง

2.2.7.7 อาจใช้เสียงไต่ขึ้นสูงสำหรับคำตอบที่ถูกต้องและไล่ลงต่ำหากตอบผิด

2.2.7.8 เฉลยคำตอบที่ถูกหลังจากผู้เรียนทำผิด 1-2 ครั้ง

2.2.7.9 ใช้การให้คะแนน หรือภาพ เพื่อบอกระยะใกล้ ไกลจากเป้าหมาย

2.2.8 ทดสอบความรู้ (Access Performance)

บทเรียนสำเร็จรูปจัดเป็นบทเรียนโปรแกรมประเภทหนึ่ง การทดสอบความรู้ใหม่ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบระหว่างบทเรียน หรือการทดสอบในช่วงท้ายบทเรียนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง การทดสอบดังกล่าวอาจเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบตนเอง ถึงความรู้ความสามารถจากการที่ได้ศึกษาบทเรียน นอกจากนี้การทดสอบยังมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บคะแนน หรือเพื่อวัดว่าผู้เรียนผ่านเกณฑ์เพื่อที่จะศึกษาบทเรียนต่อไป

การทดสอบความรู้ของบทเรียนสำเร็จรูป ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของแบบทดสอบ แบบเลือกตอบ เนื่องจากสะดวก และง่ายต่อการตรวจวัดคะแนน การทดสอบดังกล่าว นอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากจะเป็นการประเมินผลการเรียนแล้ว ยังมีผลต่อความจำในระยะยาวของผู้เรียนด้วย ข้อสอบจึงควรเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน

ในการออกแบบบทเรียนเพื่อทดสอบในขั้นนี้ มีดังนี้

2.2.8.1 ต้องแน่ใจว่าสิ่งที่ต้องการวัดนั้นตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนหรือไม่

2.2.8.2 ข้อสอบ คำตอบ และการตรวจปรับควรอยู่ในเฟรมเดียวกัน การนำเสนอควรต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็ว

2.2.8.3 หลีกเลี่ยงการให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป นอกจากว่าต้องการทดสอบการพิมพ์

2.2.8.4 ให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียวในแต่ละคำถาม หากว่าในหนึ่งคำถาม มีคำถามย่อยอยู่ด้วยให้แยกเป็นหลาย ๆ คำถาม

2.2.8.5 ควรชี้แจงผู้เรียนด้วยว่าควรตอบคำถามด้วยวิธีใด เช่น ให้กด T ถ้าเห็นว่าถูก และกด F ถ้าเห็นว่าผิด

2.2.8.6 ต้องคำนึงถึงความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบด้วย

2.2.8.7 ไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิด ถ้าการตอบไม่ชัดแจ้ง เช่น ถ้าคำตอบที่ต้องการเป็นตัวใหญ่ เป็นต้น

2.2.9 การจำและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer)

ในการเตรียมการสอนสำหรับชั้นเรียนปกติตามข้อเสนอแนะของ Gagne′ นั้น ขั้นสุดท้ายจะเป็นกิจกรรมสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวน หรือซักถามปัญหา ก่อนจบบทเรียนในขั้นนี้เองที่บทเรียนจะได้แนะนำการนำความรู้ใหม่ไปใช้ หรืออาจแนะนำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นเมื่อประยุกต์หลักเกณฑ์ดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบบทเรียน จึงได้มีข้อเสนอแนะดังนี้

2.2.9.1 ควรบอกผู้เรียนว่าความรู้ใหม่มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนผ่านมาแล้วอย่างไร

2.2.9.2 ทบทวนแนวความคิดเพื่อเป็นการสรุปเนื้อหาบทเรียน

2.2.9.3 นำเสนอสถานการณ์ที่ความรู้ใหม่อาจนำไปใช้ประโยชน์

2.2.9.4 บอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเนื่องกับบทเรียนที่ผ่านมา

ขั้นตอนการสอน 9 ขั้นของ Gagne′ เป็นเทคนิคการออกแบบบทเรียนที่ใช้ได้ทั่ว ๆ ไป แต่โดยวัตถุประสงค์หลักแล้วสามารถใช้ได้กับการวางแผนการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ

เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียนสำเร็จรูป ก็คือ การพยายามทำให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้สึกใกล้เคียงกับการเรียนรู้จากผู้สอนโดยตรง ดัดแปลงให้สอดคล้องกับสมรรถนะของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ขั้นการสอน 9 ขั้นนี้ ไม่จำเป็นต้องแยกแยะออกไปเป็นลำดับตามที่เรียงไว้ และไม่จำเป็นจะต้องมีครบทั้ง 9 ข้อ ขณะเดียวกันก็พยายามปรับเทคนิคการนำเสนอไม่ให้ซ้ำ ๆ กัน จนน่าเบื่อหน่าย

2.3 การสอนแบบการทดลอง

หมายถึง การสอนที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามคำแนะนำ หรือคู่มือการเรียนด้วยอุปกรณ์จริง โดยมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

2.3.1 ความหมาย

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2537:1) ให้ความหมายของการสอนการทดลองว่าเป็นการให้การศึกษา โดยให้ผู้เรียน ได้มีโอกาสสัมผัส และได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ และวัสดุ ด้วยการลงมือปฏิบัติ ประสบการณ์ที่ได้รับนั้นเริ่มจากการวางแผน การออกแบบ การต่อวงจร การใช้เครื่องมือสำหรับการทดลอง การสังเกต การบันทึกข้อมูลทางเทคนิค การสรุปวิเคราะห์ผลตลอดจนการทำงานเกี่ยวข้องกับบุคคลในลักษณะต่างๆ ตั้งแต่การปรึกษาหารือระหว่างผู้ร่วมงานจนถึงการติดต่อเพื่อหาข้อมูลจากผู้อื่น

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์ (2526 : 32) ให้ความหมายของการสอนการทดลองไว้ว่าเป็นการปฏิบัติอย่างหนึ่งที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนรู้หลักการ และข้อเท็จจริงจากคนอื่นๆ ที่ได้ค้นพบไว้แล้ว รวมทั้งเป็นการพิสูจน์ว่าสิ่งที่ทดลองนั้นถูกต้อง และเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

2.3.2 หลักการสอนแบบทดลอง

การจัดการเรียนการสอนนั้น แม้จะมีวิธีการในรายละเอียดของการปฏิบัติที่ต่างกันตามองค์ประกอบ และสิ่งแวดล้อมของสถานศึกษาเพียงใดก็ตาม ธรรมชาติของการจัดการเรียนการสอน Laboratory แล้วควรมีหลักการทั่วไปที่จะต้องคำนึงในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ (ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่.2537 : 29-32)

2.3.2.1 การสร้างแรงจูงใจ

แรงจูงใจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการเรียนการสอน ผู้จัดการเรียนการสอนจะต้องสร้างสภาพการณ์ที่ทำให้นักเรียนมีความรู้สึกที่อยากจะเรียน สิ่งนี้สามารถทำได้จากการจัดเนื้อหาของการทดลอง จัดสถานที่ จัดเครื่องที่มีความทันสมัย ท้าทาย สะดวกและเป็นประโยชน์ต่อการเรียน และมีสภาพใกล้เคียงกับความจริง

2.3.2.2 การสร้างความเข้าใจอันดีในวัตถุประสงค์ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งผู้เรียน และผู้สอน จะต้องมีความเข้าใจอันดี ในกระบวนการทำงานโดยตลอด ตั้งแต่วัตถุประสงค์ ธรรมชาติของพฤติกรรมที่ต้องการพัฒนา ตลอดจนวิธีการประเมินผล สิ่งเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของความสำเร็จในการทำงานทุกประเภท ผู้เรียน และผู้สอน ไม่ควรที่จะปล่อยให้มีการทำงานตามลายลักษณ์อักษร , หรือทำตามคำสั่งเท่านั้น ผู้สอนควรจะต้องศึกษาให้เข้าใจโดยตลอดในธรรมชาติของพฤติกรรมที่จะเกิดขึ้นให้แน่ชัด โดยมีรายละเอียดที่ควรดูแลการปฏิบัติควบคุม ผู้เรียนเองก็จะต้องรู้วัตถุประสงค์ และวิธีการดำเนินงานอย่างชัดเจน ไม่ควรมุ่งเพียงที่จะหาผลลัพธ์ หรือคำตอบของการทดลองเท่านั้น เพราะฉะนั้น การให้คำอธิบายที่ชัดเจนก่อนการสอนของครูทั้งในด้านการสาธิต การแจ้งวัตถุประสงค์ และการให้ข้อมูลใน Laboratory Sheet จะเป็นเรื่องที่สำคัญ

2.3.2.3 การพิจารณาความรู้ความสามารถก่อนเรียน

ความสามารถก่อนเข้าเรียนของนักเรียน เป็นปัจจัยอันหนึ่งที่ช่วยให้การเรียนการสอนใน Laboratory ก้าวไปสู่ความสำเร็จ ผู้ที่ดำเนินการสอน ควรจะศึกษาวิเคราะห์ Entry behavior ของผู้เรียนให้แน่ชัดก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ Classwork กับ Laboratory มีการเรียงลำดับไม่เหมาะสม ก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนใน Laboratory ควรจะมีการพิจารณาในสิ่งต่อไปนี้

1) ความรู้และความสามารถที่จะพัฒนาได้จาก Laboratory

2) ความรู้ ความสามารถ และทักษะที่ควรมีก่อนเรียน

3) วิธีการพิเศษที่จะพัฒนาความสามารถ หรือความรู้ก่อนเรียน ในกรณีที่ผู้เรียนขาด Entry behavior อย่างใดอย่างหนึ่ง

2.3.2.4 การให้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ มีความชัดเจน และมีการดูแลที่ใกล้ชิด

การสอน Laboratory นั้น มีองค์ประกอบของทักษะต่างๆมากมาย ที่ต้องการข้อมูลที่รัดกุม และชัดเจน องค์ประกอบของทักษะนั้น พอสรุปได้ คือ

ทักษะในการควบคุมการทำงาน

1) ทักษะในการประกอบอุปกรณ์

2) ทักษะในการปรับแต่ง เครื่องมืออุปกรณ์

3) ทักษะในการวัด การสังเกต และการบันทึกข้อมูล

4) ทักษะในการทำงานเป็นขั้นตอน

5) ทักษะในการเขียนกราฟและรายงาน

ทักษะต่างๆ นี้ ต้องการการวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบการเรียนการสอนที่ถูกต้อง ต้องการตัวอย่างสำหรับการปฏิบัติตาม และต้องการการควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

2.3.2.5 การพัฒนามโนทัศน์ (Concept) ของเนื้อหาทฤษฎี

สิ่งที่ Laboratory ช่วยได้มากในการเรียนการสอน ก็คือ การพัฒนา Concept ในเนื้อวิชาการ ผู้จัดการเรียนการสอน ควรเข้าใจความหมาย และองค์ประกอบของ Concept ซึ่งจะช่วยในการวางแผนการสอนด้วยการหาวิธีการให้ผู้เรียนเข้าใจ Concept ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

2.3.2.6 การพัฒนาความสามารถในการ Generalize

จุดประสงค์ใหญ่ของการเรียนรู้วิชาช่างต่างๆ คือ การพัฒนาความสามารถในการ Generalize เรื่องราง (ความหมาย Generalize ไม่ใช่การสรุป แต่เป็นการมองเห็นภาพพจน์ของเรื่องต่างโดยส่วนรวม) เนื่องจากผู้เรียนมีโอกาสได้สัมผัสกับเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ได้สังเกตเห็นประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และสามารถควบคุมปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ Concept และ Principle ได้ลึกซึ้งขึ้นอันเป็นทางนำไปสู่การเกิดแนวคิดจากสภาพการณ์จริง การสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนรายงานโดยใช้คำพูดของตนเอง เป็นทางหนึ่งสำหรับการพัฒนาความคิดรวบยอด (Generalization) และพัฒนาความคิดลักษณะต่างๆ ตลอดจนความสามารถในการประยุกต์ความรู้ของผู้เรียนเอง

2.3.2.7 ความสมบูรณ์ของกิจกรรม ในการพัฒนาความสามารถ

การออกแบบการทดลองแต่ละครั้งนั้น มิควรที่จะคิดถึงสาระสำคัญของเนื้อหาวิชาเพียงอย่างเดียว แต่ควรผนวกการพัฒนาความสามารถอื่นเข้าไปในการทดลองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ความสามารถ อื่นเข้าไปในการทดลองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ความสามารถดังกล่าวนั้นอาจจะเป็นความสามารถนอกเหนือวิชาการ หรือความสามารถที่ไม่อยู่ในพุฒิพิสัย เช่นความสามารถในการร่วมงานกับผู้อื่น ความละเอียดรอบคอบในการทำงาน เป็นต้น ผู้สอนควรเห็นความสำคัญในการเลือกกิจกรรมที่เหมาะสม และควรใช้เทคนิคในการสอดแทรก คำถามหรือกิจกรรมพิเศษเข้าไปในกิจกรรมที่ทำอยู่ ก็จะช่วยพัฒนาความสามรถในด้านนี้ได้เป็นอย่างดี กิจกรรมดังกล่าว ก็คือ

1) การประกอบ การปรับแต่ง การ Calibrate เครื่องมือด้วยตัวเอง หรือได้รับคำแนะนำน้อยที่สุด

2) การเขียนรายงาน (ด้วยคำพูดของตนเอง)

3) การออกแบบการทดลอง (ด้วยตนเอง)

4) การพิจารนาความเที่ยงตรงของการวัด (Judging Accuracy Of Measurement)

5) การตัดสินความเชื่อถือได้ของการสังเกต (Judging Validity Of Observation)

6) การวิเคราะห์ข้อจำกัดของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
29255

7) การจำกัดข้อผิดพลาดขณะทดลอง

2.3.2.8 การพัฒนากิจนิสัยของผู้เรียน (Personal Quality)

ผลประโยชน์อันหนึ่งที่ควรจะได้จากการทำ Laboratory ก็คือการพัฒนาคุณภาพของบุคคล คุณภาพเหล่านี้ได้แก่

1) ทัศนคติที่ดีต่อวิชาการ

2) ความรับผิดชอบ

3) ความสนใจ และเอาใจใส่ในงาน

4) ความตรงต่อเวลา

สิ่งเหล่านี้ อาจจะหาบทเรียนหรือเนื้อหาที่เหมาะสมเฉพาะเรื่องไม่ได้แต่ควรจะใช้สถานการณ์ความใกล้ชิดระหว่างผู้สอนผู้เรียน และเครื่องมืออุปกรณ์ เป็นเครื่องช่วยพัฒนา ด้วยการให้คำชมเชยเมื่อปฏิบัติถูก ตำหนิเมื่อปฏิบัติผิด และทำหน้าที่เคร่งครัดในกฎเกณฑ์ต่างๆ อย่างทั่วถึง

2.3.2.9 การพัฒนาความสามารถทางสังคม

การเรียนการสอน Laboratory นั้น ควรจะมีส่วนในการพัฒนาความสามารถทางสังคมได้บ้าง ความสามารถเหล่านี้ได้แก่

1) ความรู้สึกต่อผู้อื่น (Concern for other)

2) การระมัดระวัง ในเรื่องความปลอดภัยทั้งทรัพย์สิน และสุขภาพ

3) ความสามารถในการติดต่อสื่อสาร

4) ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

สิ่งเหล่านี้ผู้สอนมีโอกาส พัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ ด้วยการควบคุมให้ปฏิบัติอยู่ในเกณฑ์การติชม หรือการให้แรงเสริมในจังหวะอันควร

2.3.3 รูปแบบการทดลอง

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2537 : 7-13) ได้กล่าวเกี่ยวกับ รูปแบบการทดลองพบว่า รูปแบบของการทดลองแตกต่างกันพอจำแนกออกได้เป็น 5 รูปแบบคือ

2.3.3.1 การทดลองแบบทั่วไป (Conventional Type)

เป็นการทดลองที่ให้ข้อมูลในการปฏิบัติงานของนักศึกษาอย่างสมบูรณ์ตั้ง แต่การบอกให้ทราบวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการปฏิบัติงาน การติดตั้งอุปกรณ์กรรมวิธีในการใช้เครื่องมือขั้นตอนของการวัด การสังเกตผลการวัด และวิธีการบันทึกข้อมูลตลอดจนการสรุปผลที่ได้ Laboratory ประเภทนี้ มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้รู้จักวิธีการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทดลองเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (Theory Verification) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องเกี่ยวกับกฎเกณฑ์หลักการ หรือทฤษฎีบทต่างๆ ตลอด จนการสร้างความคุ้นเคยกับกระบวนการทดลองต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมในการสร้างรูปแบบการทดลอง

- เนื้อหาที่เป็นนามธรรม ต้องการการสมมุติ หรือการสร้างจินตนาการที่มีความซับซ้อนยากต่อความเข้าใจ เช่น ปรากฏการณ์ภายในของ Semiconductor กระบวนการเก็บประจุ หรือคลายประจุของ Capacitor ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นใน Inductor เป็นต้น

- เป็นเรื่องที่ต้องการแนะนำให้รู้จัก ระบบแบบแผนมาตรฐานกระบวนการทำงานของอุปกรณ์และงานอุตสาหกรรม

- เป็นการศึกษาเกี่ยวกับพิกัดมาตรฐาน อัตราเสี่ยงต่อการเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

2.3.3.2 การทดลองแบบค้นพบ (Structured Discovery)

1) คุณลักษณะของการทดลอง

การทดลองแบบ Discovery นี้มุ่งที่จะให้ผู้เรียนได้ศึกษาตัวแปรต่างๆที่ได้จากการทดลอง เพื่อหากฎเกณฑ์เกี่ยวกับหลักการของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น หรือศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ โดยอาศัยเครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุทำการทดลองด้วยตนเองตามขั้นตอนที่เหมาะสม การจัดการทดลองประเภทนี้ อาศัยหลักการของ Discovery Learning ตั้งแต่ Full Discovery โดยผู้เรียนอาศัยความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ในการค้นคว้าจนถึง Guided Discovery ซึ่งผู้เรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าภายใต้การควบคุมของครูอย่างใกล้ชิด Structrued Discovery จึงเป็นการทดลองแบบกลางๆ ที่อาศัยการแนะนำทางสำหรับการปฏิบัติ ข้อมูลที่มูลสำหรับการทดลองแบบนี้ แบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ได้คือ

2) ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมการทำการทดลอง

โดยเหตุที่วัตถุประสงค์ของการทดลองแบบนี้ ต้องการส่งเสริมความรู้ทางทฤษฎีในเรื่องเกี่ยวกับ Facts, Concept, Principle เพราะฉะนั้นเนื้อหาที่ใช้ในการทำการทดลองแบบนี้จึงควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

- เป็นเรื่องเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ที่สำคัญ แต่ไม่ควรเป็นเรื่องที่ซับซ้อนเกินไป
- เป็นเรื่องที่ต้องอาศัยการประยุกต์ กฎเกณฑ์ค่อนข้างมาก
- เป็นเรื่องที่มีความแตกต่าง ระหว่างผลลัพธ์ทางปฏิบัติ และผลลัพธ์ทางภาคทฤษฎี
- เป็นเรื่องที่สามารถพัฒนาความคิดได้

2.3.3.3 การทดลองแบบสืบสวนสอบสวน (Investigationnal Type)

1) คุณลักษณะของการทดลอง

การทดลองแบบนี้ มุ่งที่จะพัฒนาความสามารถของการใช้เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ในการทดลองเพื่อหาข้อมูลพิสูจน์ข้อสงสัยหรือพิสูจน์สมมุติฐานที่ตั้งไว้โดยปกติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองแบบนี้จะไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานอย่างสมบูรณ์ จะละทิ้งข้อมูลบางอย่างเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด และวางแผนดำเนินการด้วยตนเอง ในกรณีที่การสืบสวนนั้นลึกลับมากเกินที่ผู้เรียนจะค้นกาข้อมูลได้ ใบงานการทดลองก็จะให้ข้อมูลบางอย่าง ซึ่งอาจจะเป็นส่วนประกอบของปัญหา และคำแนะนำในการดำเนินงานต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการสืบสวนข้อเท็จจริงต่อไป

2) เนื้อหาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

การทดลองแบบนี้ ไม่ได้เน้นเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งโดยเฉพาะแต่จะมุ่งพัฒนากระบวนการ และความสามารถในการสอบสวนหาข้อมูล โดยอาศัยความรู้ในเนื้อหาต่างๆ มาพิจารณาประกอบการทดลองเพื่อหาข้อมูลสำหรับแก้ปัญหา เนื้อหาที่น่าจะนำมาใช้สร้างการทดลอง ควรมีดังนี้ คือ

- เป็นเรื่องเกี่ยวข้องกับการหาคุณสมบัติ หรือประสิทธิภาพที่ต่ำหรือสูงสุดของอุปกรณ์เครื่องมือภายใต้สภาวะการณ์ต่างๆ
- เป็นเรื่องที่ต้องการศึกษาเหตุผล ของการเกิดสภาวะผิดปกติ (Fault) หรือการ Break Down ของเครื่องมืออุปกรณ์
- เป็นเรื่องของการตรวจสอบค้นหาสิ่งที่ทราบค่า หรือไม่ทราบว่าเป็นอะไร (Identify Unknown Element) ทั้งนี้โดยการอาศัยพื้นฐานความรู้ที่มีอยู่วินิจฉัยผลที่ได้จากการทดลอง

2.3.3.4 การทดลองแบบแก้ปัญหา (Problem-Solving)

1) คุณลักษณะของการทดลอง

การทดลองแบบนี้ มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการพัฒนาระบบการแก้ปัญหาให้กับตัวเอง ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ คือ

- กระบวนการของการวิเคราะห์ปัญหา
- กรรมวิธีในการตั้งสมมุติฐานสำหรับปัญหาที่พบ
- การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ (Alternatives)
- ขบวนการหาข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา
- การสรุปปัญหา วิธีการแก้ไขปัญหา และผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา

ข้อมูลสำหรับการทดลองแบบนี้ จะมีการกำหนดชื่อปัญหาให้ โดยมีรายละเอียดของปัญหาที่พอเหมาะ คือ ไม่มากเกินไปจนเป็นการปิดโอกาสที่ผู้เรียนคิดหาทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง และไม่น้อยเกินไปจนผู้เรียนขาดแนวทางที่จะปฏิบัติได้ ปัญหา และองค์ประกอบของปัญหาที่ให้ ควรเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ช่วยในการวางแผนแก้ปัญหา โดยให้ผู้เรียนพยายามสร้างระบบการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธี และพยายามคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมอย่างมีระบบด้วยตนเอง

2) ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

- เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการหาจุดบกพร่องของวงจรหรืออุปกรณ์

- เป็นเรื่องเกี่ยวกับปัญหาของวิธีการวัด หรือการตรวจสอบคุณภาพของวงจรอุปกรณ์ และเครื่องมือที่มีความซับซ้อน

- เป็นเรื่องของการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

- เป็นเรื่องเกี่ยวกับการค้นหาวิธีการที่ดีที่สุด สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของงานหรือของอุปกรณ์

- เป็นปัญหาที่มีวิธีการแก้ได้หลายวิธี

2.3.3.5 การทดลองแบบโครงงาน (Project Type)

1) คุณลักษณะของการทดลอง

งานของการทดลองแบบนี้ มีลักษณะเปิดกว้าง (Open Endedtask) ในรูปแบบของสถานการณ์จำลอง ที่ต้องการให้ผู้เรียนสร้างงานตามองค์ประกอบของความกว้างของเนื้อหา และขอบเขตของเวลาที่จำกัด ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้สอน แต่องค์ประกอบ ภายในยังเป็นงานที่มีขั้นตอนย่อยแทน Laboratory รูปแบบต่าง ๆ ตั้งแต่ Discovery จนถึง Problem – Solving การทดลองชนิดนี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ประสบการณ์หลายด้านกับผู้เรียน ตั้งแต่การเสาะแสวงหาข้อมูล ในลักษณะของการศึกษา และสำรวจสภาวะของงานที่จะทำ การออกแบบวงจร และการทดลองเบื้องต้น ในรูปแบบต่าง ๆ แล้วนำผลลัพธ์ของการทดลองนั้นมาประยุกต์รวมกันเป็นผลงานรวมที่มีคความหมายในตัวเอง การทำ Laboratory Project ลักษณะนี้ มีวิธีการดำเนินงานหลายรูปแบบ ตั้งแต่การสร้างดัดแปลง แก้ไข โดยอาศัยเครื่องมือ และเครื่องอำนวยความสะดวกที่มีอยู่จาก Workshop และ Laboratory จนถึงงานแก้ปัญหาระดับ Laboratory Project นี้ ต่างกับงาน Applied หรือ Research Project ในระดับการเรียนภาคประยุกต์ (Application) ตรงที่ว่า Laboratory Project นั้น มีขนาดขอบเขตของงานที่เล็กครอบคลุมเนื้อหาวิชา (Cross Disciplines) ที่แคบกว่าการทำรายงานของ Project ใหญ่ และการทดลองในรูปแบบ Project ก็ไม่ต้องใช้วิธีการเต็มรูปแบบเหมือน Project ใหญ่ อย่างไรก็ตาม การทดลองแบบ Project นี้ ก็เป็นงานพื้นฐานนำไปสู่งาน Project ที่ใหญ่ขึ้น

2) เนื้อหาวิชาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการทดลองประเภทนี้เป็นการทดลองที่กว้าง จึงยากที่จะจำกัดลักษณะของเนื้อหาได้อย่างชัดเจน เท่าที่สำรวจพบ พอมีหลักเกณฑ์พอสรุปได้ คือ

- เป็นเนื้อหาที่ประกอบด้วย Principle และ Concept หลายรูปแบบรวมกัน
- Principle และ Concept เหล่านั้น มีความสัมพันธ์กันใกล้ชิดพอที่จะมีผลลัพธ์ในงานได้
- ลักษณะของการทำงานต้องอาศัย Skill หลายด้านทั้ง Manual และ Cognitive Skill
- เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์หลายศาสตร์ด้วยกัน แต่ไม่ควรจะกว้างเกินไปนัก (Narrow Cross Disciplines)

2.4 โปรแกรม Pspice

2.4.1 ประวัติความเป็นมาของ Pspice

อำนวย สกุลสุกใส (2542 : 2) ในสมัยก่อน วิศวกรผู้ออกแบบวงจรไฟฟ้าต้องทำงานหนักเพื่อให้แน่ใจว่าวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบนั้นมีประสิทธิภาพถูกต้อง แต่ในปัจจุบันได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในงานด้านต่างๆ มากมาย ขณะเดียวกันก็ได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีชื่อเสียงมากในการจำลองการทำงาน (Simulate) ของวงจรไฟฟ้า ช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบวงจรไฟฟ้า ได้แก่ โปรแกรม Pspice ซึ่งยังมีโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานบนเครื่องระดับไมโครคอมพิวเตอร์อื่นๆ อีก เช่น โปรแกรม TINA (Toolkit Interactive Network Analsis) ซึ่งจะใช้ในการจำลองวงจรแบบอนาลอก Cascade, และ Electronics Workend ซึ่งผู้เขียนได้เคยทดลองใช้งานมาระยะหนึ่งแต่ไม่แพร่หลายในการใช้งานและหาใช้งานได้ยากกว่า Pspice ซึ่งในปัจจุบันสามารถทำงานได้ทั้งในทางดิจิตอลและอนาลอกผสมกัน

ในยุคแรกของการวิเคราะห์วงจรด้วยคอมพิวเตอร์ ได้มีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมามีชื่อว่า ECAP (Electric Circuit Analysis Program) ของบริษัท IBM เป็นโปรแกรมที่ทำงานได้ดีในขณะนั้น แต่มีข้อจำกัดตรงที่ต้องใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในระดับเมนเฟรมเท่านั้นต่อมาจึงมีการพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และมีการพัฒนาเป็นโปรแกรมต่างๆ เช่น SPECTRE, TRAC, NET, CIRCUS, SPICE เรื่อยมาจนถึง Pspice ซึ่งมีชื่อเสียงและใช้งานได้ดีในระดับเครื่องพีซีในปัจจุบัน

Pspice เป็นโปรแกรมจำลองการทำงาน (Simulation) วงจรไฟฟ้า อยู่ในตระกูล SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) โดยที่เวอร์ชั่นเดิมของ SPICE พัฒนามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรจำลองการทำงาน (Simulator) ที่ถูกเรียกว่า CANCER มันถูกพัฒนาขึ้นในต้นปี ค.ศ.1970 SPICE ได้ถูกพัฒนาขึ้นที่ห้องปฏิบัติการค้นคว้าวิจัยทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่ University of California เมือง Berkeley ประเทศสหรัฐอเมริกา

Pspice สามารถนำมาใช้ได้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1984 โดยบริษัท MicroSim และเป็นโปรแกรมจำลองการทำงานในตระกูล SPICE โปรแกรมแรกที่สามารถนำมาใช้บนเครื่อง IBM PC (เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลตระกูล IBM หรือเครื่องเลียนแบบ) ต่อมาในปี ค.ศ.1991 บริษัทไมโครซอฟต์ได้วางตลาดไมโครซอฟต์วินโดวส์ 3.0 (Microsolf Windows 3.0) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่จะนำมาใช้แทนระบบปฏิบัติการดอส (DOS; Disk Operating System) โดยมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายอยู่ในรูปแบบกราฟิกที่เรียกว่า Graphical User Interface (GUI) มีโปรแกรมสำเร็จรูปชนิดต่างๆ รองรับเป็นจำนวนมาก ให้เป็นที่นิยมของผู้ใช้เป็นจำนวนมากทั่วโลก ดังนั้นบริษัท MicroSim จึงได้พัฒนาโปรแกรม The Design Center ที่ประกอบด้วยโปรแกรม Schematics, Pspice และ Probe ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนวงจร จำลองการทำงาน และแสดงผล ที่สามารถใช้งานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์

ธวัชชัย ชยาวนิช (2542 : 2-3) สำหรับผู้ที่ไม่เคยศึกษาโปรแกรม Pspice มาก่อน หรือผู้ที่เคยศึกษามาก่อนแล้ว แต่ไม่ค่อยสนใจในแง่ประวัติความเป็นมา ก็อาจจะไม่ทราบว่าอันที่จริงแล้วโปรแกรม PSPICE นี้ พัฒนามาจากโปรแกรม SPICE ที่ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อหลายปีก่อนหน้านี้ โดยมหาวิทยาลัยแห่งรัฐแคลลิฟอเนีย เมืองเบอร์คเลย์ (Berkeley)โดยคำว่า SPICE นี้ ไม่ได้แปลว่าเครื่องเทศหรือของเผ็ดร้อนในพจนานุกรม แต่ได้มาจากชื่อเต็มว่า Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis ซึ่งในยุคแรกๆ นั้นโปรแกรมนี้ต้องใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์เมนเฟรม (Mainfram) จากนั้นก็ได้รับการพัฒนาจากเวอร์ชั่นต้นฉบับมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์สำหรับใช้กับคอมพิวเตอร์หลายระดับ หลายตระกูล จนแตกออกมาเป็นซอฟต์แวร์ที่มีชื่อต่างๆ เช่น Pspice , The design center , B^2spice™ , MICRO-CAP IVTM และ ICAP/ 4เป็นต้น บ้างก็ใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ หรือใช้กับคอมพิวเตอร์ระดับใหญ่ๆ หรือกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล IBM ที่เทียบเท่า ซึ่งอาจจะใช้กับระบบปฏิบัติการแบบ DOS หรือ Windows บ้างก็เป็นซอฟต์แวร์สำหรับใช้กับเครื่องแมคอินทอชโดยเฉพาะ โดยโปรแกรมที่ดูจะคุ้นๆ หูมากซักหน่อย เห็นจะเป็นโปรแกรม PSpice ที่เราเรียกกันติดปากนี่แหละครับ ดังนั้น ในแง่ของผู้ที่เริ่มต้นศึกษา บางทีอาจจะไม่ทราบว่าแต่ละชื่อแต่ละโปรแกรมคืออะไร หากจะเลือกใช้โปรแกรมประเภทนี้ ควรเลือกใช้โปรแกรมสำหรับคอมพิวเตอร์ระดับใดระบบปฏิบัติการแบบไหน รวมถึงการหาหนังสือหรือคู่มือสำหรับอ้างอิงอีกด้วย

สำหรับในยุคแรกๆ นั้น การจำลองการทำงานจะอาศัยการป้อนข้อมูลจากคีย์บอร์ดหรือแป้นพิมพ์เท่านั้น โดยการสร้างแฟ้มข้อมูลขึ้นตามรูปแบบที่ถูกกำหนด แล้วนำไปผ่านกระบวนการจำลองการทำงานต่อไป แต่ในยุคปัจจุบันนี้ ความสามารถของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ได้ถูกพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นระบบปฏิบัติการแบบ Windows ซึ่งมีลักษณะใช้งานง่าย จึงดูจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ทำให้เกิดโปรแกรมที่มีความสามารถประเภทเดียวกัน แต่มีลักษณะการใช้งานที่ง่ายขึ้นสำหรับใช้กับระบบปฏิบัติการแบบ Windows โดยยอมให้ผู้ใช้สร้างแผนภาพวงจร (Schematic Diagram) แทนการที่ผู้ใช้ต้องมานั่งพิมพ์ข้อมูลวงจรให้ถูกต้องตามโครงสร้างและรูปแบบที่ได้กำหนดไว้ (การสร้างแผนภาพวงจรนี้ ช่วยให้ไม่ต้องนึกภาพการต่อวงจรและวิธีการกำหนดข้อมูลของอุปกรณ์ในวงจร เพราะสามารถทำความเข้าใจจากแผนภาพได้เลย) จึงเกิดเป็นโปรแกรม PSpice สำหรับใช้กับรูปแบบกราฟิกของ Windows ขึ้น ซึ่งใช้งานง่ายและช่วยลดความผิดพลาดจากการสร้างแฟ้มข้อมูลตามวิธีการเดิมได้มากทีเดียว นอกจากนี้ ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบกฎเกณฑ์หรือต้องจำรายละเอียดต่างๆ มากมายเช่นการป้อนข้อมูลอย่างในวิธีการเดิมอีกด้วย

2.4.2 เวอร์ชั่นต่างๆ ของSPICE

อำนวย สกุลสุกใส (2542 : 2-3)ในส่วนของโปรแกรม SPICE นั้นยังคงมีการพัฒนามาเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งานให้มากขึ้น แต่ละบริษัทได้มีการพัฒนาโปรแกรมจาก SPICE โดยใช้ชื่อต่างกัน เพื่อจำหน่ายให้แก่วิศวกรและผู้ที่สนใจอย่างกว้างขวางทั่วโลก Pspice ตั้งแต่เวอร์ชั่น 5.0 ขึ้นมาจะเป็นเวอร์ชั่นที่สามารถใช้กับระบบปฏิบัติการแบบวินโดวส์ได้ (Windows)

SPICE แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เวอร์ชั่นที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับเมนเฟรมคอมพิวเตอร์และเวอร์ชั่นที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในระดับเครื่อง PC คอมพิวเตอร์ หรือที่เรียกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งจะแบ่งออกได้ดังนี้

Mainframe Version ได้แก่

SPICE 2G.6 ถือลิขสิทธิ์โดย University of California (Berkeley)
HSPICE ถือลิขสิทธิ์โดย Meta-Software
RAD-SPICE ถือลิขสิทธิ์โดย Meta-Software
IG-SPICE ถือลิขสิทธิ์โดย A.B. Associates
I-SPICEถือลิขสิทธิ์โดย NCSS Time Sharing
Precise ถือลิขสิทธิ์โดย Electronic Engineering Software
Pspics ถือลิขสิทธิ์โดย MicroSim

PC-base Version ได้แก่

AllSpice ถือลิขสิทธิ์โดย Acotech
IS-SPICE ถือลิขสิทธิ์โดย Intusoft
Z-SPICE ถือลิขสิทธิ์โดย Z-Tech
SPICE-Plus ถือลิขสิทธิ์โดย Analog Design Tools

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DSPICE ถือลิขสิทธิ์โดย Daisy Systems

Pspice ถือลิขสิทธิ์โดย MicroSim

The Design Center ถือลิขสิทธิ์โดย MicroSim

เวอร์ชั่น The Design Center เป็นเวอร์ชั่นที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลตระกูล IBM ที่ใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ DOS และ Windows โดยถูกพัฒนาให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยใช้โปรแกรม Schematics สร้างไฟล์อินพุต (Input Files) ด้วยรูปภาพ ทำการวิเคราะห์วงจรด้วยโปรแกรม Pspice และดูผลลัพธ์ที่เป็นรูปคลื่นด้วยโปรแกรม Probe

2.5 การจำลองสถานการณ์

2.5.1 ความหมาย

ธวัชชัย ชยาวณิช (2542 :179) การจำลองการทำงาน คือ วิธีการวิเคราะห์(คำนวณ)ที่อาจจะใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (สมการทางคณิตศาสตร์) ที่อธิบายพฤติกรรมของอุปกรณ์จริงเป็นเครื่องมือในการจำลองการทำงานว่าที่แต่ละภาวะ(แต่ละเงื่อนไข)พฤติกรรมของอุปกรณ์หรือวงจรจะเป็นอย่างไร ซึ่งในการจำลองการทำงานนี้อาจจะมีกรอบหรือขอบเขตของเงื่อนไขประกอบด้วยเช่นกัน เช่นในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าตามแนวทฤษฎีอาจจะพิจารณาว่าอุณหภูมิของอุปกรณ์มีค่าคงที่ นั่นหมายถึงว่าเงื่อนไขในการวิเคราะห์ในกรณีนี้ก็คือ อุณหภูมิไม่มีผลต่อพฤติกรรมของอุปกรณ์ในวงจรนั่นเอง ในการนี้จะเห็นว่าถ้าเป็นวงจรจริงๆ นั้น หากมีกระแสไหลผ่านอุปกรณ์บางชนิดก็อาจจะมีกำลังสูญเสียเกิดขึ้นในรูปของความร้อนได้ ดังนั้น แนวคิดในการจำลองการทำงานนั้น อาจจะเป็นเพียงความต้องการที่จะวิเคราะห์วงจรในลักษณะเด่นที่สำคัญ หรือวิเคราะห์ในประเด็นที่พึงจะกระทำได้ แต่คงจะไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมที่แท้จริงของวงจรในทางปฏิบัติได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วนนัก

การจำลองการทำงานนั้น ไม่สามารถนำมาใช้แทนที่กระบวนการออกแบบวงจรได้ เพราะการจำลองการทำงานเป็นเพียงเครื่องมือช่วยในกระบวนการออกแบบวงจร ให้สามารถเล็งเห็นผลที่ได้จากการออกแบบวงจรได้อย่างชัดเจนมากขึ้น โดยที่ยังไม่จำเป็นต้องสร้างวงจรขึ้นมาจริงๆ ดังนั้น เมื่อพบข้อพกพร่องที่เกิดขึ้นจากการออกแบบ ก็จะสามารถแก้ไขได้ก่อนที่จะนำไปสร้างเป็นวงจรจริงๆ การจำลองการทำงานนั้น จะช่วยตอบคำถามหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับวงจรได้อย่างมากมาย จึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์อย่างแพร่หลายดังที่ปรากฏให้เห็นอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

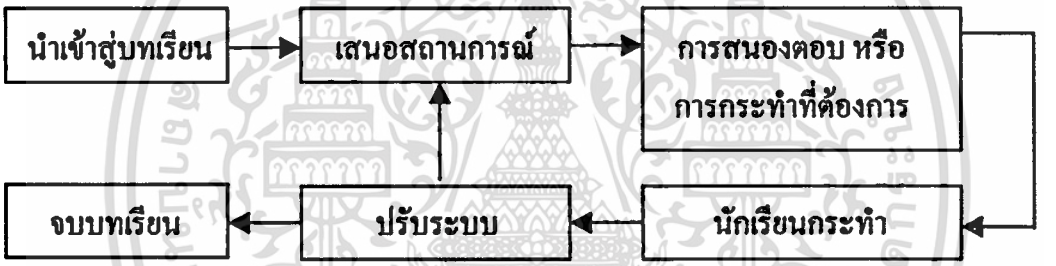
บูรณะ สมชัย. 2538 ; ยืน ภู่วรวรรณ.2528 ; สุวิทย์ ไวยกุล. 2528; ธรรมนูญ นิลวรรณ.2537 ; จรูญ จิตรักษ์. 2539 ได้กล่าวไว้ว่า คอมพิวเตอร์แบบสถานการณ์จำลอง (Simulation) เป็นการจำลองสถานการณ์หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงหรือเลียนแบบกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เกิดขึ้นโดยใช้การสร้างโปรแกรมจำลองรูปแบบด้วยคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ตามการตอบสนองหรือตามกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติ ได้แก่ Static Simulation และ Interactive Simulation

1. Static Simulation เป็นการเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง โดยผู้เรียนไม่ต้องทำอะไร เช่นสถานการณ์น้ำขึ้นน้ำลง การเดินทางของลูกปืนใหญ่หนือการทำงานของกระบอกสูบเครื่องยนต์แต่ผู้เรียนไม่สามารถตอบโต้ได้

2. Interactive Simulation เป็นสถานการณ์จำลองที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในสถานการณ์นั้นด้วยเช่นการจำลองประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ต้องมีการปรับแต่ง เช่น เครื่องมือวัด เครื่องไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้เรียนจะต้องร่วมในสถานการณ์นั้นด้วยจะเป็นการสอนให้นักเรียนแก้ปัญหาได้เห็นเหมือนจริงและเข้าใจง่าย การจำลองบางเรื่องช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุอุปกรณ์ ในการปฏิบัติได้มากและลดการเสี่ยงอันตรายในการผิดทดลองปฏิบัติได้มาก และลดการเสี่ยงอันตรายในการผิดทดลองปฏิบัติจริงได้อีกด้วย



รูปที่ 2.1 แผนภูมิขั้นตอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง

สุนทร โคตรบรรเทา(2535:84-85) การสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเกี่ยวข้องเป็นพิเศษกับการสอนภาคปฏิบัติ เนื่องจากการสร้างสถานการณ์จำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ทำให้นักศึกษามีกิจกรรมซึ่งทำอย่างอื่นได้อยากเกินไป (เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง และเกมการบริหาร) แพงเกินไป (เช่นการออกแบบและทดสอบโครงสร้างทางสถาปัตย์) และมีอันตรายเกินไป (เช่น สถานการณ์ฉุกเฉินทางการแพทย์ การสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงการทดลองของตัวแปรทางกายภาพ) ความเป็นไปได้นี้จำกัดอยู่เฉพาะการจินตนาการของผู้เขียนโปรแกรมเท่านั้น ถ้าอาจารย์ไม่เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์แล้ว การพัฒนาสถานการณ์จำลองเช่นนั้นอาจเกินความสามารถ วิธีที่ดีที่สุด คือหาดูว่าสถานการณ์จำลองที่สนใจนั้นมีอยู่แล้วในสาขาวิชาหรือไม่ และมีใช้กันที่ไหน ถ้าเป็นไปได้ควรไปหาที่นั่นและพยายามลองใช้เอกสารนั้นดูว่าเหมาะสำหรับวิชาที่ตนสอนหรือไม่ เมื่อใช้เป็นแล้วเท่านั้นจึงคิดซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ยังสามารถใช้แทนระบบการสอนเป็นรายบุคคล ซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถจัดการกับกิจกรรมที่นักศึกษาต้องทำ และบางทีอาจใช้ประเมินผลการเรียนได้ด้วย อย่างไรก็ดี จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญการเขียน หรือการใช้เทป

Alessi and Trollip (1985 : 161-171) ได้กล่าวถึงการใช้สถานการณ์จำลองในการเรียนการสอนว่า "สถานการณ์จำลองในการเรียนการสอน เป็นวิธีการเลียนแบบหรือสร้างสถานการณ์เพื่อทดแทนสภาพจริงในชีวิตประจำวัน เพื่อการเรียนรู้ในชั้นเรียนเป็นการจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยมีส่วนเข้าไปร่วมเกี่ยวข้อง เช่น การควบคุมเหตุการณ์ การตัดสินใน การโต้ตอบกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จำลองได้ โดยที่ในชีวิตจริงผู้เรียนอาจไม่สามารถแสดงปฏิกิริยาในสิ่งที่เป็นจริงได้ สถานการณ์จำลอง จะลดความยุ่งยากซับซ้อนของเหตุการณ์จริง เช่น ลดรายละเอียด ลดโอกาสที่จะเกิดขึ้น เป็นต้น ในสถานการณ์จำลองผู้เรียนต้องเรียนรู้การปฏิบัติในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การใช้สถานการณ์จำลองมีจุดมุ่งหมาย เพื่อช่วยให้นักเรียนได้สร้างภาพแบบ การตอบสนองที่เป็นประโยชน์กับเหตุการณ์จริงของโลก เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดสอบเหตุการณ์ต่างๆ อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

โปรแกรมสถานการณ์จำลอง มีความแตกต่างจากโปรแกรมการสอนแบบเนื้อหา ตรงที่โปรแกรมการสอนแบบเนื้อหา จะเน้นการช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการเสนอเนื้อหาให้ แล้วใช้การถาม การตอบที่เหมาะสม เพื่อประเมินการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงในกิจกรรมต่างๆ ที่จำลองสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้น

ดังนั้น สถานการณ์จำลอง จึงเป็นการจำลองเหตุการณ์เพื่อเลียนแบบ ให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาพความเป็นจริง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาจากเหตุการณ์นั้นๆ

นงนุช วรรธนวหะ (2535 : 27-28) ได้แบ่งประเภทคอมพิวเตอร์แบบสถานการณ์จำลองเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. การจำลองสถานการณ์เชิงกายภาพ (Physical Simulation) โปรแกรมประเภทนี้มักจะจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกล เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้ วิธีการบังคับให้เครื่องกลนั้นๆ ทำงานหรือเกี่ยวข้องกับเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ในห้องปฏิบัติที่จะต้องใช้ทดลอง เช่น สถานการณ์จำลองเกี่ยวกับการขับเครื่องบินที่ยุ่งยากซับซ้อน

2. การจำลองสถานการณ์เชิงขั้นตอนการทำงาน (Procedural Simulation) โปรแกรมลักษณะนี้จะเน้นการเรียนรู้ขั้นตอนกระบวนการทำงานของเครื่องมือ โดยผู้เรียนจะเรียนรู้ผ่านเครื่องมือจำลอง เพื่อเน้นการฝึกทักษะ และการกระทำที่จำเป็นต่อการควบคุมให้เครื่องมือเหล่านั้นทำงาน เช่น โปรแกรมที่จำลองความสำคัญของอุปกรณ์การบินของเครื่องบิน เป็นต้น

3. การจำลองสถานการณ์เชิงเหตุการณ์ (Situational Simulation) โปรแกรมลักษณะนี้จะเกี่ยวข้องกับทัศนคติ ความคิดเห็น และพฤติกรรมของมนุษย์ในเหตุการณ์ต่างๆ มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าการเน้นการฝึกทักษะ ลักษณะโปรแกรมนี้จะแตกต่างจากโปรแกรมสถานการณ์จำลองเชิงขั้นตอนกระบวนการ ซึ่งเน้นการสอนกฎเกณฑ์ นั่นคือ โปรแกรมสถานการณ์จำลองเชิงเหตุการณ์ทั่วไป จะเน้นให้ผู้เรียนค้นหาผลลัพธ์ เนื่องจากการใช้วิธีการที่แตกต่างกัน ผู้เรียนอาจเป็นส่วนหนึ่ง หรือ อาจให้ผู้เรียนเล่นบทบาทหนึ่ง และมีผู้เรียนอื่นเล่นอีกบทบาทหนึ่งของฝ่ายตรงข้ามในโปรแกรมเดียวกัน

4. การจำลองสถานการณ์เชิงกระบวนการ (Process Simulation)โปรแกรมลักษณะนี้ จะแตกต่างจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์ประเภทอื่นๆ คือ ผู้เรียนไม่ได้ร่วมมีบทบาทในโปรแกรม เช่นเดียวกับประเภทที่ได้กล่าวมาแล้วทั้ง 3 ลักษณะ โปรแกรมลักษณะนี้ ผู้เรียนจะสังเกตกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยไม่เข้าไปขัดจังหวะเพียงแต่เลือกค่าของตัวแปรในการจำลอง โดยสามารถ เร่งลดความเร็วของสถานการณ์จำลองนั้น เช่น โปรแกรมด้านเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับการทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต หรือโปรแกรมสำหรับการคาดคะเนจำนวนประชากร กลุ่มต่างๆ เป็นต้น

Ellington, Addinall and Percival (1981 : 77-8) อ้างถึงใน ประวิทย์ บึงสว่าง (2537 : 66-77) ได้แบ่งสถานการณ์จำลองการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. สถานการณ์จำลองการทดลองที่ทำได้ยากลำบาก หรือทำไม่ได้ เช่น การสร้างสถานการณ์จำลองการเคลื่อนที่ของดาวเทียม เป็นต้น

2. สถานการณ์จำลองที่ไม่สามารถจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้ หรือวัสดุ อุปกรณ์ที่มีราคาแพง เช่น การสร้างสถานการณ์จำลองการทดลองด้านนิวเคลียร์เตาปรมาณู และกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ การะบวนการ Haber ซึ่งเป็นกระบวนการทางอุตสาหกรรมทางเคมี ในการผลิตก๊าซแอมโมเนียมจากก๊าซไนโตรเจน และก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา การควบคุมอุณหภูมิ และใช้ความดันสูงมากในการผลิต

3. สถานการ์จำลองการทดลองที่ไม่สามารถปฏิบัติจริงได้ เพราะอาจก่อนให้เกิดอันตรายต่อผู้ทดลอง และสภาพแวดล้อม เช่น การทดลองเกี่ยวกับสารกัมมันตภาพรังสี หรือสารพิษที่มีอันตราย

4. สถานการณ์จำลองการทดลองที่เป็นการทดลองจริง ต้องใช้เวลาในการทดลองยาวนานมาก เช่น การสำรวจจำนวนประชากร หรือหาอายุของสิ่งต่างๆ โดยวัดจากการเสื่อมสลายของสารกัมมันตภาพรังสีในวัตถุต่างๆ

2.5.2 ข้อจำกัดในการจำลองการทำงาน

ธวัชชัย ชยาวณิช (2542 :179-180)ในการจำลองการทำงานนั้น มีขีดจำกัดในทางปฏิบัติด้วยเช่นกัน เพราะในบางกรณี แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของชิ้นส่วน/อุปกรณ์ก็ไม่สามารถใช้อธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างครบถ้วนทั้งหมด รวมทั้งกรณีที่ผู้ใช้กำหนดรูปแบบวงจรที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะนำมาทดลองการทำงานแบบผิดหลักการ เช่นต่อแบบลัดวงจร เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ก็จะไม่สามารถจำลองการทำงานได้เช่นเดียวกัน (ทั้งๆ ที่ในเชิงทฤษฎีนั้นจะรู้ได้ทันทีว่าแรงดันและกระแสเป็นอย่างไร) ทั้งนี้เพราะในการจำลองการทำงานนั้น ผู้สร้างโปรแกรมจะกำหนดกฎเกณฑ์ที่ใช้เป็นระเบียบวิธีในการคำนวณ ถ้ากำหนดเงื่อนไขบางอย่างผิดก็จะไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ แต่ก็อาจมีข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ทราบถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ ชิ้นส่วน/อุปกรณ์บางประเภทที่มีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้นหรือค่อนข้างซับซ้อนก็อาจจะถูกประมาณว่ามีคุณสมบัติเป็นเชิงเส้นหรือมีความซับซ้อนน้อยลงก็เป็นได้ดังที่ปรากฏในทางวิศวกรรมทั่วๆ ไป

2.6 ใบทดลอง

หมายถึง เอกสารที่ใช้ประกอบในการลงมือปฏิบัติการทดลองของผู้เรียน ซึ่งมีคำแนะนำเกี่ยวกับการทดลองนั้น โดยมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

2.6.1 ความหมาย

ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้เป็นคำสั่ง เป็นคำแนะนำผู้เรียนให้สามารถปฏิบัติงานการทดลอง หรือ ทำงานอื่นตามที่กำหนดให้ ขนาดของ Laboratory Sheet นั้น ไม่มีขอบเขตจำกัดแน่นอนอาจจะเป็นขนาดเล็กที่มีความยาวไม่ถึงหนึ่งหน้ากระดาษ หรือ อาจเป็นขนาดใหญ่ที่มีความยาวมากกว่า 10 หน้าขึ้นไปก็มี ขนาดของ Laboratory Sheet นั้น ขึ้นอยู่กับสาระเนื้อหาวิชาที่ใช้ทำการทดลอง พฤติกรรมที่ต้องการพัฒนาและข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องให้กับผู้เรียน โดยปกติแล้วใบงานสำหรับ Conventional Laboratory ที่ควบคุมขั้นตอนของการดำเนินงานมักจะมีรายละเอียดมากกว่าในงานประเภทอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดลองประเภท Project type ที่ให้อิสระต่อผู้ปฏิบัติในการเลือกวิธีดำเนินงาน จะมีรายละเอียดของการดำเนินงาน จะมีรายละเอียดของการดำเนินงานน้อยกว่ามาก (ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่.2537: 33)

ชรัด เทพชยุตินันท์ (2531:52) กล่าวถึงใบทดลองไว้ดังนี้ ใบทดลองใช้สำหรับเป็นใบสั่งงานในการฝึกที่เน้นทักษะทางสมอง (Intellectual Skill) รวมถึงการเรียนรู้ในห้องทดลอง

2.6.2 องค์ประกอบภายในของใบทดลอง

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2537: 35-39) ได้กล่าวไว้ว่า ใบทดลอง ไม่ว่ารูปแบบจะเป็นอย่างไร ใบทดลองควรประกอบด้วยข้อมูลหลัก 5 ประการ อันประกอบไปด้วย

2.6.2.1 ข้อมูลทั่วไป (Introductory Information) หมายถึง ข้อมูลที่แจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบเรื่องทั่ว ๆ ไปในการปฏิบัติงานของการทดลอง แต่ละเรื่องข้อมูลเหล่านั้นได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) วัตถุประสงค์ของการทดลอง ควรจะครอบคลุมความสามารถตามพิสัย (Domains) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และควรประกอบด้วยวัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์จำเพาะที่สนับสนุน

2) ความจำเป็น และขอบเขตของการทำการทดลอง (Needs and scope of the experiment) เป็นข้อมูลที่แสดงเหตุผล และประโยชน์ของการฝึกหัดทดลอง

3) การวางแผนงาน เป็นข้อมูลที่ที่ให้แนวคิดสำหรับการดำเนินงานให้แก่ผู้เรียน ข้อมูลเหล่านี้อาจจะเป็นเรื่องของวงจรที่ทำการทดลอง เรื่องเครื่องมืออุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ปัญหา และอุปสรรคที่มักจะเกิดขึ้นเสมอ

2.6.2.2 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง (Background Information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยเป็นหลักในการวางแผน ดำเนินงาน และเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจ และปรับปรุงตัวเองในสิ่งที่ขาดเพื่อจะได้เตรียมตัวหาข้อมูล หรือพัฒนาความรู้ให้พร้อมก่อนที่ลงมือปฏิบัติการทดลองข้อมูลดังกล่าวนี้ได้แก่

1) ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะพิเศษของเครื่องมือ อุปกรณ์ ข้อควรระวัง หรือ ปัญหาที่มักเกิดขึ้นเสมอ การให้ข้อมูลในเรื่องนี้ควรทำในกรณีที่ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุพิเศษที่นอกเหนือไปจากการใช้งานตามปกติ

2) ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน (Entry Behavior) ควรระบุให้ชัดเจนว่าผู้ที่จะปฏิบัติงานที่กำหนดได้นั้น จะต้องมีความรู้ความสามารถ หรือมีประสบการณ์อย่างใดมาก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตราย หรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้ปฏิบัติงานได้

3) ความรู้ในเนื้อหาวิชา ในการทดลองบางอย่างจำเป็นต้องกล่าวถึงเนื้อหาของการทดลองเพิ่มเติม เพื่อเตือนความทรงจำของผู้ปฏิบัติข้อมูลที่จะให้ในตอนนี้ไม่ใช่ข้อมูลใหม่แต่เป็นข้อมูลที่อ้างถึงหลักการ หรือ ทฤษฎีที่ผู้ปฏิบัติงานได้ผ่านการเรียนมาแล้ว แต่ควรเป็นข้อมูล ในลักษณะของการสรุปประเด็นสำคัญ และชี้ประเด็นของปัญหาทางทฤษฎีในเชิงวิเคราะห์ให้เห็นจุดสำคัญที่จะทำการทดลอง

2.6.2.3 ข้อมูลสำหรับดำเนินการ (Procedural Information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินงานตามขั้นตอนที่เหมาะสม หรือตามที่กำหนดให้ในงานแต่ละเรื่องได้ ลักษณะของงานในชั้นนี้ควรเป็นขั้นของการลงมือปฏิบัติจริง ตั้งแต่การวางแผนจริง ๆ จากการร่างแบบของงานการกำหนดวงจร และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จนกระทั่งถึงวิธีการเก็บข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติ Discovery ข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถแยกออกเป็นขั้นตอน ได้คือ

1) คำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน (Manipulative Process) เป็นคำสั่งหรือคำแนะนำในการลงมือปฏิบัติจริง ประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ข้อมูลเกี่ยวกับการวางแผนงานทดลอง

ข. ข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือ

ค. ข้อมูลในการดำเนินการทดลอง

2) คำแนะนำในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection Process) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปรับแต่งเครื่องมืออุปกรณ์ หรือตั้งอัตราวัดเพื่อหาผลลัพธ์ ของการทดลองที่เหมาะสมข้อมูลเหล่านี้ประกอบด้วย

ก. การสังเกต (Observation) เป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้ปฏิบัติพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

ข. การรวบรวมผลลัพธ์ที่ได้ (Data Collection) หลังจากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองผู้ปฏิบัติจะต้องรวบรวม และบันทึกข้อมูลที่ได้อย่างมีระบบ

2.6.2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับการสรุปผลลัพธ์ และรายงาน (Conclusion and Report) ใบงานที่ดีนั้นจะให้ข้อมูลในลักษณะที่เป็นคำสั่ง หรือคำแนะนำให้ผู้ปฏิบัติแสดงผลลัพธ์ที่ได้อย่างมีระบบ และสามารถสรุปผลของการทดลองได้ตามรูปแบบที่เหมาะสม ข้อมูลภายใน Laboratory Sheet จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำรายงาน และสรุปผลการทดลองได้ ลักษณะข้อมูลควรประกอบด้วย

1) ข้อมูลที่ช่วยในการเสนอข้อมูล (Prosentation Of Data)

2) ข้อมูลที่ช่วยในการแปลความหมายข้อมูล (Interpretation Of Data)

3) ข้อมูลที่ช่วยในการอ้างอิงหลักการ (Reference Of Data)

4) ลักษณะบางประการของการเขียนรายงาน (Laboratory Report)

2.6.2.5 ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Assessment Informaton) หมายถึงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ความสามารถ และความเข้าใจ ในเรื่องที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติงาน การตรวจสอบในเรื่องนี้อาจทำได้ทั้งทางกว้าง และความลึกของเนื้อหา ซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของ Laboratory แต่ละประเภทอย่างไรก็ตามข้อมูลที่เป็นคำถามใน Laboratory Sheet นั้น อาจจะเป็นลักษณะของคำถามที่แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) คำถามในเนื้อหาการทดลอง (Assessment Question)

2) คำถามสรุป (Critical Question)

2.7 การหาประสิทธิภาพ

การเรียนการสอนในสาขาช่างอุตสาหกรรม จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีชุดปฏิบัติการเป็นสื่อเพื่อใช้ประกอบการเรียนภาคปฏิบัติ โดยผู้เรียนใช้ชุดปฏิบัติการทำการทดลอง เพื่อหาผลเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้เรียนจากภาคทฤษฎี ครูผู้สอนจะต้องเตรียมชุดปฏิบัติการหรือสร้างชุดปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเป็นสื่อการเรียนการสอน โดยเฉพาะในวิชาปฏิบัติ การมีชุดปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับหลักสูตรของรายวิชา และครูผู้สอนนำไปใช้อย่างถูกต้องจะเป็นผลทำให้กระบวนการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพซึ่ง

ประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการ หมายถึง คุณภาพของชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้น โดยวัดจากผลการปฏิบัติงานของ นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดปฏิบัติการ และประสิทธิภาพ เป็นเครื่องมือที่สามารถทำให้ได้ข้อมูลที่ดีที่สุด เชื่อถือได้มากโดยใช้วิธีการที่สะดวก รวดเร็ว คล่องตัว แต่เสียเวลาน้อย และลงทุนน้อย และใช้แรงงานน้อย (ภัทรา นิคมานนท์. 2539:14)

การหาประสิทธิภาพของสื่อเพื่อให้รู้ว่าสื่อที่เลือกหรือสรางขึ้นมาสามารถใช้สอนได้ตามที่ต้องการหรือไม่ โดยจะต้องมีการประเมินคุณภาพสื่อ (พิสิฐ เมธาภัทร และธีระพล เมธีกุล. 2539) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.7.1 ประสิทธิภาพในการสื่อความหมาย

2.7.1.1 ด้านวัตถุประสงค์

1) สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์

2) สื่อเหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์

2.7.1.2 เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดผิด

1) เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดผิด

2) เนื้อหาวิชาแยกย่อยได้

3) เนื้อหาวิชาเรียงลำดับเป็นตรรก

2.7.1.3 ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการสื่อความหมาย

1) บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์

2) สามารถลดการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอยให้มีความหมาย และเป้าหมายมากขึ้น

3) สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดีและสั้นลง

4) ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอนให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น

5) ดึงศูดความสนใจของผู้เรียนให้ดีขึ้น

2.7.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวกับคน

2.7.2.1 ด้านผู้เรียน สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน

2.7.2.2 ด้านผู้สอน

1) สื่อไม่จำเป็นอาศัยความสามารถพิเศษในการใช้สอน

2) สื่อที่ใช้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้สอน

2.7.3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความพร้อมและการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.1 ด้านวัสดุอุปกรณ์

1) ใช้วัสดุราคาพอสมควรกับความจำเป็น

2) ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น

3) อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบส่วนใหญ่หาได้ตามวิทยาลัยทั่วๆ ไป

2.7.3.2 ด้านเวลา

1) เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก

2) เวลาที่ใช้ในการแสดงสื่อนั้นไม่มากเกินไป

2.7.3.3 ด้านการใช้งาน

1) สามารถนำไปใช้ง่าย และสะดวก

2) ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน

3) ไม่ต้องการอุปกรณ์ช่วยพิเศษอื่นๆ ขณะไปใช้งาน

การประเมินโดยอาศัยหลักเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของชุดการสอนนั้น ใช้เกณฑ์มาตรฐาน 90/90 เป็นเกณฑ์ประเมินสำหรับเนื้อหาประเภทความรู้ความจำ และใช้เกณฑ์ 80/80 สำหรับเนื้อหาที่เป็นทักษะ (ไชยยศ. 2533:130)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิพัฒน์ สมใจ (2546:27-34) ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ วิชาปฏิบัติอิเล็กทรอนิกส์ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรอนุปริญญา สถาบันราชภัฏ กระทรวงศึกษาธิการ ใช้เกณฑ์กำหนดร้อยละ 80/80 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับอนุปริญญา ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 20 คน จากผลการวิจัยพบว่า ชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.17/83.27 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ (2540:41-42) ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชาการออกแบบวงจรขยายเชิงเส้น ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง (ปท.ส) ใช้เกณฑ์ในการวิจัยร้อยละ 80/80 กลุ่มทดลองที่ใช้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยช่างกลปทุมวัน จำนวน 21 คน ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบท้ายการประลอง ร้อยละ 83.33 และผลคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบรวม ร้อยละ 84.33 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ , ผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดประลองและใบประลองมีความคิดเห็นว่า มีคุณค่าและมีประโยชน์เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันชัย ศศิสกุลพร. (2540:67) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 โดยเมื่อใช้ชุดทดลองนี้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัดที่จุดต่างๆ ตามใบทดลองไม่เกินร้อยละ 10 เปรียบเทียบจากการคำนวณ และนำชุดทดลองนี้ไปทดลองเพื่อศึกษาเวลาการเรียนภาคปฏิบัติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี จำนวน 37 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 18 คน กลุ่มควบคุมจำนวน 19 คน จากผลปรากฏว่า

1. ความคลาดเคลื่อนของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 ที่ได้จากการทดลองวัดค่าที่จุดต่างๆ ตามใบทดลองเทียบกับผลการคำนวณ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของชุดทดลองร้อยละ 2.43 เป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย

2. ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการสอนกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มทดลองที่สอนโดยใช้ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 ใช้เวลา 54 คาบ ตามที่ได้กำหนดไว้ในหลักสูตร ส่วนกลุ่มควบคุมที่สอนโดยการทดลองบนบอร์ดพื้นฐานเดิมใช้เวลา 66 คาบ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่สอนโดยการทดลองบนบอร์ดพื้นฐานเดิม เมื่อนำมาทดสอบนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

สมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์ (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2535 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าชุดการสอนวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 80/80

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพอสรุปได้ดังนี้ พิพัฒน์ สมใจ ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ วิชาปฏิบัติอิเล็กทรอนิกส์ 1 ผลการวิจัยพบว่า ชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.17/83.27 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชาการออกแบบวงจรขยายเชิงเส้น ใช้เกณฑ์ในการวิจัยร้อยละ 80/80 ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบท้ายการประลอง ร้อยละ 83.33 และผลคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบรวม ร้อยละ 84.33 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ วันชัย ศศิสกุลพร ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 จากผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน สมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์ ได้ทำวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าชุดการสอนวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอนดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2.2 แบบฝึกหัด

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง วิทยาลัยเทคนิคมาบตาพุด วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี วิทยาลัยเทคนิคตราด สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยใช้นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง จำนวน 20 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ใบงานปฏิบัติการ แบบฝึกหัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.1 ใบงานปฏิบัติการ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.2.1.1 ศึกษาหลักสูตรและเนื้อหารายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่จะนำมาให้ผู้เรียนทดลอง

3.2.1.2 ตั้งชื่อเรื่องหน่วยการทดลอง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
- หน่วยที่ 2 การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส
- หน่วยที่ 3 ศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของทรานซิสเตอร์
- หน่วยที่ 4 การวิเคราะห์วงจรไบอัส และวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์
- หน่วยที่ 5 การออกแบบวงจรขยายทรานซิสเตอร์
- หน่วยที่ 6 ศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของเฟต
- หน่วยที่ 7 การวิเคราะห์วงจรไบอัสและวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของเฟต
- หน่วยที่ 8 การออกแบบวงจรขยายเฟต
- หน่วยที่ 9 วงจรขยายสัญญาณหลายภาค
- หน่วยที่ 10 วงจรขยายแบบเนกตีฟฟีดแบคและวงจรขยายกำลัง

3.2.1.3 วิเคราะห์ความสามารถที่จะได้จากการทดลอง

3.2.1.4 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยกำหนดตามความสามารถที่ได้จากการวิเคราะห์ ในข้อ 3

3.2.1.5 สร้างใบงานปฏิบัติการ ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ชื่อเรื่องการทดลอง
2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. เนื้อหา
4. ลำดับขั้นการทดลอง
5. ผลการทดลอง
6. สรุปผลการทดลอง

3.2.1.6 การสร้างใบงานปฏิบัติการตามขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 5 ผู้วิจัยได้เอาใบงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นใช้สำหรับการเรียน การสอนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวส. 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง มาทำการปรับปรุงแก้ไขใหม่ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับโปรแกรม Pspice

3.2.1.7 นำใบงานปฏิบัติการที่เขียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.2.1.8 นำใบงานปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและรูปแบบ ดังมีรายนามดังต่อไปนี้

1. ดร.มานพ แจ่มกระจ่าง อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผศ. สืบศักดิ์ พันธ์ไพโรจน์ อาจารย์ประจำภาควิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3. นายสมบูรณ์ เนียมกล่ำ นักพัฒนาทรัพยากรบุคคล 8 ว. สำนักพัฒนาสมรรถณะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา

4. นายสมพร ผลประพฤติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

5. นายเจริญ ศรีแสง อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่านตอบแบบประเมินทางด้านรูปแบบและเนื้อหาของใบงานปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ซึ่งผลการประเมินด้านรูปแบบของใบงานปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก และด้านเนื้อหาของใบงานปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ย 4.54 อยู่ในระดับดีมาก

3.2.1.9 ปรับปรุงและแก้ไขใบงานปฏิบัติการตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

- ปรับปรุงลำดับขั้นการทดลองให้มีการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุตามจุดต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจร
- ปรับปรุงเพิ่มเติมเนื้อหาทฤษฎีให้ครอบคลุมการทดลอง
- ปรับเปลี่ยนรูปแบบของวงจรให้เป็นแบบเดียวกันทั้งหมด
- จัดทำเป็นรูปเล่มโดยกำหนดเลขหน้าและสารบัญให้ครบถ้วน

เมื่อแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบอีกครั้ง

3.2.1.10 นำใบงานปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยองที่ไม่เคยเรียนวิชานี้มาก่อน จำนวน 1 คน

1. ในขณะที่นักศึกษาทดลองด้วยตัวเองอยู่นั้น ผู้วิจัยจะสังเกตพฤติกรรมการทดลองของนักศึกษาว่า ไม่เข้าใจในจุดใด และขณะที่ทำการทดลอง นักศึกษาสามารถซักถามเพื่อหาสาเหตุที่ไม่เข้าใจได้ ปรากฏว่านักศึกษายังไม่เข้าใจเรื่องการกำหนดค่าอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร และจดบันทึกพฤติกรรมต่างๆ ของนักศึกษาเอาไว้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

2. เมื่อทดลองจบแต่ละใบงานปฏิบัติการ นักศึกษาจะต้องทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองและเมื่อนักศึกษาทดลองครบทุกใบงานปฏิบัติการแล้วจะต้องทำแบบทดสอบหลังการทดลอง ผลปรากฏว่า คะแนนที่เกิดจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 86.66 คิดเป็นประสิทธิภาพของขบวนการ(E_1) มีค่าเท่ากับ 86.66 และคะแนนที่เกิดจากการ

เอกสารนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 83.33 คิดเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) มีค่าเท่ากับ 83.33

3.2.1.11 นำข้อบกพร่องที่ได้จากการจดบันทึกมาปรับปรุงแก้ไข โดยผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติมในเรื่องการกำหนดค่าอุปกรณ์ต่างๆให้นักศึกษาเข้าใจแล้วนำเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบความเหมาะสม

3.2.1.12 นำใบงานปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ตามข้อ 11 ไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน โดยคัดเลือกจากนักศึกษาที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับเก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน และอ่อน 1 คน เพื่อปรับปรุงแก้ไขใบงานปฏิบัติการให้ดีขึ้น

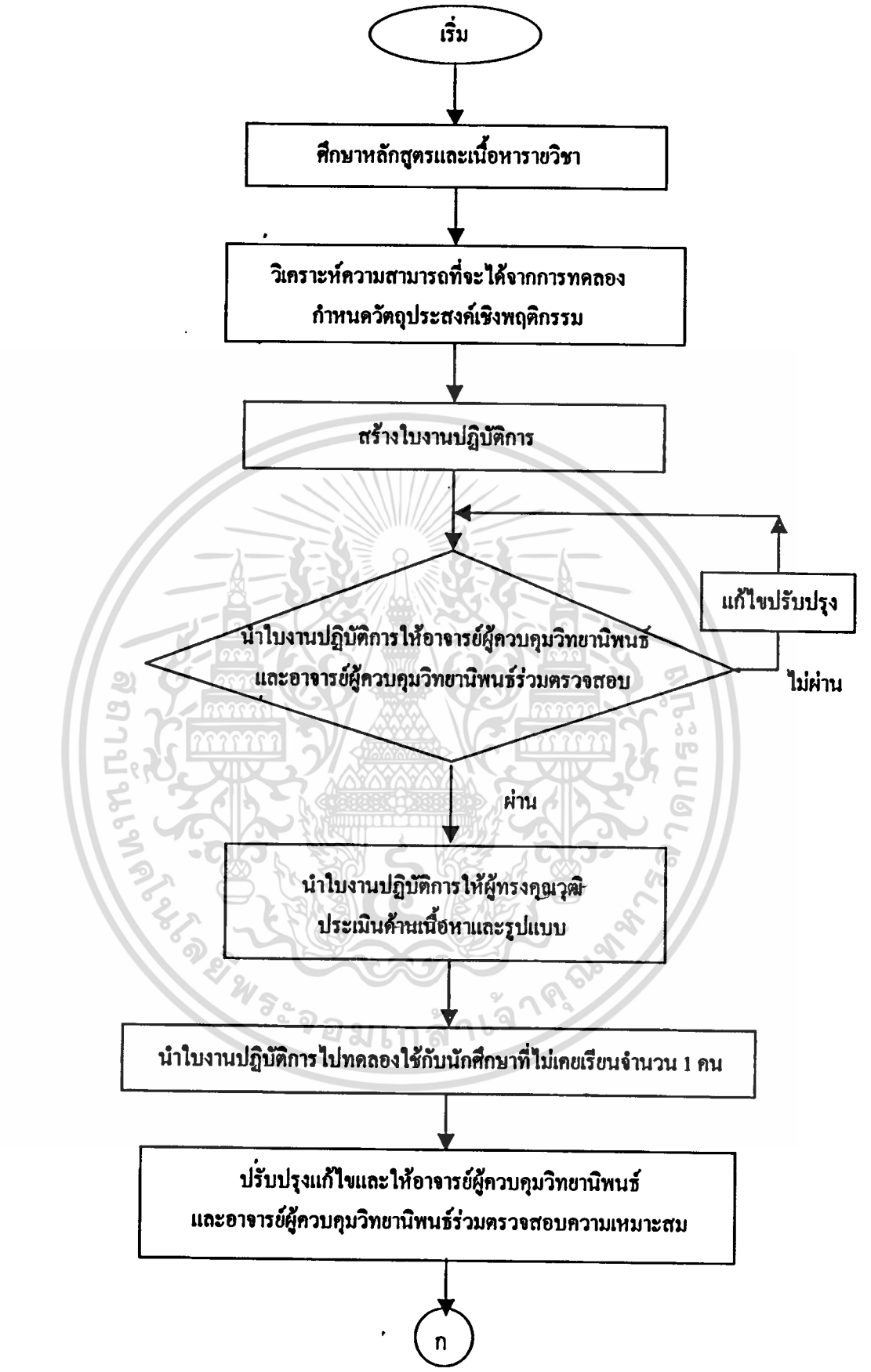
1. ในขณะที่นักศึกษาทดลองด้วยตัวเองอยู่นั้น ผู้วิจัยจะสังเกตพฤติกรรมการทดลองของนักศึกษาว่า ไม่เข้าใจในจุดใด และขณะที่ทำการทดลอง นักศึกษาสามารถซักถามเพื่อหาสาเหตุที่ไม่เข้าใจได้ ซึ่งมีนักศึกษาไม่เข้าใจเรื่องการใช้เครื่องมือวัดสัญญาณต่างๆ ในวงจร แล้วจดบันทึกพฤติกรรมของนักศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขใบทดลองต่อไป

2. เมื่อทดลองจบแต่ละใบงานปฏิบัติการ นักศึกษาจะต้องทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองและเมื่อนักศึกษาทดลองครบทุกการทดลองแล้ว จะต้องทำแบบทดสอบหลังการทดลอง ผลปรากฏว่า คะแนนที่เกิดจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 89.70 คิดเป็นประสิทธิภาพของขบวนการ(E_1) มีค่าเท่ากับ 89.70 และคะแนนที่เกิดจากการทดสอบหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82.22 คิดเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) มีค่าเท่ากับ 82.22

3.2.1.13 นำข้อบกพร่องที่ได้จากการจดบันทึกไว้มาปรับปรุงแก้ไข โดยผู้วิจัยได้อธิบายการเลือกใช้เครื่องมือวัดสัญญาณในวงจรให้นักศึกษาเข้าใจ แล้วให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความเหมาะสมอีกครั้ง

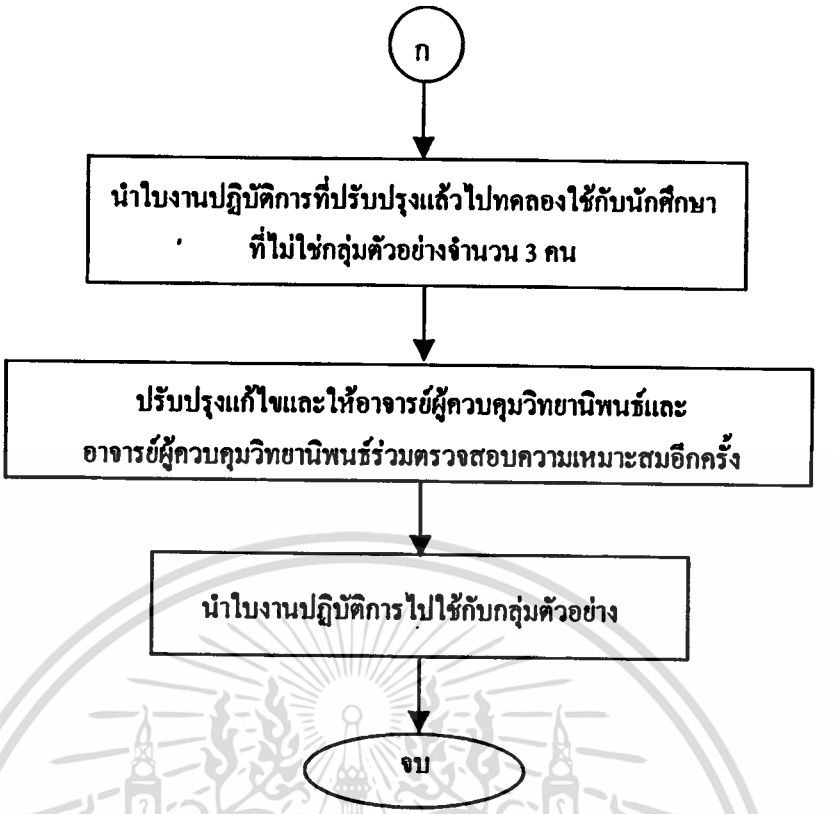
3.2.1.14 นำใบงานปฏิบัติการไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างใบงานปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 (ต่อ)

3.2.2 การสร้างแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง จำนวน 12 ใบงานปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.2.2.1 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และวิธีการสร้างแบบทดสอบ

3.2.2.2 ทำการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ของใบงานปฏิบัติการแต่ละใบเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบฝึกหัดที่สัมพันธ์กับความสามารถในการเรียนรู้ของนักศึกษาในด้านต่างๆ

3.2.2.3 สร้างแบบฝึกหัดที่ใช้วัดความสามารถของนักศึกษาในแต่ละใบงานปฏิบัติการ

3.2.2.4 สร้างแบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ โดยผู้วิจัยได้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการวัด และน้ำหนักคะแนนในแต่ละคุณลักษณะโดยให้ความสำคัญของพฤติกรรมต่างๆ ในการปฏิบัติงานไม่เท่ากัน เช่น การวาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics ผู้วิจัยถือว่ามีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการปฏิบัติงาน ซึ่งได้กำหนดน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 4 ถ้านักศึกษาทำได้ถูกต้องทั้งหมดแต่ถ้านักศึกษาทำผิดไม่เกิน 2 จุด ก็จะให้น้ำหนักคะแนนครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มเท่านั้น

3.2.2.5 นำแบบฝึกหัดที่สร้างให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบหาค่าต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความสอดคล้องของแบบฝึกหัดกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน +1 สำหรับข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน –1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

แบบประเมินความตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน +1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าจำเป็นต้องวัดตัดทิ้งไม่ได้

คะแนน 0 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านไม่แน่ใจว่าจำเป็นต้องวัดหรือไม่

คะแนน -1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าไม่จำเป็นต้องวัดตัดทิ้งได้

การพิจารณาน้ำหนักคะแนน โดยการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน +1 เมื่อท่านมีความคิดเห็นว่าการกำหนดน้ำหนักคะแนนนั้นเหมาะสมแล้ว

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าการกำหนดน้ำหนักคะแนนนั้นเหมาะสมหรือไม่

คะแนน -1 เมื่อมีความคิดเห็นว่าการกำหนดน้ำหนักคะแนนนั้นไม่เหมาะสม

จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ผลปรากฏว่า เรื่องความสอดคล้องของแบบฝึกหัดกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.99 เรื่องความตรงตามเนื้อหาของแบบสังเกตุพฤติกรรม มีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.99 และเรื่องการกำหนดน้ำหนักคะแนนของแบบสังเกตุพฤติกรรม มีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.97

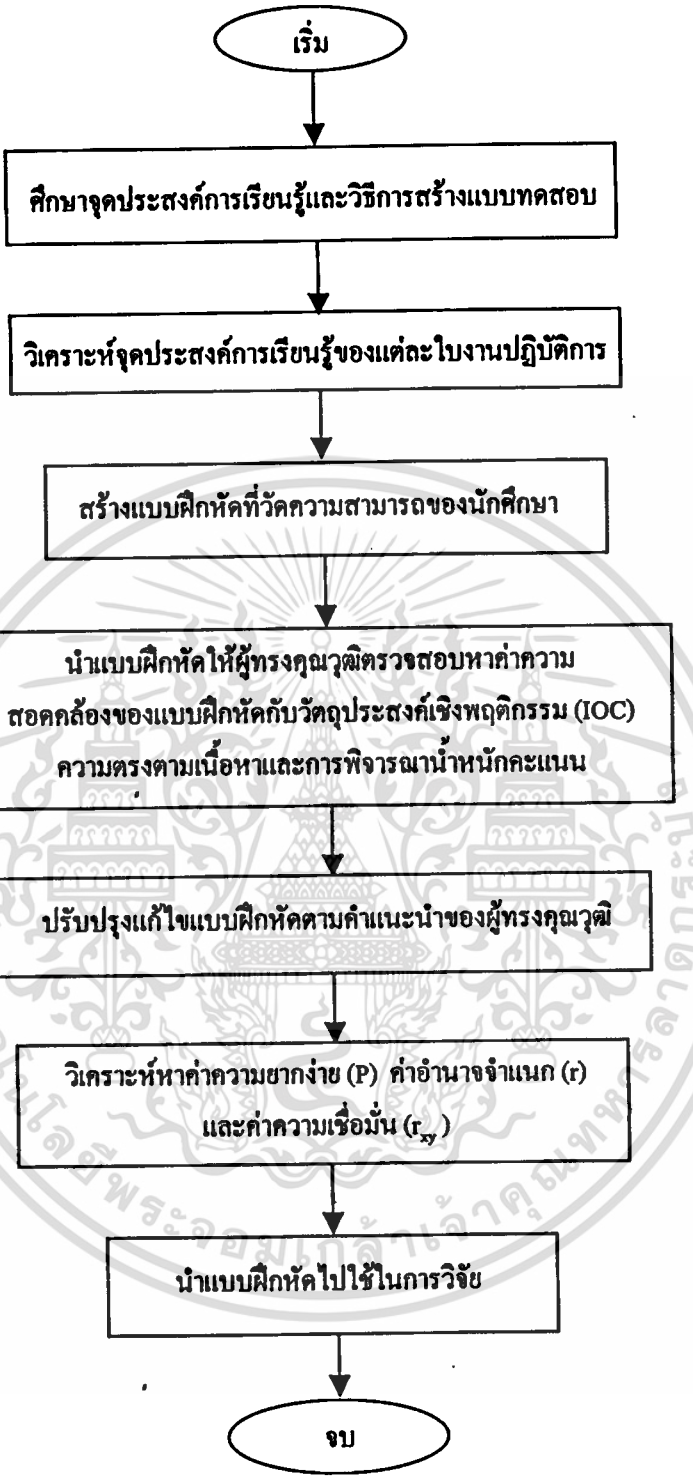
3.2.2.6 ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบฝึกหัดตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิดังนี้

- ตรวจเช็คความเหมาะสมเวลากับของการทดลอง
- แก้ไขคำผิดต่างๆ ในแบบฝึกหัด

3.2.2.7 นำแบบฝึกหัดไปทดลองใช้กับนักศึกษาจำนวน 20 คนที่เรียนวิชานี้มาแล้ว เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) ซึ่งการค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.3 - 0.8 ค่าอำนาจจำแนก (r) เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.4 และค่าความเชื่อมั่น (r_{xy}) เฉลี่ยเท่ากับ 0.88

3.2.2.8 นำแบบฝึกหัดไปใช้ในการวิจัย เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบฝึกหัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 23 ข้อ ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.2.3.1 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และวิธีการสร้างแบบทดสอบ

3.2.3.2 ทำการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ของรายวิชาเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

3.2.3.3 สร้างแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถของนักศึกษาหลังทดลองครบทุกใบงานปฏิบัติการ

3.2.3.4 สร้างแบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างโดยใช้หลักการเดียวกันกับแบบบันทึกคะแนนของแบบฝึกหัดแต่ละใบงานปฏิบัติการ

3.2.3.5 นำแบบทดสอบที่สร้างให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบหาค่าต่างๆ ดังนี้

ค่าความสอดคล้องของแบบฝึกหัดกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน +1 สำหรับข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน –1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

แบบประเมินความตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน +1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าจำเป็นต้องวัดตัดทิ้งไม่ได้

คะแนน 0 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านไม่แน่ใจว่าจำเป็นต้องวัดหรือไม่

คะแนน -1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าไม่จำเป็นต้องวัดตัดทิ้งได้

การพิจารณาน้ำหนักคะแนน โดยการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน +1 เมื่อท่านมีความคิดเห็นว่าการกำหนดน้ำหนักคะแนนนั้นเหมาะสมแล้ว

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าการกำหนดน้ำหนักคะแนนนั้นเหมาะสมหรือไม่

คะแนน -1 เมื่อมีความคิดเห็นว่าการกำหนดน้ำหนักคะแนนนั้นไม่เหมาะสม

จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ผลปรากฏว่า เรื่องความสอดคล้องของแบบฝึกหัดกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ +1 เรื่องความตรงตามเนื้อหาของแบบสังเกตุพฤติกรรม มีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ +1 และเรื่องการกำหนดน้ำหนักคะแนนของแบบสังเกตุพฤติกรรม มีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.94

3.2.3.6 ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้ แก้ไขความเหมาะสมของเวลาในการทดลอง รูปวงจรการทดลองและคำผิดต่างๆ

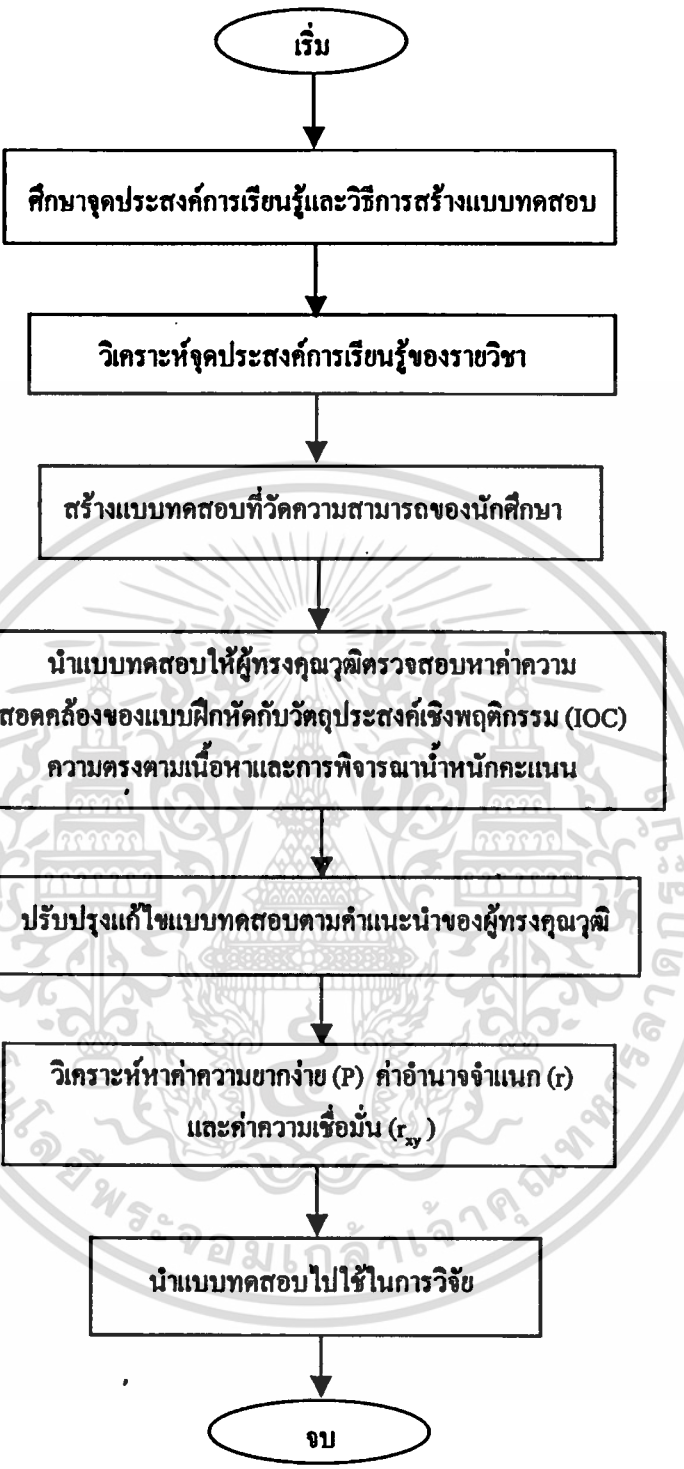
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.7 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักศึกษาจำนวน 20 คนที่เรียนวิชานี้มาแล้ว เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.3 - 0.8 ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.5 และค่าความเชื่อมั่น (r_{xy}) มีค่าเท่ากับ 0.89

3.2.3.8 นำแบบทดสอบไปใช้ในการวิจัย เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.3.1 ก่อนปฏิบัติการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1.1 ทำหนังสือจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงวิทยาลัยเทคนิคระยอง เพื่อขอใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของวิทยาลัยเทคนิคระยอง ในการปฏิบัติการทดลอง

3.3.1.2 ทำการ Install โปรแกรม Pspice ลงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะใช้ในการทดลองให้ครบตามจำนวนที่ต้องการแล้วทดลองใช้โปรแกรม

3.3.1.3 แจกเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรม Pspice อธิบายวิธีการใช้โปรแกรม พร้อมทั้งชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการทดลองโดยใช้โปรแกรม Pspice แทนการทดลองที่ใช้ตามปกติ

3.3.1.4 ให้นักศึกษาได้ทดลองใช้โปรแกรมตามตัวอย่าง เพื่อให้เกิดความเคยชิน

3.3.2 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 ทำการเก็บข้อมูลกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง จำนวน 20 คน

3.3.2.2 เมื่อนักศึกษาเรียนเนื้อหาทางทฤษฎีจบหน่วยการเรียนแล้ว นักศึกษาจะทำการทดลองตามใบงานปฏิบัติการพร้อมๆ กัน ครั้งละ 1 ใบงานปฏิบัติการ

3.3.2.3 เมื่อนักศึกษาทำการทดลองตามใบงานปฏิบัติการเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

3.3.2.4 โดยขณะที่นักศึกษาทำแบบฝึกหัด ผู้วิจัยจะทำการสังเกตุพฤติกรรมและบันทึกคะแนนลงแบบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติ โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละใบงานปฏิบัติการ

3.3.2.5 ดำเนินการทำเช่นนี้ทุกๆ หน่วยการเรียน

3.3.2.6 เมื่อนักศึกษาทำการทดลองเสร็จทุกใบงานปฏิบัติการแล้วจะต้องทำแบบทดสอบหลังการทดลอง

3.3.2.7 ขณะที่นักศึกษาทำแบบทดสอบ ผู้วิจัยจะทำการสังเกตุพฤติกรรมและบันทึกคะแนนลงแบบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติ โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การให้คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.8 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบของนักศึกษามาวิเคราะห์ เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยมีดังนี้

3.4.1 การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบ กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ 2526 : 88-90)

โดยใช้สูตร $$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$,คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

N คือ จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.4.2 ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2536:59)

โดยใช้สูตร $$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนในกลุ่มทั้งหมด

N คือ จำนวนนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง

3.4.3 ความแปรปรวน (Variance) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2536:63)

โดยใช้สูตร $$S^2 = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนน

X คือ คะแนนแต่ละตัวในกลุ่มตัวอย่าง

N คือ จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การแปรความหมายของคะแนนเฉลี่ยมีดังนี้ (ประคอง กรรณสูตร. 2538:117)

4.50 – 5.00 มากที่สุด

3.50 – 4.49 มาก

2.50 – 3.49 ปานกลาง

1.50 – 2.49 น้อย

1.00 – 1.49 น้อยที่สุด

3.4.4 การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2536 : 179-180)

โดยใช้สูตร $$P = \frac{R}{N}$$

$$r = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ P คือ ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

r คือ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

R คือ จำนวนนักศึกษาที่ทำข้อนั้นถูก

R_U คือ จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L คือ จำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N คือ จำนวนนักศึกษาในกลุ่มเก่ง และกลุ่มอ่อน

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.80-1.0 เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.60-0.79 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)

0.40-0.59 เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ (ดี)

0.20-0.39 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)

0.00-0.19 เป็นข้อสอบที่ยากมาก

ขอบเขตของค่า r และความหมาย

0.4 ขึ้นไป	อำนาจจำแนกสูง	คุณภาพดีมาก
0.30-0.39	อำนาจจำแนกปานกลาง	คุณภาพดีพอสมควร
0.20-0.29	อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ	คุณภาพพอใช้ได้
0.00-0.19	อำนาจจำแนกต่ำ	คุณภาพใช้ไม่ได้

3.4.5 การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร Test-Retest method (วิรัติ อัศวานุวัตร. 139) ดังนี้

โดยใช้สูตร $r_{xy} = \dfrac{N\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\left[N\sum x^2 - (\sum x)^2\right]\left[N\sum y^2 - (\sum y)^2\right]}}$

เมื่อ r_{xy} คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

X คือ คะแนนของการสอบครั้งแรก

y คือ คะแนนของการสอบครั้งหลัง

N คือ นักเรียนทั้งหมด

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ มีค่าตั้งแต่ –1.00 ถึง +1.00 สำหรับแบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นเป็น +1.00 แสดงว่ามีค่าความเชื่อมั่นสูง คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบฉบับนี้เชื่อถือได้ แบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นเป็น 0.00 หรือใกล้เคียง 0.00 แสดงว่าแบบทดสอบฉบับนี้ไม่มีความเชื่อมั่น คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบนี้เชื่อถือไม่ได้ และแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นเป็น –1.00 แสดงว่าข้อสอบมีค่าความเชื่อมั่นต่ำไม่ควรนำมาใช้เป็นแบบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 การหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2536:56)

โดยใช้สูตร

$$E_1 = \frac{(\sum X/N)}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{(\sum Y/N)}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละของของคะแนนจากใบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติที่นักศึกษาทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลอง

E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละของคะแนนจากใบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติที่นักศึกษาที่นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังการทดลอง

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกหัด

$\sum Y$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

N คือ จำนวนนักศึกษาทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) โดยได้ทำการทดลองกับนักศึกษาชั้น ปวส. 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ดังรายละเอียดการนำเสนอผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านรูปแบบ

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านเนื้อหา

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านรูปแบบ

การวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านรูปแบบของใบงาน ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ได้ผลดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านรูปแบบ จำนวน 12 ใบงาน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
1.ความเหมาะสมของการจัดรูปแบบการทดลอง	4.6	0.54	ดีมาก
2.ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.8	0.44	ดีมาก
3.ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการทดลอง	4.6	0.54	ดีมาก
4.ความเข้าใจในคำอธิบายลำดับขั้นการทดลอง	4.8	0.44	ดีมาก
5.รูปแบบวงจรการทดลอง	4.4	0.54	ดี
6.การวางรูปวงจรการทดลอง	4.6	0.54	ดีมาก
7.ความเหมาะสมของตารางบันทึกผลการทลอง	4.6	0.54	ดีมาก
8.ความสะดวกในการบันทึกค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง	5	0.0	ดีมาก
รวม	4.67	0.44	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านรูปแบบของใบงาน พบว่ารายการประเมินรูปแบบวงจรการทดลองมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ย 4.4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานมีค่าเท่ากับ 0.54 ส่วนรายการประเมินอื่นๆ มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.44

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านเนื้อหา

การวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านเนื้อหาของใบงาน ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ได้ผลดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านเนื้อหา จำนวน 12 ใบงาน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์	4.6	0.54	ดีมาก
2. ความสอดคล้องของการทดลองกับวัตถุประสงค์การสอน	4.6	0.89	ดีมาก
3. ความถูกต้องของเนื้อหาทฤษฎี	4.6	0.54	ดีมาก
4. ความเหมาะสมของการกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	4.4	0.54	ดี
5. ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทฤษฎีและการทดลอง	4.6	0.54	ดีมาก
6. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปวงจร ตารางหรือกราฟ กับความรู้ ในการทดลอง	4.6	0.54	ดีมาก
7. หัวข้อการบันทึกผล ในตารางบันทึกผลเหมาะสมและถูกต้อง	4.6	0.54	ดีมาก
8. ความเหมาะสมและชัดเจนของคำถามท้ายการทดลอง	4.2	0.83	ดี
9. ความสอดคล้องของคำถามกับวัตถุประสงค์	4.6	0.89	ดีมาก
10.ความสัมพันธ์ในการใช้งานร่วมกันระหว่างชุดทดลองและใบงานปฏิบัติการ	4.6	0.54	ดีมาก
รวม	4.54	0.63	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ด้านเนื้อหาของใบงาน พบว่ารายการประเมินส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ส่วนในรายการความเหมาะสมของการกำหนดค่าอุปกรณ์ ความเหมาะสมและชัดเจนของคำถามท้ายการทดลอง มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่ามีค่าเฉลี่ย 4.4 และ 4.2 ตามลำดับ สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

การหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการครั้งนี้ ได้ดำเนินการนำใบงานปฏิบัติการไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

รายการ	คะแนนแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง	คะแนนหลังการทดลอง
คะแนนเต็ม	394	44
คะแนนเฉลี่ย	347.90	35.80
เฉลี่ยร้อยละ	$E_1 = 88.60$	$E_2 = 81.36$

จากตารางที่ 4.3 พบว่า คะแนนที่เกิดจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองแต่ละใบงานปฏิบัติการจำนวน 12 ใบงาน มีค่าเฉลี่ย 347.90 คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของขบวนการ (E_1) มีค่าเท่ากับ 88.60 และคะแนนที่เกิดจากการทดสอบหลังการทดลองครบทุกใบทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.80 คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) มีค่าเท่ากับ 81.36 แสดงว่าใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคระยอง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ผู้วิจัยพอสรุปการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1 เพื่อสร้างใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ที่มีคุณภาพ

1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

5.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

2.1 ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 20 คน

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบและประเมินผลด้านรูปแบบของใบงานปฏิบัติการ มีค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก ด้านเนื้อหามีค่าเฉลี่ย 4.54 อยู่ในระดับดีมาก

4.2 แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง จำนวน 12 ชุด ผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบค่าต่างๆ ดังนี้ ความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ย 0.99 ค่าความเหมาะสมของพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีค่าเฉลี่ย 0.99 ค่าน้ำหนักคะแนนที่กำหนดแต่ละพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ย 0.97 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.40 และค่าความเชื่อมั่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88

4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 1 ชุด ผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบค่าต่างๆ ดังนี้ ความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ย 1 ค่าความเหมาะสมของพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีค่าเฉลี่ย 1 ค่าน้ำหนักคะแนนที่กำหนดแต่ละพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ย 0.94 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30–0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20–0.50 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง จำนวน 20 คน โดยได้ดำเนินการทดลองดังนี้

5.1 กำหนดกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 20 คน

5.2 แจกเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรม Pspice อธิบายวิธีการใช้โปรแกรม พร้อมทั้งชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการทดลองโดยใช้โปรแกรม Pspice แทนการทดลองที่ใช้ตามปกติ

5.3 ให้นักศึกษาได้ทดลองใช้โปรแกรมเพื่อให้เกิดความเคยชิน

5.4 ให้กลุ่มตัวอย่างดำเนินการทดลองตามใบงานปฏิบัติการ เมื่อนักศึกษาทำการทดลองเสร็จแต่ละใบงานปฏิบัติการแล้ว ให้ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง โดยขณะที่นักศึกษาทำแบบฝึกหัด ผู้วิจัยจะทำการสังเกตุพฤติกรรมและบันทึกคะแนนลงแบบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติ โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละใบงานปฏิบัติการ

5.5 เมื่อนักศึกษาทำการทดลองเสร็จทุกใบงานปฏิบัติการแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังการทดลอง ซึ่งขณะที่นักศึกษาทำแบบทดสอบ ผู้วิจัยจะทำการสังเกตุพฤติกรรมและบันทึกคะแนนลงแบบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติ โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การให้คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดแต่ละใบงานปฏิบัติการและแบบทดสอบมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

6.1 วิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรม Pspice ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบและประเมินผลด้านรูปแบบของใบงานปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก ด้านเนื้อหามีค่าเฉลี่ย 4.54 อยู่ในระดับดีมาก

6.2 วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบฝึกหัด ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบค่าต่างๆ ดังนี้ ความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ย 0.99 ค่าความเหมาะสมของพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีค่าเฉลี่ย 0.99 ค่าน้ำหนักคะแนนที่กำหนดแต่ละพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ย 0.97 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.40 และค่าความเชื่อมั่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88

6.3 วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบค่าต่างๆ ดังนี้ ความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ย 1 ค่าความเหมาะสมของพฤติกรรมที่ต้องการวัดมีค่าเฉลี่ย 1 ค่าน้ำหนักคะแนนที่กำหนดแต่ละพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ย 0.94 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30–0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20–0.50 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89

6.4 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice โดยใช้เกณฑ์ 80/80 ผลการวิเคราะห์พบว่า คะแนนที่เกิดจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองแต่ละใบงานปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 88.60 และคะแนนที่เกิดจากการทดสอบหลังการทดลองครบทุกใบทดลอง มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.36

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยดังกล่าวสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice มีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.60/81.36 ตามเกณฑ์ที่กำหนด

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ปรากฏว่าใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรม Pspice ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

88.60/81.36 จะเห็นได้ว่าคะแนนแบบฝึกหัดจะมีค่าสูงกว่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหลังการทดลองครบทุกใบงานปฏิบัติการ เนื่องจากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นลักษณะการประยุกต์ใช้งานซึ่งนักศึกษายังไม่เคยทำการทดลองมาก่อน จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการคำนวณค่าต่างๆ ของวงจรได้ นอกจากนั้นเวลาในการทดลองแต่ละใบงานปฏิบัติการของแบบทดสอบใช้เวลานาน ทำให้นักศึกษาไม่สามารถจดจำหลักการคำนวณค่าต่างๆ ได้ จึงทำให้ค่าที่ได้บางค่าไม่ถูกต้องส่งผลให้คะแนนของแบบทดสอบขาดหายไป จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบมีค่าน้อยกว่าคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัด และจากการทดลองสังเกตุพบว่านักศึกษามีความสนใจในการเรียนมากขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ที่สร้างขึ้น โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบทั้งด้านเนื้อหาและรูปแบบ ทำให้ใบงานปฏิบัติการมีคุณภาพเป็นอย่างมาก ทั้งยังทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ เกิดแรงจูงใจ ทำให้นักศึกษามีความสนใจในการเรียน มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย จึงทำให้นักศึกษามีความมั่นใจในการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

จากผลการวิจัยพบว่าคะแนนที่ได้จากการทดลองมีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนรินทร์ สิงห์สกุล (2544) ที่พัฒนาบทเรียน เรื่องการใช้อิเล็กทรอนิกส์เวอร์เบนช์กับการทดลองปกติในการเรียนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี ผลการวิจัยสรุปได้ว่า บทเรียน เรื่อง การทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่สอนโดยใช้โปรแกรมอิเล็กทรอนิกส์เวอร์คเบนช์ แอนาลอก โมดูล เวอร์ชั่น 2.0 เอ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตราฐาน ซึ่งจากการผลวิจัยมีค่าเท่ากับ 86.67/84.33 และนักศึกษามีความพึงพอใจหลังจากการทดลองเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฉลิม ชุมภูนท์ (2540) ที่พัฒนาบทเรียนเรื่องการทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้โปรแกรมมอิเล็กทรอนิกส์เวอร์คเบนช์ แอนาลอก โมดูล เวอร์ชั่น 2.0 เอ ที่ใช้ทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี ผลการวิจัยสรุปได้ว่า บทเรียน เรื่อง การทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่สอนโดยใช้โปรแกรมอิเล็กทรอนิกส์เวอร์คเบนช์ แอนาลอก โมดูล เวอร์ชั่น 2.0 เอ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80 ซึ่งผลการวิจัยมีค่าเท่ากับ 82.45/82.20

ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice ที่สร้างขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถให้นักศึกษาเกิดความรู้ ความเข้าใจได้เช่นเดียวกับการเรียนรู้โดยการประกอบวงจรลงแผงทดลอง ดังนั้นวิธีการปฏิบัติแบบจำลองสถานการณ์สามารถช่วยแก้ปัญหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองชำรุด มีจำนวนไม่เพียงพอต่อนักศึกษาที่เข้าปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะพบว่าในบางใบงานปฏิบัติการนักศึกษาบางคนทำคะแนนได้เต็ม เช่น ใบงานปฏิบัติการที่ 3 และ 6 ซึ่งเป็นเรื่องของการหาคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์และเฟต เนื่องจากว่าในการใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์นั้นนักศึกษาสามารถกำหนดค่าต่างๆ ได้ละเอียดและมีความ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เที่ยงตรงมากกว่าการทดลองโดยประกอบวงจรจริง ซึ่งนักศึกษาไม่สามารถปรับค่าต่างๆ ได้ตามต้องการเป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองได้ อีกทั้งยังช่วยลดงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุฝึกในแต่ละปีการศึกษาได้อีก เนื่องการทดลองแต่ละครั้งนักศึกษาจะต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือหลายชนิดประกอบการทดลองทำให้ตัวอุปกรณ์ที่ใช้ชำรุดเสียหายบ่อยครั้ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำงานวิจัยไปใช้

1. ผู้ที่ใช้ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice จะต้องศึกษาคู่มือการใช้งานโปรแกรมก่อนการใช้งาน

2. ในการเรียนโดยใช้ใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้ได้ประสิทธิภาพ ผู้เรียนควรศึกษาทฤษฎีของวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์มาก่อน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการและสรุปผลการทดลองได้เป็นอย่างดี

3. ใบงานปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นบางหน่วยยังไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดที่เรียน เนื่องจากมีเวลาจำกัดในการทดลอง

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการนำโปรแกรม Pspice ไปใช้กับการทดลองในรายวิชาอื่นๆ อีกต่อไป เช่น วิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

2. มีการศึกษาวิจัยการนำโปรแกรม Pspice ไปใช้ในสาขางานอื่นๆ เช่น อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

3. ควรมีการศึกษาวิจัยเชิงเปรียบเทียบ ระหว่างการทดลองโดยวิธีปกติกับการทดลองแบบจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เฉลิม ชุมภูนท์. 2540. "การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการ เรื่อง วงจรทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้โปรแกรม Electronecs Workbench Analog Module Version 2.0a" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ชรัด เทพชยุตินันท์. 2531. , เอกสารประกอบการสอน เรื่อง การจัดหลักสูตร และการประเมินผลการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชาญวิทย์ หาญรินทร์. 2545. วงจรอิเล็กทรอนิกส์.กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ

ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ. ทฤษฎีวงจรอิเล็กทรอนิกส์. โครงการตำราเรียน Physics Center. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่. 2535. การเลือกเนื้อหา และการสร้างกิจกรรมสำหรับ Laboratory Experiment. กรุงเทพ : ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่. 2537. คู่มือการสอนปฏิบัติการทดลอง ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม. สำนักงานคณะกรรมการศึกษาเอกชน.

ทรงวุฒิ วิมลพัชร.2543. ทฤษฎีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์เอมพันธ์

ธวัชชัย ชยาวณิช. 2542. Easy Pspice For Windows. กรุงเทพฯ : บริษัท เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า จำกัด

นภัทร วัจนเทพินทร์.2545. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร : บริษัท สกายบุกส์ จำกัด

นรินทร์ สิงห์สกุล. 2544. "การใช้อิเล็กทรอนิกส์ เวอร์คเบนช์ กับการทดลองปกติในการเรียนการสอนวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นวลวรรณ ทิพย์สุมณฑา. 2544. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เรื่องพื้นฐานระบบเครือข่ายการสื่อสารข้อมูล" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ผดุง อารยะวิญญู. 2541. ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2543. เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติสำหรับการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มงคล ทองสงคราม. 2536. อิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : หจก. วี.เจ.พริ้นติ้ง.

มงคล ทองสงคราม. 2536. อิเล็กทรอนิกส์ 2. กรุงเทพฯ : หจก. วี.เจ.พริ้นติ้ง.

ยืน ภู่วรวรรณ. 2538. "การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน." หน้า 31 – 33. รายงานการสัมมนาบทบาท ของเทคโนโลยีชั้นสูงต่อการพัฒนาการศึกษาไทยในอนาคต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ยืน ภู่วรวรรณ. "การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน." วารสารไมโครคอมพิวเตอร์. ฉบับที่ 35, กุมภาพันธ์ 2531. หน้า 120 -129.

ยุทธพงษ์ ไกยวรรณ. 2541. เทคนิคและวิธีการสอน. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ

ล้วน สายยศ, อังคนา สายยศ. 2531. หลักการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : ศึกษาพร.

วิเชียร เกตุสิงห์. 2543 การวิจัยเชิงปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช

วีระพจน์ ปรีพูล. 2544. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ทรานซิสเตอร์." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วันชัย ศศิสกุลพร. 2540. "การสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ไวพจน์ ศรีธัญ. 2546. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์วังอักษร

สรวงสุดา สายสีสด. 2544. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต วิชา ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุคนธ์ พุ่มศรี. 2544. วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์. 2526. , การสอนทักษะปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุนทร โคตรบรรเทา. 2535. เทคนิคการสอนครบวงจร. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุพิทย์ กาญจนพันธุ์. 2541. รวมศัพท์เทคโนโลยี และสื่อสารเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2536 โมดูล. โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.

Bobbert, Larry Clyde. 1973. "The Effects of Using Interactive Computer Simulated Laboratory Experiment College Chemistry Course." Dissertation Abstracts International. Vol.43, No.7:2300-A.

Mitchel E. Schultz. 1994. Electronic Devices. Western Wisconsin Technical College.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย

ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพของใบงานปฏิบัติการ

ภาคผนวก ง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างใบงานปฏิบัติการพร้อมเฉลย

ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งานโปรแกรม Pspice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

หนังสือราชการที่ใช้ประกอบการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ที่ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ รหัสประจำตัว 43064632 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การทดลองแบบจำลองสถานการณ์ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม Pspice (SIMULATION LABURATOR ON ELECTRONIC CIRCUIT ANALYSIS USING PSPICE)" โดยมี ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2546

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

(รองศาสตราจารย์ ร้อยเอก วีระเชษฐ์ ขันเงิน)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 0208

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 มกราคม 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ดร. มานพ แจ่มกระจ่าง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองแบบจำลองสถานการณ์ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม Pspice"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนายวีรพงษ์ พฤกษชาติ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รักษาการรองคณบดี
กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 0208

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 มกราคม 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผศ. สืบศักดิ์ พันธ์ไพโรจน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองแบบจำลองสถานการณ์ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม Pspice"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนายวีรพงษ์ พฤกษชาติ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รักษาการรองคณบดี
กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 0208

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 มกราคม 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายสมบูรณ์ เนียมกล่ำ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองแบบจำลองสถานการณ์ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม Pspice"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนายวีรพงษ์ พฤกษชาติ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รักษาการรองคณบดี
กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 0208

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 มกราคม 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายสมพร ผลประพฤติ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองแบบจำลองสถานการณ์ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม Pspice"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนายวีรพงษ์ พฤกษชาติ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รักษาการรองคณบดี
กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 0208

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 มกราคม 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายเจริญ ศรีแสง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองแบบจำลองสถานการณ์ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม Pspice"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนายวีรพงษ์ พฤกษชาติ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รักษาการรองคณบดี
กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04 / 4353

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๕ ตุลาคม 2547

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองสอนโดยใช้โปรแกรมและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคระยอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ

ด้วย นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรม Pspice" และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2546 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ ทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ดร.มานพ แจ่มกระจ่าง

   อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2. ผศ. สืบศักดิ์ พันธ์ไพโรจน์

   อาจารย์ประจำภาควิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3. นายสมบูรณ์ เนียมกล่ำ

   นักพัฒนาทรัพยากรบุคคล 8 ว. สำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา

4. นายสมพร ผลประพฤติ

   อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

5. นายเจริญ ศรีแสง

   อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพของใบงานปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านรูปแบบของใบงานปฏิบัติการ)
การปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

คำชี้แจง รูปแบบของใบงานปฏิบัติที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีคุณภาพอยู่ในระดับใด
โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน
คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ความเหมาะสมของการจัดรูปแบบใบงานปฏิบัติการ					
2. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
3. ความเหมาะสมของลำดับขั้นการทดลอง					
4. ความเข้าใจในคำอธิบายลำดับขั้นการทดลอง					
5. รูปแบบวงจรการทดลอง					
6. การวางรูปวงจรการทดลอง					
7. ความเหมาะสมของตารางบันทึกผลการทดลอง					
8. ความสะดวกในการบันทึกค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)

การปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

คำชี้แจง เนื้อหาของใบงานปฏิบัติการที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีคุณภาพอยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน

คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์					
2. ความสอดคล้องของการทดลองกับวัตถุประสงค์การสอน					
3. ความถูกต้องของเนื้อหาทฤษฎี					
4. ความเหมาะสมของการกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร					
5. ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทฤษฎีและการทดลอง					
6. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปวงจร ตารางหรือกราฟ กับความรู้ในการทดลอง					
7. หัวข้อการบันทึกผล ในตารางบันทึกผลเหมาะสมและถูกต้อง					
8. ความเหมาะสมและชัดเจนของคำถามท้ายการทดลอง					
9. ความสอดคล้องของคำถามกับวัตถุประสงค์					
10. ความสัมพันธ์ในการใช้งานร่วมกันระหว่างชุดทดลองและใบงานปฏิบัติการ					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(**)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

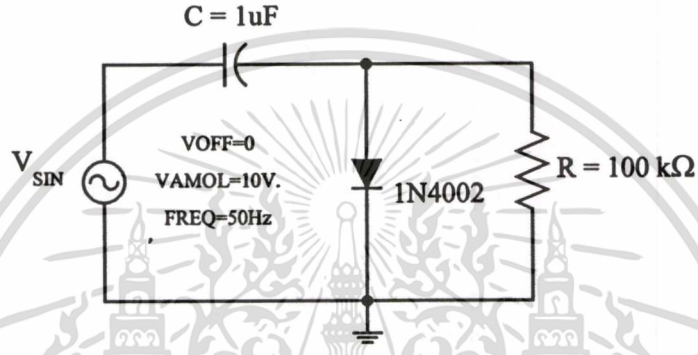
วิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

นักศึกษาชั้น ปวส. 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เวลา 3 ชั่วโมง

<u>ตอนที่ 1</u> การใช้งานไดโอดในวงจรปรับระดับสัญญาณ (Clamper Circuit)

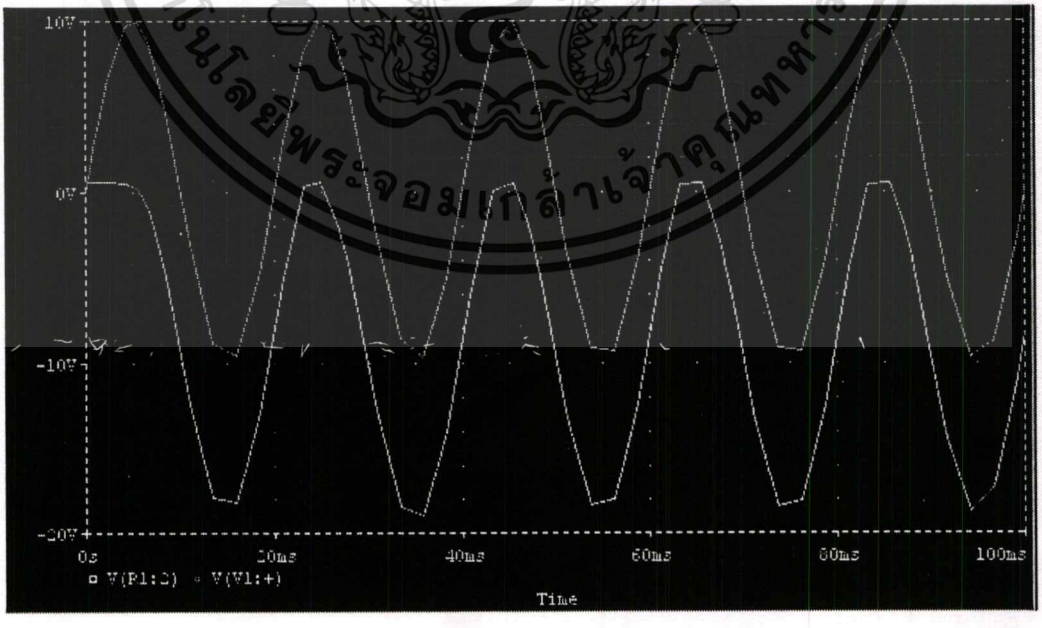
<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ

1.1 จงประกอบวงจรตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 1

1.2 ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต แล้วบันทึกผลลงตารางที่ 1



ตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 จากรูปคลื่นที่ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต (V_o) = ...-19....V.

1.4 จงอธิบายว่าเหตุใด รูปคลื่นทางด้านเอาต์พุตจึงมีลักษณะเป็นเช่นนั้น

.....

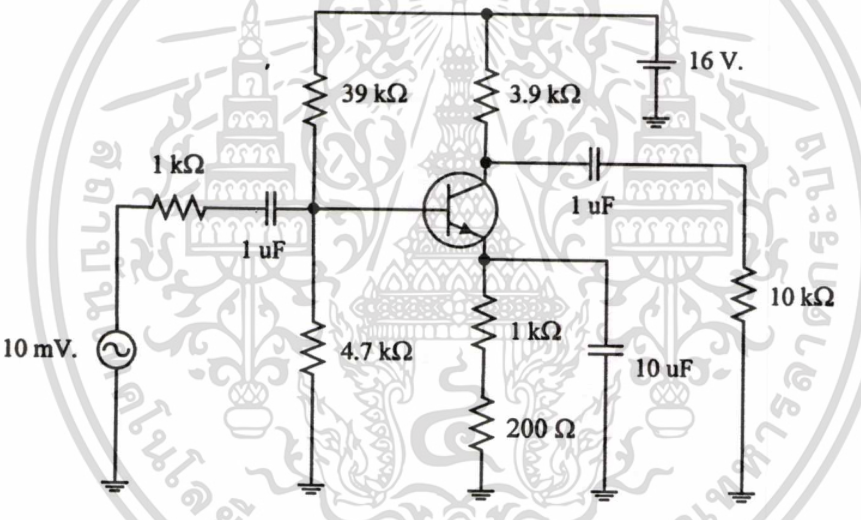
.....จากรูปเป็นวงจรปรับระดับสัญญาณ ซึ่งจะทำการปรับระดับสัญญาณให้มีค่าเป็นลบ โดยอาศัยหลักการทำงานของไดโอดและคาปาซิเตอร์ คือเมื่อไดโอดได้รับไบอัสตรงแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ($V_o = 0$) และเมื่อไดโอดได้รับไบอัสกลับแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับ –2เท่าของแรงดันที่ป้อนให้ ($V_o = -2\ V_m$)

.....

<u>ตอนที่ 2</u> วงจรขยายทรานซิสเตอร์

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบมีทั้งหมด 7 ข้อ

2.1 จงประกอบวงจรทรานซิสเตอร์ตามรูปที่ 2 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 2

2.2 จากวงจรให้วัดค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

กระแส I_B = ...13.66.....μA.

กระแส I_C = ...2.36.....mA.

แรงดัน V_{BE} = ...0.64.....V.

แรงดัน V_{CE} = ...11.52....V.

แรงดัน V_B = ...1.69.....V.

แรงดัน V_C = ...12.57.....V.

แรงดัน V_E = ...1.05.....V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

กระแส I_B = ...4.15.....μA.

กระแส I_C = ...0.83.....mA.

แรงดัน V_{BE} = ...0.7.....V.

แรงดัน V_{CE} = ...11.77...V.

แรงดัน V_B = ...1.72....V.

แรงดัน V_C = ...12.77...V.

แรงดัน V_E = ...1.....V.

2.4 คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

Z_i = ...2.5 .....kΩ

Z_o = ...3.9.....kΩ

2.5 ใช้โปรแกรม Probe วัดวัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร แล้วบันทึกผลลงตารางที่ 2



ตารางที่ 2

2.6 จากรูปสัญญาณที่วัดได้

V_{in} = ...10.....mV.

V_{out} = ...125.....mV.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้

.....

.....สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีขนาดใหญ่กว่าสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้า และมีการกลับเฟส กัน 180 องศา ระหว่างสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต.....

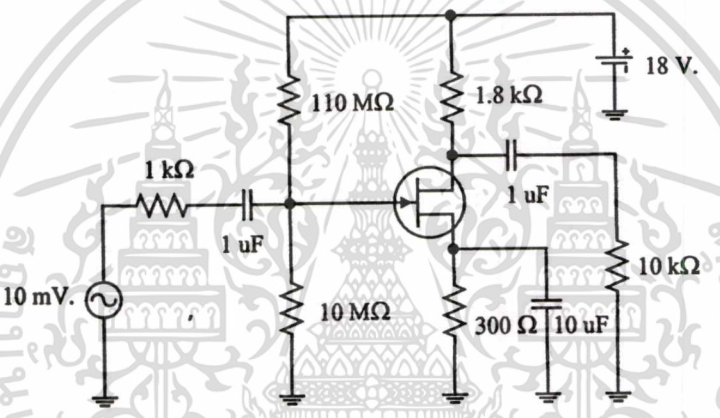
.....

.....;.....

<u>ตอนที่ 3</u> วงจรขยายเฟต

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบมีทั้งหมด 7 ข้อ

3.1 จงประกอบวงจรตามรูปที่ 3 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 3

3.2 จากวงจรให้วัดค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

กระแส I_G = ...0.....A.

กระแส I_D = ...7.18.....mA.

แรงดัน V_{GS} = ...-0.65.....V.

แรงดัน V_{DS} = ...2.92.....V.

แรงดัน V_G = ...1.5.....V.

แรงดัน V_D = ...5.07.....V.

แรงดัน V_S = ...2.1.....V.

3.3 คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

กระแส I_G = ...0.....A.

กระแส I_D = ...7.5.....mA.

แรงดัน V_{GS} = ...-1.2.....V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดัน V_{DS} = ...2.25.....V.

แรงดัน V_G = ...1.49.....V.

แรงดัน V_D = ...4.5.....V.

แรงดัน V_S = ...2.25.....V.

3.4 คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

Z_i = ...9.16.....MΩ

Z_o = ...1.8.....kΩ

3.5 ใช้โปรแกรม Probe วัดวัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร แล้วบันทึกผลลงตารางที่ 3



ตารางที่ 3

3.6 จากรูปสัญญาณที่วัดได้

V_{in} = ...10.....mV.

V_{out} = ...60.....mV.

3.7 จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณระหว่างอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้

.....

.....สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีขนาดใหญ่กว่าสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้า และมีการกลับเฟสกัน 180 องศา ระหว่างสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต.....

.....

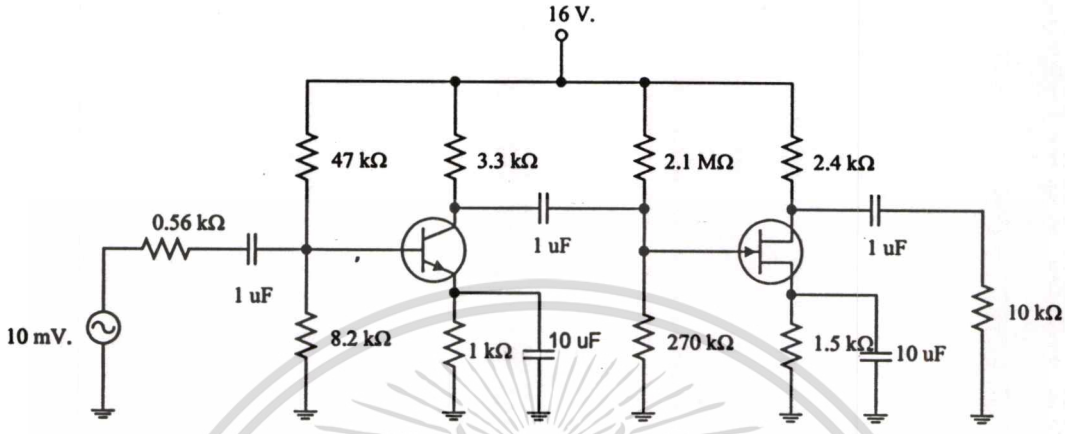
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตอนที่ 4</u> วงจรขยายหลายภาค

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ

4.1 จงประกอบวงจรตามรูปที่ 4 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 4

4.2 คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรดังนี้

Z_{i1} = ...2.15.....kΩ

Z_{o1} = ...3.3.....kΩ

Z_{i2} = ...239.24.....kΩ

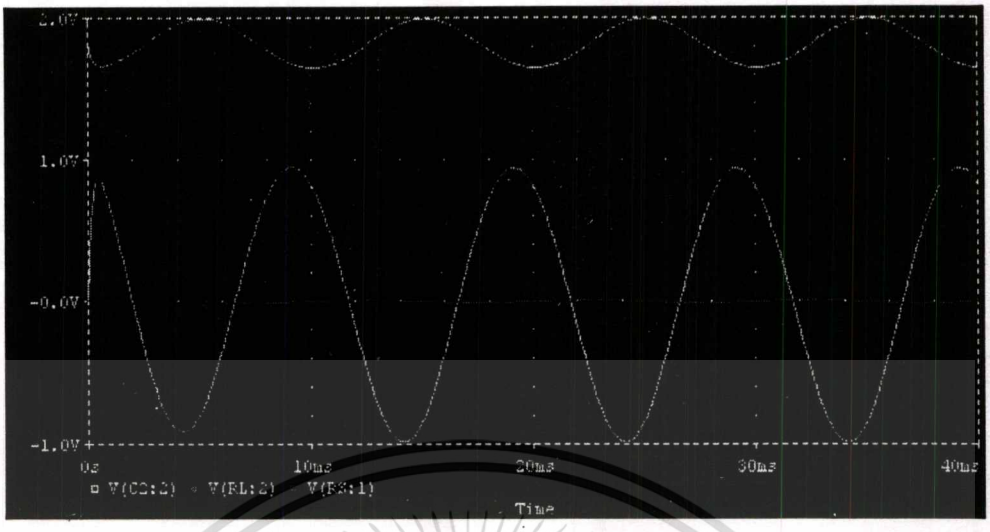
Z_{o2} = ...2.4.....kΩ

Z_{it} = ...2.15.....kΩ

Z_{ot} = ...2.4.....kΩ

4.3 ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรทั้ง 2 สเตจ แล้วบันทึกลงตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 3

4.4 จากรูปสัญญาณที่ได้

ค่าแรงดันอินพุตมีค่าเท่ากับ.....10.....mV.

ค่าแรงดันเอาต์พุตสเตจที่ 1 มีค่าเท่ากับ.....350.....mV.

ค่าแรงดันเอาต์พุตสเตจที่ 2 มีค่าเท่ากับ.....900.....mV.

4.5 จงเปรียบเทียบรูปสัญญาณระหว่างอินพุตและเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองและอธิบายหลักการทำงานของวงจร

.....

.....สัญญาณเอาต์พุตของวงจรที่ได้จะมีขนาดใหญ่กว่าสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้า และมีเฟสตรงกัน ระหว่างสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร ซึ่งเอาต์พุตของสเตจที่ 1 จะเป็นอินพุตของสเตจที่ 2 โดยเอาต์พุตของสเตจที่ 1 จะถูกสัญญาณไฟกระแสตรงยกขึ้นไปข้างบนดังรูป

.....

.....

.....

.....

.....

#####################################

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาระดับ ปวส.1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง

<u>คำชี้แจง</u> โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตุของท่านโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

คุณลักษณะที่ต้องการวัด	น้ำหนักคะแนน	คะแนน		
		2	1	0
1. การปฏิบัติงาน				
1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	.....	.....	.....
1.2 กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	.....	.....	.....
1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	.....	.....	.....
1.4 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	....	.....	.....
1.5 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	2	.....	.....	.....
1.6 ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	.....	.....	.....
รวมคะแนน	18			
2. ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6 คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.8 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.9 ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.10 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.11 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	26			
คะแนนรวม	44			
คะแนนรวมทั้งหมด	44			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

1. การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดไม่เกิด 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิดไม่เกิด 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิดเกินกว่า 2 ค่า

1.3 กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัดผิดไม่เกิด 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัดผิดเกินกว่า 2 จุด

1.4 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ

2 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดกระแสจุดต่างๆ ในวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดกระแสจุดต่างๆ ในวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดกระแสจุดต่างๆ ในวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.5 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ

2 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.6 ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณของวงจร

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอดผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอดผิดเกินกว่า 2 จุด

1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลงาน

2.1 ต่อวงจรถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตผิด ไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตผิดเกิน 2 ค่า

2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสจุดต่างๆ ที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสจุดต่างๆ ที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสจุดต่างๆ ที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันจุดต่างๆ ที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันจุดต่างๆ ที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันจุดต่างๆ ที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.5 คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ คำนวณค่ากระแสจุดต่างๆ ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ คำนวณค่ากระแสจุดต่างๆ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ คำนวณค่ากระแสจุดต่างๆ ผิดเกิน 2 ค่า

2.6 คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดันจุดต่างๆ ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดันจุดต่างๆ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดันจุดต่างๆ ผิดเกิน 2 ค่า

2.7 คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตผิดเกิน 2 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดเกิน 2 จุด

2.9 ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.10 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตผิดเกิน 2 จุด

2.11 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 1 แสดงคะแนนที่ได้จากการทดสอบระหว่างการทดลอง เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

คนที่	ใบงานปฏิบัติการที่ (คะแนนเต็ม)											
	1 (36)	2 (36)	3 (26)	4.1 (32)	4.2 (30)	5 (42)	6 (26)	7.1 (32)	7.2 (30)	8 (42)	9 (30)	10 (32)
1	30	36	26	30	23	32	22	20	24	29	26	27
2	30	36	26	27	27	38	26	26	28	35	27	28
3	33	36	25	24	24	30	26	24	24	34	27	28
4	33	36	26	30	30	42	26	24	30	35	27	28
5	29	36	26	29	24	35	26	24	24	30	27	27
6	31	34	26	30	30	38	26	21	24	34	27	27
7	29	34	24	25	27	35	23	23	27	33	26	28
8	33	36	26	31	30	42	22	22	27	35	27	28
9	25	34	22	29	24	36	20	25	24	29	24	27
10	33	36	25	32	24	33	22	24	24	33	25	27
11	28	33	23	25	24	36	26	21	22	28	24	27
12	34	33	26	32	25	38	22	30	27	39	27	29
13	36	36	26	32	28	42	22	27	27	41	25	29
14	30	34	26	32	28	35	23	24	27	29	30	28
15	33	34	26	27	30	39	23	25	25	30	27	26
16	35	30	26	27	25	36	23	29	27	30	27	26
17	30	36	26	28	25	39	23	29	30	42	27	26
18	36	36	26	28	30	36	26	30	27	34	30	28
19	35	34	26	28	30	42	26	29	25	33	26	27
20	36	36	26	28	30	42	20	29	30	39	26	29
รวม	639	696	509	574	538	746	473	506	523	672	532	550
เฉลี่ย	31.95	34.8	25.45	28.7	26.9	37.3	23.65	25.3	26.15	33.6	26.6	27.5
เฉลี่ยร้อยละ	88.75	96.67	97.88	89.69	89.67	88.81	90.96	79.06	87.17	80	88.67	85.94
เฉลี่ยทั้งหมด	$E_1 = 88.6$											

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 2 แสดงคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังการทดลอง เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice

คนที่	คะแนนสอบหลังการทดลอง 44 คะแนน
1	34
2	35
3	40
4	34
5	35
6	38
7	35
8	38
9	38
10	37
11	39
12	30
13	34
14	32
15	37
16	37
17	36
18	29
19	39
20	39
รวม	716
เฉลี่ย	35.8
เฉลี่ยร้อยละ	81.36
เฉลี่ยร้อยละทั้งหมด	$E_2 = 81.36$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 3 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	0	1	1	4	0.8
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 4 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ จ 5 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของทรานซิสเตอร์

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 6 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ จ 7 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 8 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการออกแบบวงจรขยายทรานซิสเตอร์

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ จ 9 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของเฟต

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 10 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสเฟต

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ จ 11 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของเฟต

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 12 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการออกแบบวงจรขยายเฟต

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ จ 13 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องวงจรขยายสัญญาณหลายภาค

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 14 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องวงจรขยายแบบเนกตีฟฟีดแบคและวงจรขยายกำลัง

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 15 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ) วิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

แบบทดสอบ		ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
ตอนที่	ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1.1	1	1	1	1	1	5	1
	1.2	1	1	1	1	1	5	1
	1.3	1	1	1	1	1	5	1
	1.4	1	1	1	1	1	5	1
2	2.1	1	1	1	1	1	5	1
	2.2	1	1	1	1	1	5	1
	2.3	1	1	1	1	1	5	1
	2.4	1	1	1	1	1	5	1
	2.5	1	1	1	1	1	5	1
	2.6	1	1	1	1	1	5	1
	2.7	1	1	1	1	1	5	1
3	3.1	1	1	1	1	1	5	1
	3.2	1	1	1	1	1	5	1
	3.3	1	1	1	1	1	5	1
	3.4	1	1	1	1	1	5	1
	3.5	1	1	1	1	1	5	1
	3.6	1	1	1	1	1	5	1
	3.7	1	1	1	1	1	5	1
4	4.1	1	1	1	1	1	5	1
	4.2	1	1	1	1	1	5	1
	4.3	1	1	1	1	1	5	1
	4.4	1	1	1	1	1	5	1
	4.5	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 16 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	0	1	1	4	0.8
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปกราฟคุณลักษณะของไดโอดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 17 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดกวรวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปคลื่นได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปคลื่นเอาต์พุตได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปคลื่นเอาต์พุตวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปคลื่นเอาต์พุตวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 18 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของทรานซิสเตอร์

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของทรานซิสเตอร์	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปกราฟคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
อธิบายคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 19 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 20 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 21 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการออกแบบวงจรขยายทรานซิสเตอร์

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณของวงจร	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่าความต้านทานถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 22 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของเฟต

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของเฟต	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ได้รูปกราฟคุณลักษณะของเฟตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
อธิบายคุณสมบัติของเฟตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 23 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสเฟต

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 24 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของเฟต

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 25 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการออกแบบวงจรขยายเฟต

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณของวงจร	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่าความต้านทานถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 26 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณหลายภาค

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 27 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายแบบเนกตีฟฟีดแบคและวงจรขยายกำลัง

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุต เอาต์พุตและสัญญาณป้อนกลับของวงจร	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณอินพุต เอาต์พุตและสัญญาณป้อนกลับถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุต เอาต์พุตและสัญญาณป้อนกลับถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณหาค่าอัตราขยายทางด้านแรงดันถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณ อินพุต เอาต์พุต และสัญญาณป้อนกลับได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 28 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณของวงจร	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 29 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
4.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอด	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
6.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
7.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
8.ประกอบวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
9.รูปกราฟคุณลักษณะของไดโอดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10.ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11.ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12.คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
13.คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
14.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 30 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
4.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปคลื่นได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปคลื่นเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
6.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
7.ต่อวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
8.ต่อวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
9.รูปคลื่นเอาต์พุตวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10.รูปคลื่นเอาต์พุตวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11.คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12.คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
13.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 31 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของทรานซิสเตอร์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาครูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
4.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของทรานซิสเตอร์	2	1	1	1	1	1	5	1
5.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
6.ต่อวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
7.วาครูปกราฟคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
8.อธิบายคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 32 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	1	1	1	1	1	5	1
4.ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
6.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
7.ต่อวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
8.ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9.ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10.คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11.คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 33 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
4.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
6.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
7.ต่อวงจรถูกต้อง		1	1	1	1	1	5	1
8.รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9.ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10.เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 34 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการออกแบบวงจรขยายทรานซิสเตอร์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematic	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
4.ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
6.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
7.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
8.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
9.คำนวณค่าความต้านทานถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
10.ต่อวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
11.ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12.ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
13.รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
14.ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
15.เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
16.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 35 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของเฟต

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
4.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของเฟต	2	1	1	1	1	1	5	1
5.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
6.ต่อวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
7.วาดรูปกราฟคุณลักษณะของเฟตได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
8.อธิบายคุณสมบัติของเฟตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 36 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการวิเคราะห์วงจรไบอัสเฟต

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
4.ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
6.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
7.ต่อวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
8.ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9.ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10.คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11.คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 37 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กของเฟต

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	1	1	1	1	1	5	1
4.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณ	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
6.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
7.ต่อวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
8.รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9.ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10.เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 38 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการออกแบบวงจรขยายเฟต

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
4.ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้เครื่องมือวัดของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
6.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
7.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
8.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
9.คำนวณค่าความต้านทานถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
10.ต่อวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
11.ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12.ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
13.รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
14.ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
15.เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
16.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 39 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณหลายภาค

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	1	1	1	1	1	5	1
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	1	1	1	1	1	5	1
4.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณ	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
6.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
7.ต่อวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
8.รูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9.ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10.เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 40 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายแบบเนกตีฟฟีดแบคและวงจรขยายกำลัง

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	1	1	1	1	1	5	1
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	2	1	1	1	1	1	5	1
4.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปสัญญาณ	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณอินพุต เอาต์พุตและสัญญาณป้อนกลับของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
6.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
7.ต่อวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
8.รูปสัญญาณอินพุต เอาต์พุตและสัญญาณป้อนกลับถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9.ค่าแรงดันอินพุต เอาต์พุตและสัญญาณป้อนกลับถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10.คำนวณหาค่าอัตราขยายทางด้านแรงดันถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11.เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุต เอาต์พุตและสัญญาณป้อนกลับได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12.แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ41 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตุพฤติกรรมทั่วไป แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1.วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematic	4	0	1	1	1	1	4	0.8
2.กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3.กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	1	1	1	1	1	5	1
4.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5.ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
6.ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
7.เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	1	1	1	1	1	5	1
8.ต่อวงจรถูกต้อง	4	0	1	1	1	1	4	0.8
9.ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10.ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11.ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12.คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	2	1	0	1	1	1	4	0.8
13.คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	2	1	0	1	1	1	4	0.8
14.คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	1	0	1	1	1	4	0.8
15.รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
16. ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
17.เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
18.การแปลความหมายผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ42 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 1

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	8	5	13	0.65	0.3
2	7	5	12	0.6	0.2
3	7	5	12	0.6	0.2
4	8	4	12	0.6	0.4
5	5	2	7	0.35	0.3
6	9	7	16	0.8	0.2
7	9	7	16	0.8	0.2
8	7	4	11	0.55	0.3
9	9	7	16	0.8	0.2
10	9	7	16	0.8	0.2

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 8.09

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ43 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 2

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	9	7	16	0.8	0.2
2	9	7	16	0.8	0.2
3	9	7	16	0.8	0.2
4	8	6	14	0.7	0.2
5	9	6	15	0.75	0.3
6	8	5	13	0.65	0.3
7	8	4	12	0.6	0.4
8	7	4	11	0.55	0.3
9	7	5	12	0.6	0.2
10	6	3	9	0.45	0.3

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 9.69

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ44 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 3

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	8	6	14	0.7	0.2
2	6	4	10	0.5	0.2
3	6	4	10	0.5	0.2
4	7	5	12	0.6	0.2
5	8	6	14	0.7	0.2

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 16.45

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.88

ตารางที่ จ45 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 4.1

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	9	6	15	0.75	0.3
2	8	5	13	0.65	0.3
3	8	6	14	0.7	0.2
4	8	5	13	0.65	0.3
5	8	6	14	0.7	0.2
6	8	6	14	0.7	0.2
7	8	5	13	0.65	0.3

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 9.6

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ46 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 4.2

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	8	6	14	0.7	0.2
2	8	6	14	0.7	0.2
3	8	6	14	0.7	0.2
4	8	5	13	0.65	0.3
5	6	4	10	0.5	0.2

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 14.89

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.88

ตารางที่ จ47 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 5

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	8	6	14	0.7	0.2
2	8	6	14	0.7	0.2
3	7	5	12	0.6	0.2
4	7	5	12	0.6	0.2
5	7	5	12	0.6	0.2
6	7	5	12	0.6	0.2
7	6	4	10	0.5	0.2

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 13.81

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ48 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 6

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	9	5	14	0.7	0.4
2	9	5	14	0.7	0.4
3	9	5	14	0.7	0.4
4	8	5	13	0.65	0.3
5	8	4	12	0.6	0.4
6	8	6	14	0.7	0.2

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 15.46

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.89

ตารางที่ จ49 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 7.1

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	8	6	14	0.7	0.2
2	7	5	12	0.6	0.2
3	7	5	12	0.6	0.2
4	6	3	9	0.45	0.3
5	8	4	12	0.6	0.4
6	7	5	12	0.6	0.2
7	6	4	10	0.5	0.2

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 11.29

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ50 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 7.2

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	8	6	14	0.7	0.2
2	7	5	12	0.6	0.2
3	6	4	10	0.5	0.2
4	8	5	13	0.65	0.3
5	7	5	12	0.6	0.2

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 14.97

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.89

ตารางที่ จ51 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 8

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	8	5	13	0.65	0.3
2	8	5	13	0.65	0.3
3	6	4	10	0.5	0.2
4	6	3	9	0.45	0.3
5	6	2	8	0.4	0.4
6	5	1	6	0.3	0.4
7	9	6	15	0.75	0.3

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 13.92

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ52 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 9

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	7	5	12	0.6	0.2
2	7	4	11	0.55	0.3
3	7	4	11	0.55	0.3
4	6	4	10	0.5	0.2
5	8	5	13	0.65	0.3

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 16.43

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.87

ตารางที่ จ53 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบฝึกหัดใบงานปฏิบัติการที่ 10

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1	9	6	15	0.75	0.3
2	8	6	14	0.7	0.2
3	8	6	14	0.7	0.2
4	7	5	12	0.6	0.2
5	9	5	14	0.7	0.4
6	6	3	9	0.45	0.3
7	7	3	10	0.5	0.4
8	8	5	13	0.65	0.3

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 8.32

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ54 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (rtt) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (RU)	กลุ่มอ่อน(RL)	R=RU+RL	P=R/N	r
1.1	9	5	14	0.7	0.4
1.2	7	5	12	0.6	0.2
1.3	8	5	13	0.65	0.3
1.4	7	4	11	0.55	0.3
2.1	9	7	16	0.8	0.2
2.2	9	7	16	0.8	0.2
2.3	7	3	10	0.5	0.4
2.4	6	4	10	0.5	0.2
2.5	9	6	15	0.75	0.3
2.6	7	5	12	0.6	0.2
2.7	8	5	13	0.65	0.3
3.1	9	4	13	0.65	0.5
3.2	9	4	13	0.65	0.5
3.3	5	1	6	0.3	0.4
3.4	6	1	7	0.35	0.5
3.5	8	4	12	0.6	0.4
3.6	8	4	12	0.6	0.4
3.7	8	4	12	0.6	0.4
4.1	6	4	10	0.5	0.2
4.2	8	3	11	0.55	0.5
4.3	6	4	10	0.5	0.2
4.4	5	3	8	0.4	0.2
4.5	4	2	6	0.3	0.2

ค่าความแปรปรวน (S_t^2) = 53.35

จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างใบงานปฏิบัติการพร้อมเฉลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1:30 ชั่วโมง

จุดประสงค์ นักศึกษาสามารถ

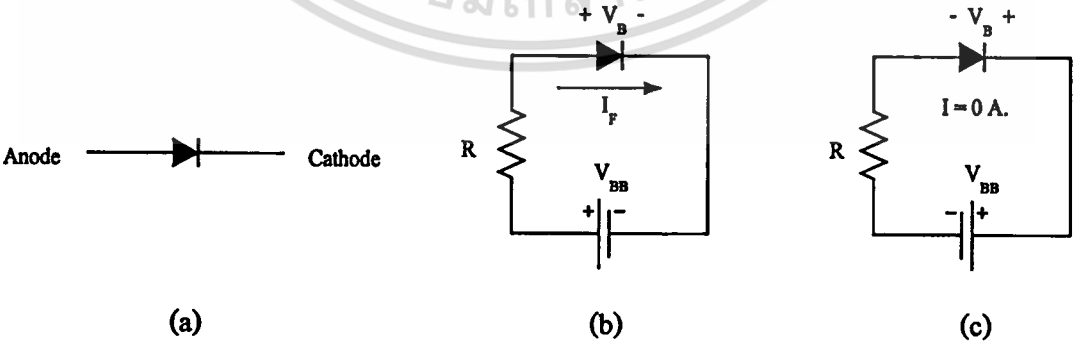
1. ประกอบวงจรไดโอดเพื่อหาคุณสมบัติและใช้งานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้
2. เขียนกราฟแสดงคุณสมบัติของไดโอดได้
3. วัดหาค่ากระแสและแรงดันที่จุดต่างๆ ในวงจรได้
4. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันที่จุดต่างๆ ในวงจรได้

เนื้อเรื่อง

ไดโอด (Diode)

ไดโอด คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีโครงสร้างมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็น มี 1 รอยต่อ ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply) ไดโอด ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงนี้ จำเป็นต้องมีเพื่อจ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบต่าง ๆ

สัญลักษณ์ของไดโอด (Diode Symbol) สัญลักษณ์ของไดโอดโดยทั่วไป ประกอบด้วยหัวลูกศรเป็นขั้วแอโนด (Anode) และอีกด้านหนึ่งเป็นขั้วแคโทด (Cathode) หัวลูกศรนั้นแสดงให้เห็นว่ากระแส (Hole) จะไหลจากขั้วแอโนดไปสู่แคโทด (ไหลจากสารพีไปยังสารเอ็นในสภาวะได้รับไบอัสตรง) ดังแสดงในรูปที่ 1 (a)



รูปที่ 1 แสดงสัญลักษณ์ของไดโอดและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อไดโอดได้รับไบอัสตรงและแสดง แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะได้รับไบอัสตรงและไบอัสกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

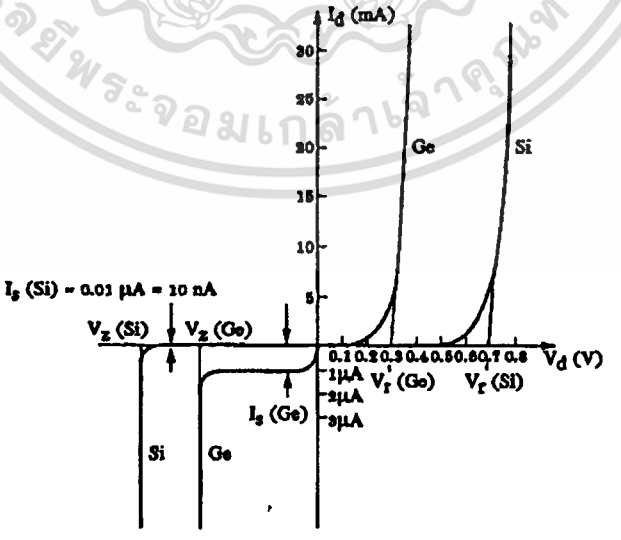
หน่วยที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1:30 ชั่วโมง

จากรูปที่ 1 (b) เมื่อไดโอดได้รับไบอัสตรง โดยต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า (V_{BB}) กับขั้วแอโนดและต่อขั้วลบกับขั้วแคโทดจะเกิดกระแส (I_F) ไหลผ่านไดโอดได้ และแรงดันตกคร่อมไดโอดจะเท่ากับ V_B (0.3 V. สำหรับ Ge และ 0.7 V. สำหรับ Si)

จากรูปที่ 1 (c) เมื่อไดโอดได้รับไบอัสกลับ โดยต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า (V_{BB}) กับขั้วแคโทดและต่อขั้วลบกับขั้วแอโนด จะเกิดกระแสรั่วไหลผ่านไดโอดซึ่งมีจำนวนน้อยมากและอาจละทิ้งได้ ดังนั้น เมื่อไดโอดได้รับกลับจะประมาณได้ว่าไม่มีกระแสไหลผ่าน ($I \cong 0A$) และแรงดันตกคร่อมไดโอดจะเท่ากับแรงดันของ แหล่งจ่าย (V_{BB})

ลักษณะสมบัติของไดโอด (Characteristic of Diode)

ความต้านทานของไดโอดจะขึ้นอยู่กับแรงดันไบอัสและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงถือว่าไดโอดเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ให้คุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น ลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสจะเป็นตัวที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านไดโอด (I_d) กับค่าแรงดันที่ตกคร่อมไดโอด (V_d) ทั้งในการให้ไบอัสแบบตรงและแบบกลับ ค่าของแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดจะมีค่าเป็นบวกเมื่อมีการให้ไบอัสแบบตรง และแรงดันตกคร่อมไดโอดมีค่าเป็นลบเมื่อมีการให้ไบอัสแบบกลับ ดังแสดงในกราฟคุณสมบัติของไดโอดในรูปที่ 2



รูปที่ 2 คุณสมบัติของไดโอดเมื่อมีการให้ไบอัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1:30 ชั่วโมง

ลักษณะสมบัติทางด้านไบอัสตรงของไดโอด จะเริ่มมีกระแสไหลผ่านตัวไดโอด เมื่อมีแรงดันจ่ายให้กับไดโอดค่าหนึ่ง แรงดันนี้คือค่าแรงดันที่เราเรียกว่า "แรงดันคัตอิน" (Cut-in Voltage) ในไดโอดชนิดซิลิคอนมีค่าแรงดันคัตอินเท่ากับ 0.7 โวลต์ ส่วนไดโอดชนิดเจอร์เมเนียมมีค่าแรงดันคัตอินเท่ากับ 0.3 โวลต์

เส้นกราฟทางด้านไบอัสกลับเกือบจะทับกับแกน $-V_d$ เพราะว่ายังมีกระแสไหลอยู่ได้บ้าง แต่มีค่าที่น้อยมาก กระแสส่วนนี้เราเรียกว่า "กระแสอิ่มตัวย้อนกลับ" (Reverse Saturation Current) และเมื่อเพิ่มแรงดันไบอัสกลับ จะเกิดลักษณะพิเศษบางอย่างขึ้น คือ จะมีกระแสไหลได้มาก โดยที่แรงดันตกคร่อมไดโอดไม่เปลี่ยนแปลง และจะทำให้หัวต่อพีเอ็นของไดโอดช็อตถึงกัน จึงเรียกแรงดันนี้ว่า "แรงดันพังทลาย" (Breakdown Voltage) ดังนั้น ในการใช้งานถ้าแรงดันไบอัสกลับมีค่าเกินกว่าแรงดันพัง (V_z) จะเป็นอันตรายต่อตัวไดโอดได้ เนื่องจากไดโอดชนิดหัวต่อพีเอ็นแบ่งออกตามสารที่สร้างไดโอดได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดเจอร์เมเนียมและชนิดซิลิคอน ดังนั้น ลักษณะสมบัติทางแรงดันตกคร่อมไดโอดและกระแสไหลผ่านไดโอดทั้งสองชนิดจึงมีค่าที่แตกต่างกันออกไป ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นกราฟการเปรียบเทียบลักษณะสมบัติของไดโอดทั้งสองชนิด

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC หรือ เทียบเท่า 1 เครื่อง
   - มีโปรแกรม Pspice อยู่ในฮาร์ดดิสก์เรียบร้อย
2. คู่มือการใช้งาน 1 เล่ม
3. เครื่องคำนวณ 1 เครื่อง

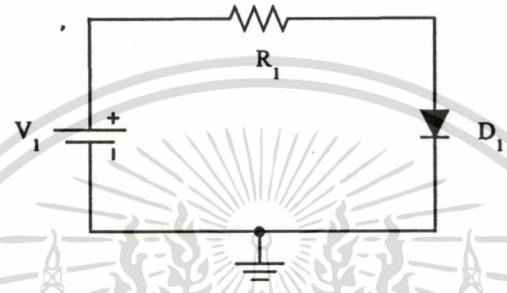
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1:30 ชั่วโมง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. การศึกษาหาคุณสมบัติของไดโอด

1.1 ประกอบวงจรตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics

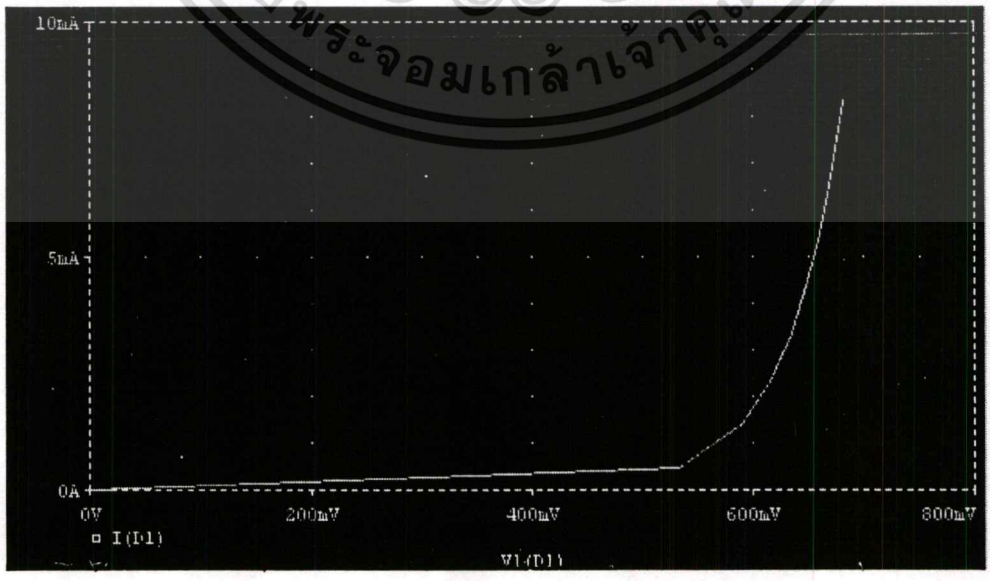


รูปที่ 1

1.2 ทำการตั้งค่าให้ $V_1 = 9$ V., $D_1 = 1N4002$ และ $R_1 = 1k\Omega$

1.3 กำหนดการวิเคราะห์แบบ DC Sweep โดยให้ Main Sweep(V_1) มี Start Value = 0 , End Value = 9 , Increment = 1

1.4 ทำการ Simulate โดยใช้โปรแกรม Probe ทำการพล็อตกราฟ I_D (D_1) เทียบกับ V_D (D_1) แล้ววาดรูปลงตารางกราฟที่ 1



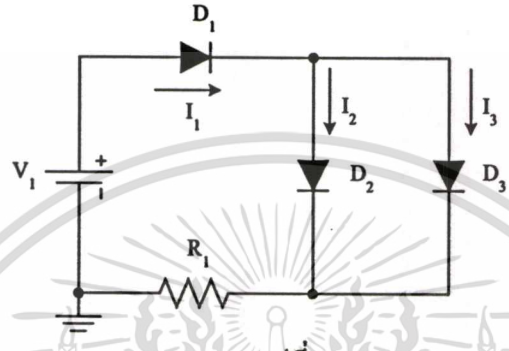
ตารางกราฟที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1:30 ชั่วโมง

2. การใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

2.1 ประกอบวงจรตามรูปที่ 2 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 2

2.2 กำหนดค่า D_1 ,D_2 ,D_3 = 1N4002 , V_1 = 10 V. , R_1 = 500 Ω

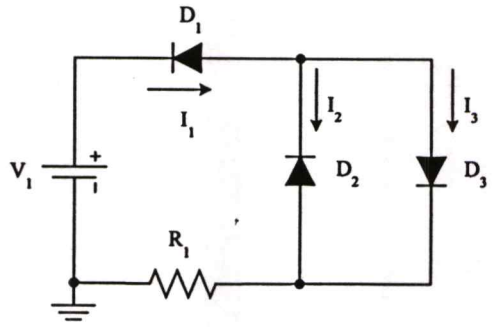
2.3 ใช้ VIEWPOINT วัดค่าแรงดัน และ IPROBE วัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ ในวงจรตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

2.4 คำนวณหาค่าแรงดันและกระแสเปรียบเทียบกับการวัด แล้วบันทึกผลลงตารางที่ 1

	V_{D1}(V)	V_{D2}(V)	V_{D3}(V)	I_1(mA)	I_2(mA)	I_3(mA)	V_{R1}(V)
ค่าที่วัดได้	0.72	0.69	0.69	17.19	8.59	8.59	8.59
ค่าที่คำนวณ	0.7	0.7	0.7	17.2	8.6	8.6	8.6

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

2.5 จากวงจรตามรูปที่ 2 ให้กลับขั้ว D_1 และ D_2 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1:30 ชั่วโมง

2.6 ทำการทดลองเหมือนข้อ 2.3 และ 2.4 แล้วบันทึกผลการทดลองลงตารางที่ 2

	V_{D1}(V)	V_{D2}(V)	V_{D3}(V)	I_1(mA)	I_2(mA)	I_3(mA)	V_{R1}(V)
ค่าที่วัดได้	10	0	0	0	0	0	0
ค่าที่คำนวณ	10	0	0	0	0	0	0

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

สรุปผลการทดลอง

.....

.....จากการทดลองจะพบว่าเมื่อไดโอดได้รับไบอัสตรงจะมีกระแสไหลผ่านตัวไดโอดและมีแรงดันตกคร่อม 0.7 โวลต์ แต่เมื่อไดโอดได้รับไบอัสกลับจะไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด แรงดันตกคร่อมจะมีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายที่ป้อนให้.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

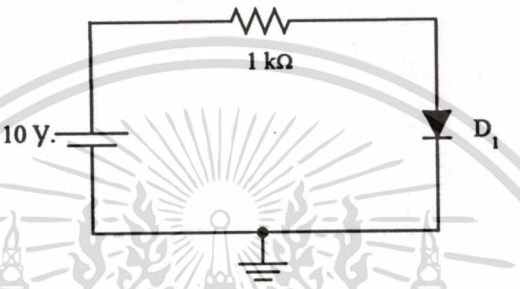
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1:30 ชั่วโมง

แบบฝึกหัด

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ เวลา 40 นาที

1. จงประกอบวงจรตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 1

2. ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟคุณลักษณะของไดโอด
3. บันทึกรูปกราฟคุณสมบัติ



4. ขณะที่ปรับค่าแรงดันให้เพิ่มขึ้นจาก 0-10 โวลท์ แรงดันตกคร่อมไดโอด (V_D) มีค่าเท่ากับ.....0.7.....V.
5. จากรูปที่ 1 เมื่อป้อนแรงดันเป็นลบให้วงจร

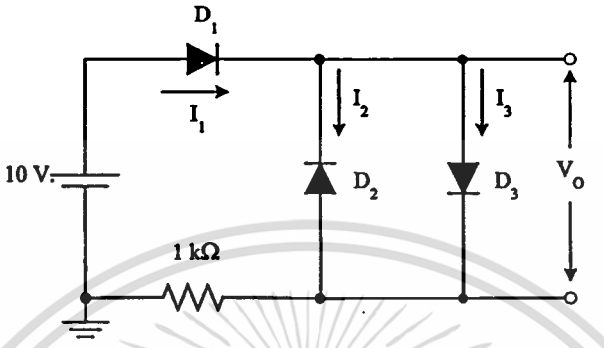
   กระแส I_D มีค่าเท่ากับ.....0.....A.

   แรงดัน V_D มีค่าเท่ากับ.....-10.....V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1:30 ชั่วโมง

6. ประกอบวงจรตามรูปที่ 2



รูปที่ 2

7. วัดค่าแรงดันต่อไปนี้

แรงดัน V_{D1} มีค่าเท่ากับ.....0.69.....V.

แรงดัน V_{D2} มีค่าเท่ากับ.....0.69.....V.

แรงดัน V_{D3} มีค่าเท่ากับ.....0.69.....V.

แรงดัน V_R มีค่าเท่ากับ.....8.63.....V.

แรงดัน V_O มีค่าเท่ากับ.....0.69.....V.

8. วัดค่ากระแสต่อไปนี้

กระแส I_1 มีค่าเท่ากับ.....8.6.....mA.

กระแส I_2 มีค่าเท่ากับ.....0.....A.

กระแส I_3 มีค่าเท่ากับ.....8.6.....mA.

9. คำนวณค่าแรงดันต่อไปนี้

แรงดัน V_{D1} มีค่าเท่ากับ.....0.7.....V.

แรงดัน V_{D2} มีค่าเท่ากับ.....0.7.....V.

แรงดัน V_{D3} มีค่าเท่ากับ.....0.7.....V.

แรงดัน V_R มีค่าเท่ากับ.....8.6.....V.

แรงดัน V_O มีค่าเท่ากับ.....0.7.....V.

10. คำนวณค่ากระแสต่อไปนี้

กระแส I_1 มีค่าเท่ากับ.....8.6.....mA.

กระแส I_2 มีค่าเท่ากับ.....0.....A.

กระแส I_3 มีค่าเท่ากับ.....8.6.....mA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ

เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาระดับ ปวส.1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตุของท่านโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

คุณลักษณะที่ต้องการวัด	น้ำหนักคะแนน	คะแนน		
		2	1	0
1. การปฏิบัติงาน				
1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	.....	.....	.....
1.2 กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	.....	.....	.....
1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	.....	.....	.....
1.4 ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอด	2	.....	.....	.....
1.5 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	.....	.....	.....
1.6 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	.....	.....	.....
รวมคะแนน	18			
2. ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ได้กราฟคุณลักษณะของไดโอดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6 คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	18			
คะแนนรวม	36			
คะแนนรวมทั้งหมด	36			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

1. การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิดเกินกว่า 2 ค่า

1.3 กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัดผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัดผิดเกินกว่า 2 จุด

1.4 ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอด

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอดผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปกราฟของไดโอดผิดเกินกว่า 2 จุด

1.5 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ

2 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดกระแสจุดต่างๆ ในวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดกระแสจุดต่างๆ ในวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดกระแสจุดต่างๆ ในวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.6 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ

2 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดแรงดันจุดต่างๆ ในวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลงาน

2.1 ต่อวงจรถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 วาดรูปกราฟคุณลักษณะของไดโอดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ วาดรูปกราฟคุณสมบัติของไดโอดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ วาดรูปกราฟคุณสมบัติของไดโอดผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ วาดรูปกราฟคุณสมบัติของไดโอดผิดเกิน 2 จุด

2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสจุดต่างๆ ที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสจุดต่างๆ ที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสจุดต่างๆ ที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันจุดต่างๆ ที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันจุดต่างๆ ที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันจุดต่างๆ ที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.5 คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ คำนวณค่ากระแสจุดต่างๆ ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ คำนวณค่ากระแสจุดต่างๆ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ คำนวณค่ากระแสจุดต่างๆ ผิดเกิน 2 ค่า

2.6 คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดันจุดต่างๆ ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดันจุดต่างๆ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดันจุดต่างๆ ผิดเกิน 2 ค่า

2.7 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง

จุดประสงค์ นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการเรียงกระแสแบบต่างๆได้
2. ประกอบวงจรเรียงกระแสแต่ละชนิดได้
3. วัดและเขียนรูปคลื่นของวงจรเรียงกระแสแบบต่างๆได้
4. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรเรียงกระแสได้

เนื้อเรื่อง

วงจรเรียงกระแส คือ วงจรเปลี่ยนแรงดันกระแสสลับไปเป็นพัลส์ดีซี หรือทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แต่แรงดันที่ได้ยังไม่เรียบพอที่จะนำไปใช้งานได้ หากต้องการจะนำไปใช้งานต้องผ่านวงจรกรองกระแส (Filter Circuit) และวงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator) เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่ในขณะที่โหลดใช้กระแสไม่คงที่ ซึ่งชนิดของวงจรเรียงกระแสแบ่งได้ดังนี้

1. วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half-Wave Rectifier Circuit)
2. วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดให้หม้อแปลงแบบมีเซนเตอร์แทป (Center-Tapped Full-Wave Rectifier Circuit)
3. วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์ (Full-Wave Bridge Rectifier Circuit)

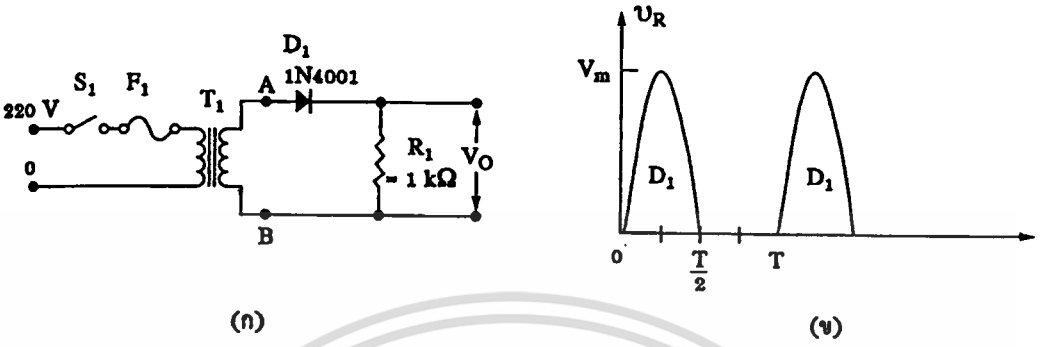
ซึ่งการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบต่างๆ มีดังต่อไปนี้

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half-Wave Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นเป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปคลื่นกระแสสลับเป็นพัลส์ดีซี โดยที่รูปพัลส์ที่ได้ทางเอาต์พุตจะเป็นรูปพัลส์ดีซีสลับกับช่วงที่แรงดันเท่ากับศูนย์โวลต์ วงจรเรียงกระแสแบบนี้จะใช้ในวงจรที่ไม่ต้องการไฟดีซีที่เรียบมากนัก อาทิเช่น วงจรชาร์จแบตเตอรี่ วงจรชาร์จถ่านแคดเมียม ฯลฯ ลักษณะการต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง



รูปที่ 1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นและรูปคลื่นเอาท์พุท

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 1 เป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นซึ่งจะมีการทำงานดังนี้ เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับในช่วงครึ่งไซเคิลบวกป้อนเข้ามายังขั้ว A ของขดทุติยภูมิ จะทำให้ที่ขาแอโนดของไดโอดเป็นบวกเมื่อเทียบกับแคโทดจึงเป็นการให้ไบแอสแก่ไดโอดแบบไบแอสตรง (Forward Bias) ทำให้ความต้านทานภายในไดโอดมีค่าความต้านทานต่ำเปรียบเสมือนสวิตช์ต่อวงจรเกิดกระแสไหลผ่านไดโอดและความต้านทาน R_1 เกิดแรงดันตกคร่อมที่ R_1 ตามแรงดันที่ป้อนเข้ามา ดังแสดงในรูปที่ 1 (ข) ในช่วงเวลา 0-T/2

เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่อยู่ในช่วงครึ่งไซเคิลลบป้อนเข้ามาที่ขั้ว A ของขดทุติยภูมิ ไดโอด D_1 ได้รับการให้ไบอัสแบบกลับ (Reverse Bias) จะทำให้ค่าความต้านทานภายในไดโอดมีค่าสูงสุด ซึ่งเหมือนกับสวิตช์ที่อยู่ในสภาวะเปิด ดังนั้นจึงไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอดเมื่อวัดแรงดันตกคร่อมความต้านทาน R_1 จึงมีค่าเป็นศูนย์โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 1 (ข) ในช่วงเวลา T/2-T

รูปคลื่นที่วัดได้ทางเอาท์พุทของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นสามารถคำนวณพื้นที่ใต้รูปคลื่นเพื่อหาค่าเฉลี่ยแรงดันดีซีได้ดังนี้

$$V_{dc} = 0.318V_m$$

เมื่อ V_m = ค่าแรงดันสูงสุด (Peak) ของแรงดันกระแสสลับ

V_{dc} = ค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ได้จากวงจรเรียงกระแส

ค่า PIV ของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นมีค่าเท่ากับ V_m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง

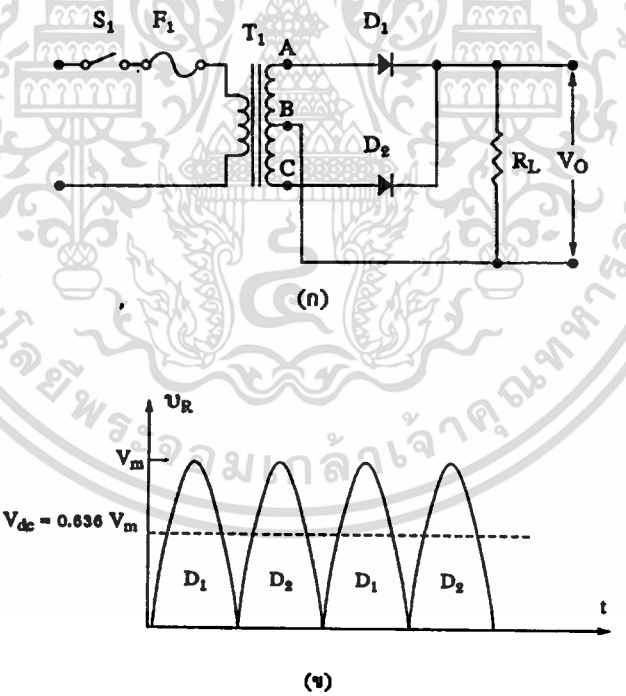
ข้อจำกัดของการนำไดโอดไปใช้งาน

การนำไดโอดมาใช้ในวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะต้องคำนึงถึงค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ค่าแรงดันสูงสุดในขณะที่ให้ไบอัสกลับ (Peak Inverse Voltage) หรือค่า PIV
2. ค่ากระแสไฟสูงสุดขณะที่ให้ไบอัสตรง (Maximum Forward Current) หรือ I_{max}

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงแบบมีเซนเตอร์แทป (Center-Tapped Full-Wave Rectifier)

ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงแบบมีเซนต์เตอร์แทป (รูปที่ 2) จะเป็นการรวมเอาวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น 2 วงจรมารวมกัน จึงทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R_L ได้ทั้งครึ่งไซเคิลบวกและลบ ซึ่งทำให้แรงดันที่ได้เป็น 2 เท่าของแรงดันที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงแบบมีเซนเตอร์แทปพร้อมรูปคลื่นเอาท์พุท

ค่าเฉลี่ยแรงดันดีซี (DC Average Voltage) สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงแบบมีเซนต์เตอร์แทป มีค่าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง

$$V_{dc} = 2\,(0.318V_m)$$

จะได้ $$V_{dc} = 0.636V_m$$

ค่า PIV ของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงแบบมีเซนต์เตอร์แทป มีค่าเท่ากับ $2V_m$

การทำงานของวงจร

ในระหว่างครึ่งไซเคิลบวกมาปรากฏที่ขั้ว A จะทำให้ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรง ทำให้ไดโอด D_1 นำกระแส ส่วนไดโอด D_2 ได้รับไบอัสกลับ ทำให้ไดโอด D_2 ไม่นำกระแส ซึ่งจะทำให้แรงดันในช่วงครึ่งไซเคิลบวกตกคร่อมที่ความต้านทาน R_L เพิ่มขึ้นและลดลงตามแรงดันที่ป้อนเข้ามาที่ขั้ว A แรงดันที่แสดงนั้นจะมีค่าแรงดันสูงสุดของรูปคลื่นเท่ากับ V_m

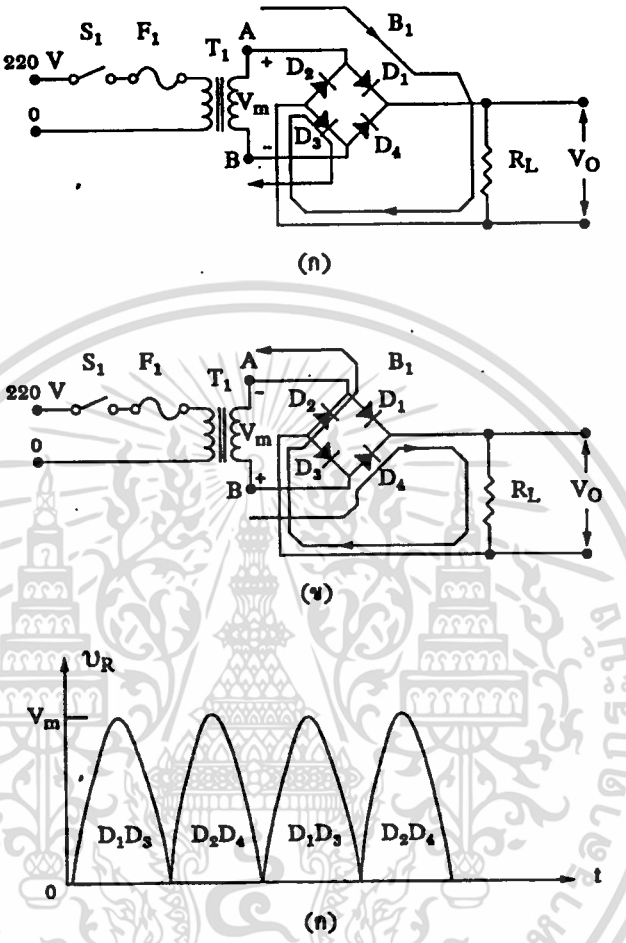
ในช่วงเวลาต่อมาเกิดแรงดันตกคร่อมขั้ว C ของหม้อแปลงเป็นบวก จะทำให้ไดโอด D_2 ได้รับแรงดันไบอัสตรง ทำให้ไดโอด D_2 จะนำกระแส ส่วนไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับ ทำให้ไดโอด D_1 ไม่นำกระแส เกิดกระแสไหลจากขั้ว C ผ่านไดโอด D_2 และความต้านทาน R_L ครบวงจรที่ขั้ว B ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่รีซิสเตอร์ R_L เท่ากับ V_m และในช่วงครึ่งไซเคิลต่อมาไดโอด D_1 และ D_2 จะทำงานต่อเนื่องกันไป เอาต์พุตที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 2

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์ (Full-Wave Bridge Rectifier Ciruit)

ในวงจรรูปที่ 3 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์ ในวงจรต้องใช้ไดโอด 4 ตัว ซึ่งเป็นวงจรเรียงกระแสแบบเต็มรูปคลื่นเหมือนกันกับที่ใช้ไดโอด 2 ตัว แต่วงจรนี้หม้อแปลงที่ใช้ไม่มีเซนเตอร์แทปและค่าแรงดันย้อนกลับของไดโอดมีค่าเท่ากับ V_m ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าแรงดันย้อนกลับ ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงแบบมีเซนเตอร์แทปจะส่งผลให้ราคาของไดโอดที่ใช้ในวงจรบริดจ์ถูกกว่า ดังนั้น วงจรบริดจ์จึงนิยมใช้ในด้านอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ลักษณะการทำงานของวงจรบริดจ์แสดงดังรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง



รูปที่ 3 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์พร้อมรูปคลื่นเอาต์พุต

การทำงานของวงจร

ในระหว่างช่วงครึ่งไซเคิลบวกตกคร่อมที่ขั้วของหม้อแปลง (ขั้ว A) จะทำให้ไดโอด D_1 และไดโอด D_3 นำกระแส ทำให้แรงดันตกคร่อม R_L มีค่าเท่ากับ V_m ดังรูปที่ 3 (ก) และในครึ่งไซเคิลลบ ถ้าขั้วของหม้อแปลง (ขั้วA) เป็นลบ จะทำให้กระแสไหลจากขั้ว B ผ่านไดโอด D_4 ความต้านทาน R_L ผ่านไปยังไดโอด D_2 และครบวงจรที่ขั้ว A ดังแสดงในรูปที่ 3 (ข) ซึ่งจะคำนวณหาค่าแรงดันเอาท์พุทได้ดังนี้

$$V_{dc} \doteq 0.636V_m$$

ค่า PIV ของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์มีค่าเท่ากับ V_m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง

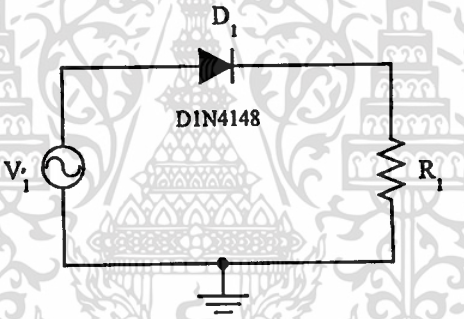
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC หรือ เทียบเท่า 1 เครื่อง
   - มีโปรแกรม Pspice อยู่ในฮาร์ดดิสก์เรียบร้อย
2. คู่มือการใช้งาน 1 เล่ม
3. เครื่องคำนวณ 1 เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave)

   1.1 ประกอบวงจรตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 1

   1.2 กำหนดการตั้งค่าให้ V_1 โดยให้ VOFF = 0 , VAMPL = 10 V , FREQ = 50 Hz และ $R_1 = 1\ k\Omega$

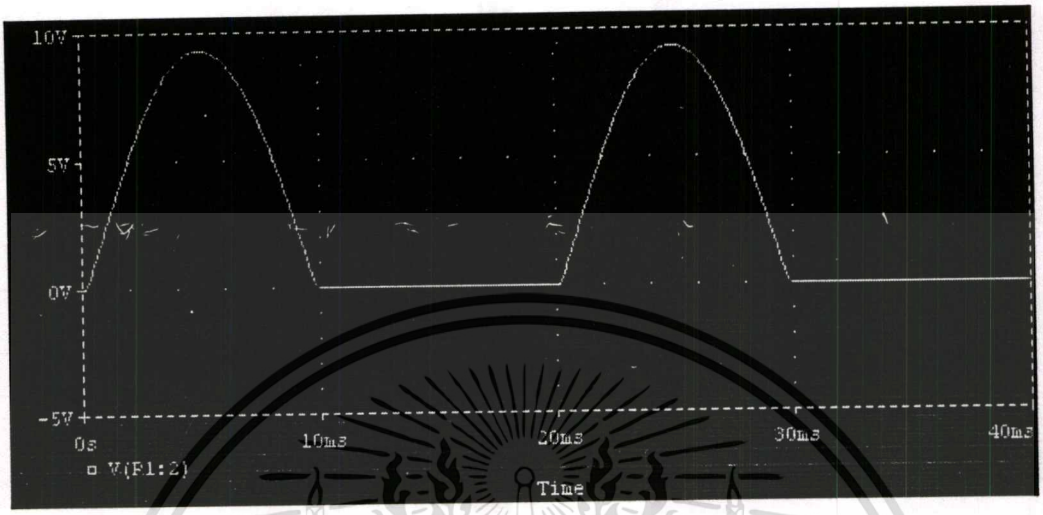
   1.3 กำหนดการวิเคราะห์แบบ Transient โดยให้ Print Step = 10 µs , Final Time = 40 ms และ Step Ceiling = 100 µs

   1.4 ใช้ Marker วัดค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

   1.5 ทำการ Simulate วงจร โดยใช้โปรแกรม Probe แสดงผลการทดลอง แล้ววาดรูปลงตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง

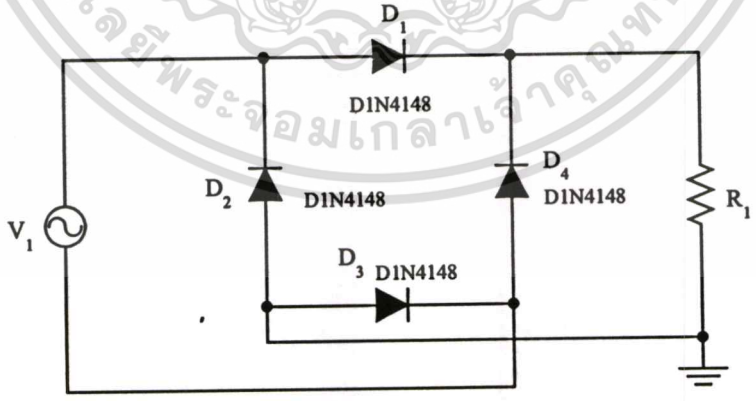


ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

1.6 จากการทดลองคำนวณค่า V_{dc} = ...9.3 ×0.318...= ...2.95...V....

2. วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave)

2.1 ประกอบวงจรตามรูปที่ 2 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 2

2.2 กำหนดการตั้งค่าให้ V_1 โดยให้ VOFF = 0 , VAMPL = 10 V , FREQ = 50 Hz และ R_1 = 1 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง

2.3 กำหนดการวิเคราะห์แบบ Transient โดยให้ Print Step = 10 μs , Final Time = 40 ms และ Step Ceiling = 100 μs

2.4 ใช้ Marker วัดค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

2.5 ทำการ Simulate วงจร โดยใช้โปรแกรม Probe แสดงผลการทดลอง แล้ววาดรูปลงตารางที่ 2



ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

2.6 จากการทดลองคำนวณค่า V_{dc} = ...8.8×0.636...=...5.59...V...

สรุปผลการทดลอง

.....

.....จากการทดลองจะพบว่า วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะได้รูปสัญญาณเพียงด้านบวกเพียงด้านเดียว เนื่องจากไดโอดจะนำกระแสด้านเดียวเท่านั้น คือ เมื่อได้รับไบอัสตรง...แต่วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจะได้รูปสัญญาณทั้ง ด้านบวกและด้านลบ แรงดันไฟฟ้าที่ได้จึงมีค่าเป็น 2 เท่าของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น.....

.....

.....

.....

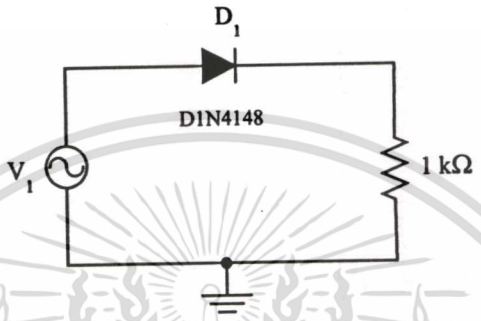
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง

<u>แบบฝึกหัด</u>

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ เวลา 40 นาที

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 1

2. ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจร
3. บันทึกรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง



4. จากรูปคลื่นที่ได้ ค่าแรงดัน V_{dc} มีค่าเท่ากับ.....2.95.....V.
5. จากผลการทดลอง เพราะเหตุใดรูปคลื่นเอาต์พุตจึงมีเพียงด้านบวก อธิบาย

.....

.....สาเหตุที่รูปคลื่นเอาต์พุตมีเพียงด้านบวกด้านเดียว เนื่องจากว่าในวงจรไดสามารถนำกระแสได้เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น...คือ ได้โอดได้รับไบอัสตรง (ไฟบวกเข้าขา A และไฟลบเข้าขา K) .....

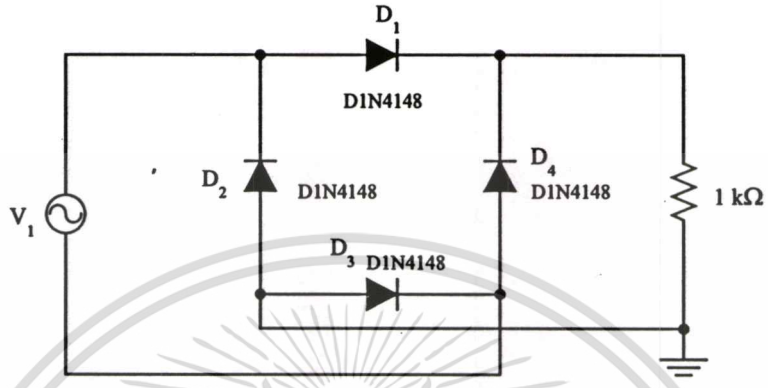
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส	1:30 ชั่วโมง

6. ประกอบวงจรตามรูปที่ 2 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 2

7. ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจร
8. บันทึกรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง



9. จากรูปคลื่นที่ได้ ค่าแรงดัน V_{dc} มีค่าเท่ากับ.....5.59.....V.
10. จากผลการทดลอง เพราะเหตุใดรูปคลื่นเอาต์พุตจึงมีลักษณะติดต่อกัน อธิบาย

.....

.....สาเหตุที่สัญญาณเอาต์พุตมีลักษณะติดต่อกัน เนื่องจากวงจรเป็นวงจรแบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ประกอบด้วยไดโอด 4 ตัว จึงสามารถให้กระไหลผ่านได้ทั้งด้านบวกและด้านลบ...ซึ่งจะสลับกันทำงานทีละ 2 ตัว.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ

เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส

ชื่อ.....**รหัสประจำตัว**.....

นักศึกษาระดับ ปวส.1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง

<u>คำชี้แจง</u> **โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตุของท่านโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด**

คุณลักษณะที่ต้องการวัด	น้ำหนักคะแนน	คะแนน		
		2	1	0
1. การปฏิบัติงาน				
1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	.....	.....	.....
1.2 กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	.....	.....	.....
1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	.....	.....	.....
1.4 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปคลื่นได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
1.5 ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปคลื่นเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
1.6 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	.....	.....	.....
รวมคะแนน	16			
2. ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ประกอบวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.3 รูปคลื่นเอาต์พุตวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 รูปคลื่นเอาต์พุตวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6 คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
คะแนนรวม	36			
คะแนนรวมทั้งหมด	36			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน เรื่อง การใช้งานไดโอดในวงจรเรียงกระแส

1. การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิดเกินกว่า 2 ค่า

1.3 กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัดผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดพารามิเตอร์ในโหมดการวัดผิดเกินกว่า 2 จุด

1.4 ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปคลื่นได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปคลื่นได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปคลื่นผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดรูปคลื่นผิดเกินกว่า 2 จุด

1.5 ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปคลื่นเอาต์พุตได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปคลื่นเอาต์พุตได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปคลื่นเอาต์พุตผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Probe วัดรูปคลื่นเอาต์พุตผิดเกินกว่า 2 จุด

1.6 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลงาน

2.1 ประกอบวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 ประกอบวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.3 รูปคลื่นเอาต์พุตวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ วาดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ วาดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ วาดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.4 รูปคลื่นเอาต์พุตวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ วาดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ วาดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ วาดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.5 คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} ผิด แต่วิธีการคำนวณถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อ วิธีการคำนวณและค่าแรงดัน V_{dc} ผิด

2.6 คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าแรงดัน V_{dc} ผิด แต่วิธีการคำนวณถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อ วิธีการคำนวณและค่าแรงดัน V_{dc} ผิด

2.7 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ช

คู่มือการใช้งานโปรแกรม Pspice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานใช้โปรแกรม Pspice

1. การใช้งานซอฟต์แวร์

การใช้งานซอฟต์แวร์ชุด MicroSim DesignLab เพื่อการวิเคราะห์วงจร ในแง่ของผู้ใช้นั้น สามารถใช้งานได้โดยง่าย โดยเริ่มจากการเรียกโปรแกรม Schematics (โปรแกรมสร้างแผนภาพวงจร) ซึ่งถือว่าเป็นประตูสู่ Pspice for Windows ก็ว่าได้ ทั้งนี้เนื่องจากในการใช้งานนั้น ผู้ใช้จะต้องสร้างวงจรที่จะทำการจำลองผลการทำงานขึ้นก่อน

ในการนี้ ผู้ใช้จะต้องสร้างแผนภาพเป็นกราฟฟิกพร้อมกำหนดรายละเอียดต่างๆ และต้องทำการบันทึกข้อมูลก่อนที่จะดำเนินการจำลองการทำงาน ซึ่งโปรแกรม Schematics นี้ จะเป็นโปรแกรมแรกที่ผู้ใช้ต้องเรียกใช้งาน และการใช้งานในขั้นตอนต่อๆ ไป โปรแกรม Schematics ก็จะทำการเรียกโปรแกรมประยุกต์อื่นๆ เองโดยอัตโนมัติ ทำให้ผู้ใช้รู้สึกเหมือนกันว่าเรียกใช้โปรแกรม Schematics เพียงโปรแกรมเดียวก็สามารถใช้งานได้อย่างครอบคลุมทั้งหมด การใช้งานโปรแกรมนี้จึงมีความสำคัญที่จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้อยางครบถ้วนและมีประสิทธิภาพ

เนื้อหาในคู่มือนี้จะนำเสนอวิธีการใช้งานที่เกี่ยวข้องและมีส่วนสนับสนุนการวิเคราะห์วงจรเบื้องต้น ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรม Schematice ที่นอกเหนือจากที่ได้นำมากล่าวถึงในที่นี้ ผู้อ่านสามารถเปิดดูได้จากแฟ้มเอกสาร Schematice User's Guide จากเมนู

1.1 ภาพรวมของโปรแกร่ม MicroSim Schematics

โปรแกรม Schematics เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม Pspice ให้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยใช้ความสามารถทางด้านกราฟฟิกเป็นสำคัญ ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องจดจำรายละเอียดและระเบียบวิธีการกำหนดข้อมูลจำนวนมากอย่างที่ต้องประสบในโปรแกรม Pspice for Dos ซึ่งช่วยให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้นมาก สะดวกกว่าและใช้เวลาน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ในกระบวนการจำลองการทำงานและดูผลนั้น โปรแกรม Schematics สามารถเรียกใช้โปรแกรมเพื่อจำลองการทำงานของวงจร และเรียกโปรแกรม เพื่อดูผลได้โดยอัตโนมัติ (สามารถกำหนดให้ทำงานแบบไม่อัตโนมัติก็ได้) ซึ่งผู้ใช้สามารถจะเรียกโปรแกรมที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ได้จากเมนูย่อยในโปรแกรม Schematics ได้เช่นกัน

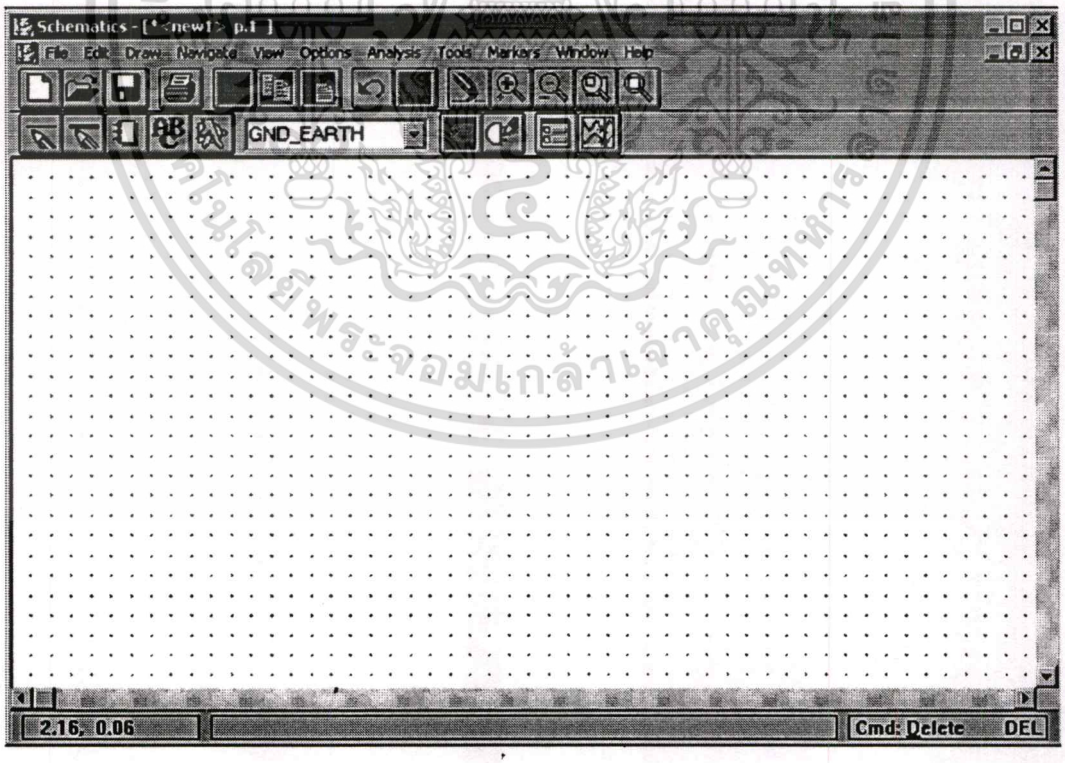
จะเห็นว่าโปรแกรม Schematics จะเป็นศูนย์กลางการใช้งานของซอฟต์แวร์ชุดนี้นั่นเอง โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ในการทำงานเป็นดังรูปที่ 1 ซึ่งโครงสร้างการจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้านั้น อาจจะสรุปได้ว่าประกอบด้วยส่วนการทำงานที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนการสร้างแผนภาพวงจร ซึ่งต้องทำการกำหนดรายละเอียดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ และทำการกำหนดเงื่อนไขหรือวิธีการจำลองผล และการดูผล (โปรแกรม Schematics)
2. ส่วนการจำลองการทำงานวงจร (โปรแกรม Pspice)
3. ส่วนการวิเคราะห์และดูผล (โปรแกรม Probe)

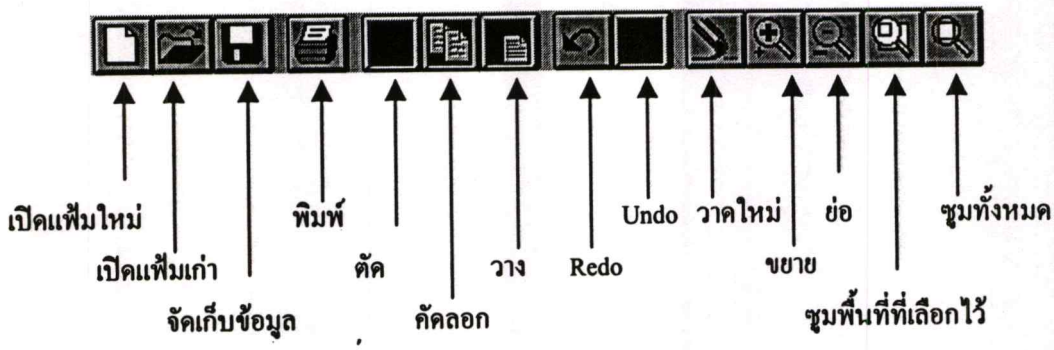
1.2 การใช้โปรแกรม Schematics

โปรแกรม Schenatics สามารถเรียกใช้ได้จากแถบเมนูของ Windows โดยมีหน้าตาของโปรแกรมดังรูปที่ 2 ขณะเริ่มต้นใช้งาน โปรแกรมจะเปิดแฟ้มข้อมูลใหม่ให้โดยอัตโนมัติ ดังที่แสดงใน Title Bar ว่า (new1) ซึ่งเลข 1 หมายถึงแฟ้มข้อมูลใหม่แฟ้มที่ 1 (สามารถเปิดแฟ้มข้อมูลใหม่ได้หลายแฟ้ม) ในขณะนี้โปรแกรมอยู่ในสถานะพร้อมจะทำงานแล้ว โดยการใช้งานในลำดับถัดไปนั้นจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่าต้องการเปิดแฟ้มข้อมูลเก่าหรือต้องการสร้างแผนภาพวงจรใหม่ต่อไปและความหมายของไอคอนใช้งานอธิบายไว้ดังรูปที่ 3 (ปกติแล้วถ้าเลื่อนเม้าส์ไปยังตำแหน่งไอคอนที่ใช้สั่งงานได้ จะมีข้อความบ่งบอกถึงการใช้งานที่ Status Line ด้วย)



รูปที่ ช.1 แสดงภาพหน้าจอของโปรแกรม Schematics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



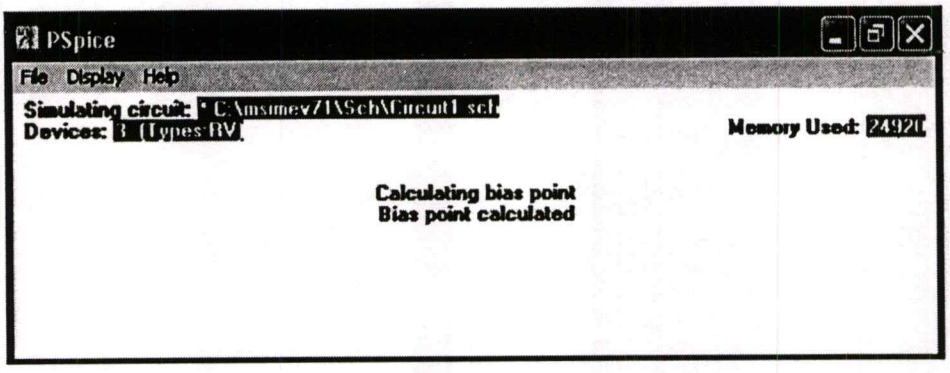


รูปที่ ช.2 แสดงการใช้แถบเครื่องมือของโปรแกรม Schematics

1.3 การใช้งานโปรแกรม Pspice

ในการจำลองการทำงานนั้น โปรแกรม MicroSin Pspice จะเป็นโปรแกรมสำคัญที่ทำการคำนวณค่าต่างๆ ของวงจรตามเงื่อนไขและวิธีการวิเคราะห์ที่ผู้ใช้กำหนดซึ่งโดยปกติแล้วจะถูกเรียกให้ทำงานเองโดยอัตโนมัติหากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้มีความเร็วสูงและรายละเอียดในการคำนวณไม่มากแล้ว การคำนวณก็อาจจะเสร็จสิ้นภายในเสี้ยววินาทีเท่านั้น แต่ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการให้การคำนวณเป็นไปโดยละเอียด โดยกำหนดไว้ในเงื่อนไขของการวิเคราะห์แล้ว โปรแกรมก็จะใช้เวลาคำนวณนานขึ้น ในกรณีนี้ ผู้ใช้อาจจะต้องการกำหนดเงื่อนไขการทำงานบางอย่างของโปรแกรม Pspice นี้ ซึ่งก็มีเมนูให้เลือกไม่มากนัก โดยหน้าต่างของโปรแกรม Pspice แสดงได้ดังรูปที่ 3 และมีรายละเอียดการใช้งานเมนูดังตารางข้างล่างนี้

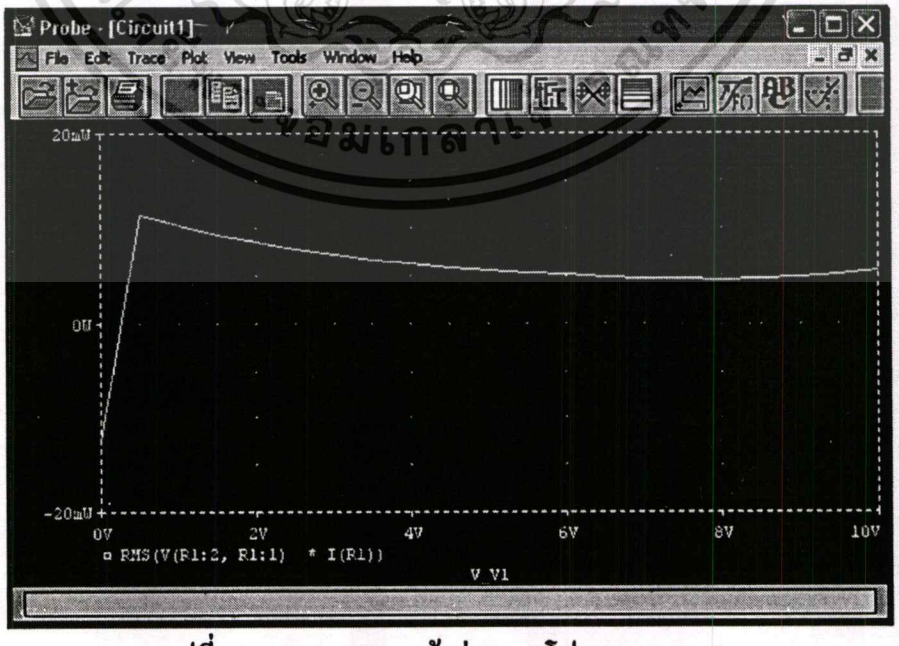
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช.3 แสดงภาพหน้าต่างของโปรแกรม Pspice

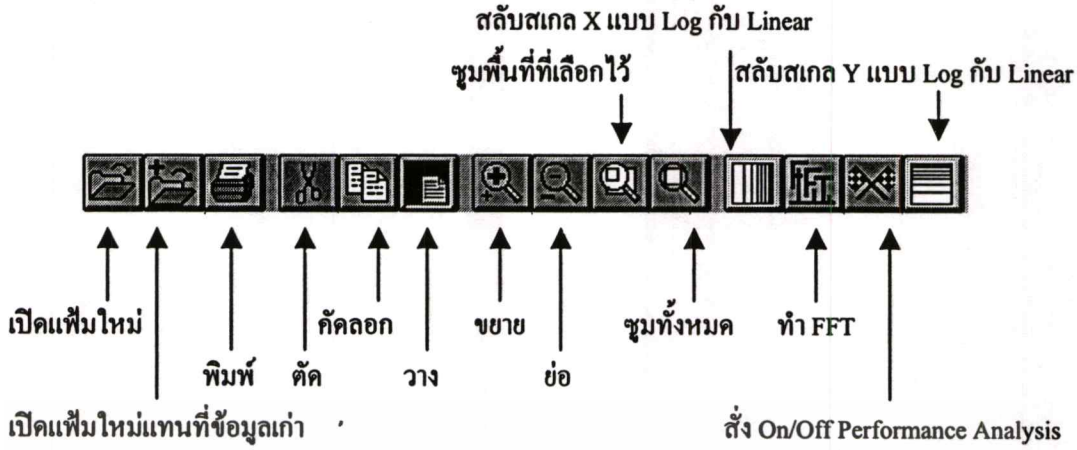
1.4 การใช้งานโปรแกรม Probe

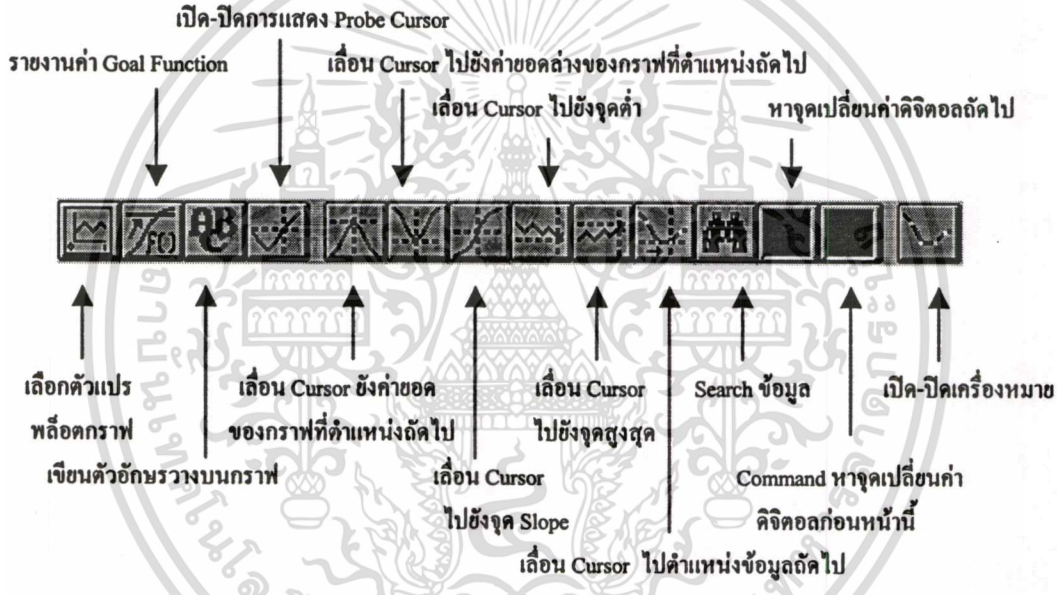
ในการดูผลการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม Probe นั้น หากผู้ใช้สามารถใช้งานเครื่องมือต่างๆ ในโปรแกรมนี้ได้แล้ว จะช่วยให้การวิเคราะห์ผลดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะมีเครื่องมือเกี่ยวกับการแสดงผลและการคำนวณทางคณิตศาสตร์อยู่ในโปรแกรม Probe นี้ เช่นหน้าต่างในรูปที่ 4 นั้นเป็นการใช้โปรแกรม Probe แสดงค่ากำลังงานเป็น rms ของผลคูณระหว่างแรงดันตกคร่อมโหลดกับกระแสที่ไหลผ่านโหลด โดยใช้ฟังก์ชั่น RMS() ช่วยในการวิเคราะห์ผล และเนื่องจากรายละเอียดการใช้งานในโปรแกรม Probe นั้นมีอยู่มากพอสมควร ดังนั้นผู้เขียนจึงขอนำเสนอการใช้งานเป็นบางส่วนไว้พอสังเขป เพื่อให้ผู้อ่านเกิดแนวทางที่จะใช้งานได้ต่อไป โดยมีรายละเอียดของแถบเครื่องมือ (ไอคอน) ดังรูปที่ 5 และการใช้งานเมนูต่างๆ ดังตารางข้างล่างนี้



รูปที่ ช.4 แสดงภาพหน้าต่างของโปรแกรม Probe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ ช.5 แสดงการใช้แถบเครื่องมือของโปรแกรม Probe

2. การใช้งานเม้าส์

- ปกติแล้วเม้าส์ที่ใช้งานโดยทั่วไปจะมีทั้งแบบ 2 ปุ่ม และ 3 ปุ่ม โดยเป็นที่เข้าใจกันว่าการคลิกปุ่มซ้าย คือการเลือกทำงาน ดังนั้นกาหไมมีการกำหนดการทำงานเป็นอื่น เช่น กำหนดหน้าที่ของปุ่มซ้าย-ขวา สลับกันแล้ว การคลิกซ้ายก็คือการเลือกทำงานในสถานการณ์นั้นๆ นั่นเอง
- การใช้เม้าส์ชี้ หมายถึง การเลื่อนปลายตัวชี้ซึ่งปกติเป็นรูปลูกศร ไปวางไว้บนไอคอนหรือเป้าหมายที่ต้องการระบุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การคลิก หมายถึง การกดปุ่มเม้าส์แล้วแล่อยทันที โดยที่ยังไม่มีการเลื่อนตัวชี้ (ปกติหมายถึงคลิกปุ่มซ้าย)
- การดับเบิ้ลคลิก หมายถึง การกดเม้าส์ปุ่มซ้ายแล้วปล่อยทันที 2 ครั้งติดต่อกัน โดยที่ยังไม่มีการเลื่อนตัวชี้
- การคลิกขวา หมายถึง การกดเม้าส์ปุ่มขวาแล้วปล่อยทันที โดยที่ยังไม่มีการเลื่อนตัวชี้
- การลาก หมายถึง การเลือกไอคอนหรือเป้าหมายโดยการคลิกซ้ายค้างไว้ในขณะที่ทำการเลื่อนตัวชี้

3. ขั้นตอนการจำลองการทำงาน

การจำลองการทำงาน (หรือการวิเคราะห์วงจร) ด้วยโปรแกรม Pspice for Windows นั้น มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

3.1 สร้างแผนภาพวงจรด้วยโปรแกรม Schematic โดยทำการวางอุปกรณ์ตามรูปแบบที่ต้องการ แล้วทำการเดินสายเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้ถูกต้อง ขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยทำการเลือกอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนที่ต้องการจากคลังข้อมูล (Libraries) มาวางบนแปลนแล้วลากสายเชื่อมต่อให้ถูกต้อง

3.2 กำหนดจุดร่วมสำหรับใช้อ้างอิง (Reference Node) ในที่นี้หมายถึงการต่อลงดิน (Ground) นั่นเอง ซึ่งแหล่งจ่ายหรืออุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนทุกตัวจะต่อลอยๆ ไม่ได้ หากไม่ต่ออยู่ระหว่างจุดร่วม (Node) ใดๆ ในวงจรแล้ว จะต้องต่อลงดิน เพื่อให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลได้ครบวงจร และใช้เป็นศักย์ศูนย์ของวงจรไฟฟ้า

3.3 กำหนดเงื่อนไขการจำลองการทำงาน ชนิดหรือวิธีของการวิเคราะห์ กำหนดเงื่อนไขการแสดงภาพสัญญาณเพื่อดูผลด้วยโปรแกรม Probe และอาจจะกำหนดจุดสังเกตุสัญญาณในวงจรเพื่อให้โปรแกรม Probe แสดงลักษณะสัญญาณที่จุดสังเกตุนั้นอย่างอัตโนมัติได้อีกด้วย

3.4 ทำการจัดเก็บ (Save) ข้อมูล เป็นแฟ้มข้อมูลที่มีนามสกุลเป็น .sch (Schematic File)

3.5 สั่งจำลองการทำงาน

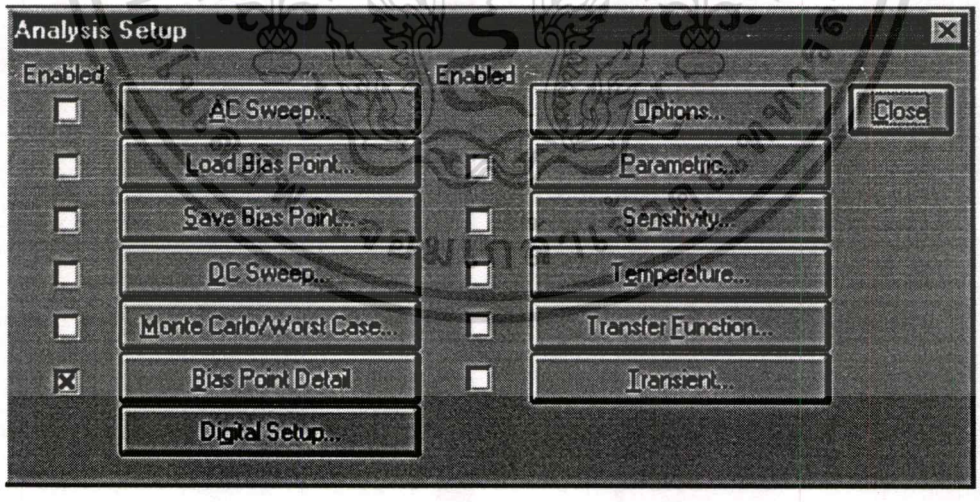
3.6 ตรวจวัดสัญญาณ ตรวจดูผลข้อมูลเพิ่มเติม หรือใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีการวิเคราะห์วงจร

ในการจำลองการทำงานนั้น ผู้ใช้สามารถกำหนดวิธีการวิเคราะห์วงจรได้หลายวิธี เพื่อให้วิเคราะห์วงจรได้ตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น ให้วิเคราะห์เฉพาะจุดทำงาน (Bias Point) ตามค่าต่างๆ ที่ระบุไว้ในแผนภาพวงจร ให้วิเคราะห์วงจรตามแผนภาพวงจร และให้ทำการกวาดค่า (Sweep) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ให้วิเคราะห์วงจรตามแผนภาพวงจร และให้ทำการกวาดค่าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ หรือ ให้วิเคราะห์เพื่อดูสภาวะชั่วครู่ (Transient) ในวงจร เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์แต่ละวิธีนั้นผู้ใช้จะต้องกำหนดเงื่อนไขให้เหมาะสมกับแต่ละวิธีด้วย ยกเว้นกรณีการวิเคราะห์เฉพาะจุดทำงาน (Bias Point) เท่านั้น ซึ่งเป็นการให้โปรแกรมคำนวณหาคำตอบจากค่าของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ระบุไว้ในแผนภาพวงจร (ไม่ต้องทำการกวาดค่าของแหล่งจ่าย) จึงถือเป็นการคำนวณขั้นพื้นฐานที่ไม่ต้องระบุเงื่อนไขใดๆ เพิ่มเติม

การเข้าสู่เมนูกำหนดวิธีการวิเคราะห์วงจรนั้นผู้ใช้สามารถเรียกได้จากเมนูย่อย Setup ภายใต้เมนูหลัก Analysis โดยเมนูย่อย Setup มีภาพหน้าจอดังรูปที่ 6 และในการเลือกวิธีการวิเคราะห์วิธีต่างๆ นั้น สามารถเลือกได้โดยการใช้เม้าส์คลิกที่ช่องสี่เหลี่ยมหน้าชื่อวิธีการวิเคราะห์ ถ้ามีเครื่องหมาย X อยู่หน้าวิธีการใด ก็เป็นการกำหนดให้ทำการวิเคราะห์วิธีการนั้น ถ้าทำการคลิกที่ช่องสี่เหลี่ยมนั้นซ้ำ เครื่องหมาย X ก็จะหายไป ในการนี้ ผู้ใช้สามารถกำหนดวิธีการวิเคราะห์ได้พร้อมกันหลายวิธี (แต่ต้องสอดคล้องกับรายละเอียดในแผนภาพวงจรด้วย) สำหรับการวิเคราะห์เฉพาะจุดทำงานนั้น ปกติแล้ว โปรแกรมจะกำหนดให้เองโดยอัตโนมัติ



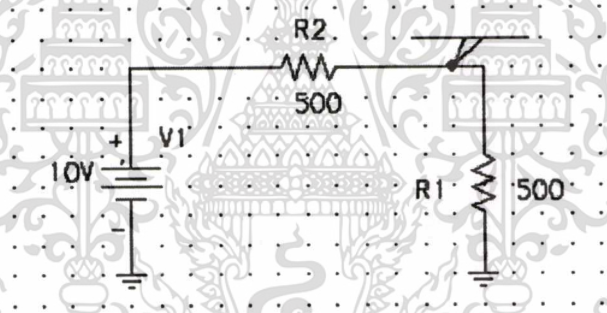
รูปที่ ช.6 แสดงภาพหน้าจอของเมนูย่อย Setup

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนึ่งการใช้เม้าส์คลิกที่ชื่อของวิธีการวิเคราะห์ จะเป็นการเปิดหน้าต่างสำหรับกำหนดรายละเอียดหรือเงื่อนไขของการวิเคราะห์ หลังจากใส่ข้อมูลเสร็จแล้วโปรแกรมจะเลือกวิธีเคราะห์นั้นให้เองโดยอัตโนมัติ (จะมีเครื่องหมาย X อยู่หน้าชื่อของวิธีการวิเคราะห์

5. ตัวอย่างการใช้งาน

เพื่อให้ได้คุ้นเคยกับวิธีการสร้างแผนภาพวงจรและการจำลองการทำงาน จึงนำเสนอวิธีการใช้งานโปรแกรมโดยละเอียดเป็นขั้นๆ (Step by Step) โดยใช้วงจรแบ่งแรงดันในรูปที่ 7 เป็นกรณีศึกษา วิธีเรียกคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรมนี้ จะมีแนวคิด (Idea) คล้ายกับโปรแกรมทั่วๆ ไปที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการแบบ Windows หากผู้ใช้มีความคุ้นกับการใช้งานโปรแกรมอื่นๆ อยู่ก่อนแล้วการเรียกใช้งานเมนูย่อยในโปรแกรมนี้ก็ดูจะง่ายขึ้น ส่วนที่ต่างกันก็คือหน้าที่การทำงานของเมนูย่อยนั่นเอง



รูปที่ ช.7 แผนภาพวงจรแบ่งแรงดัน

ในการสร้างแผนภาพวงจรนั้น ไม่ได้มีกฎเกณฑ์ตายตัวว่าจะต้องวางชิ้นส่วนใดก่อนหรือวางชิ้นส่วนใดหลังแต่สิ่งที่เคร่งครัดมากก็คือ การเชื่อมต่อชิ้นส่วน/อุปกรณ์ด้วยสายเชื่อมนั้น ต้องต่อถึงกันจริงๆ มิฉะนั้นจะเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนการตรวจสอบการต่อถึงกัน (ERC) จนไม่สามารถจำลองการทำงานได้ ขณะที่การสร้างแผนภาพวงจรใด ๆ จะมีข้อบังคับพื้นฐานที่สำคัญอยู่ 2 ประการคือ

- ทุกวงจรต้องมีกราวด์ ไม่ว่าจะเป็นกราวด์ดิน หรือเป็นกราวด์อนาลอก
- สำหรับแผนภาพวงจรที่สร้างขึ้นใหม่ ต้องจัดเก็บแฟ้มข้อมูลก่อนสั่งจำลองการทำงาน (สำหรับแฟ้มข้อมูลเก่าที่ถูกเปิดขึ้นมาเพื่อแก้ไขรายละเอียด ข้อบังคับนี้จะไม่มีผล แต่ก็ควรจะทำการบันทึกข้อมูลก่อนสั่งจำลองการทำงานทุกครั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ ผู้อ่านสามารถสร้างแผนภาพวงจรในรูปที่ 7 ได้ดังนี้

1. เลือก (คลิก) แถบเมนู Schematics ในกลุ่มโปรแกรม MicroSim ของ Windows

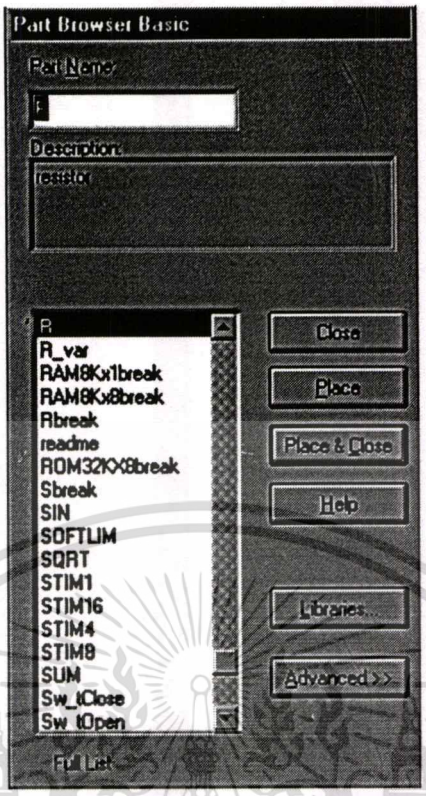
2. หน้าต่างของโปรแกรม Schematics, Design Manager และ MicroSim Message Viewer จะถูกเปิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งโปรแกรม Schematics จะเป็นโปรแกรมใช้งานหลัก และมีภาพหน้าจอดังรูปที่ 2 โดยจุดที่แสดงเป็นพื้นหลังของกระดาษแผนภาพอย่างเป็นระเบียบ คือ กริด (Grid) เป็นตัวเลือกหนึ่งในการแสดงผลสำหรับใช้ช่วยในการวางชิ้นส่วน/อุปกรณ์และตัวอักษร รวมทั้งการเดินสายให้สะดวกยิ่งขึ้น (ใช้เป็นเครื่องช่วยบอกระยะห่างในแนวตั้งและแนวนอนของกระดาษแผนภาพ)

3. กดแป้นพิมพ์ Ctrl + G (กดปุ่ม Ctrl พร้อมกับปุ่ม G) ซึ่งเป็นคำสั่งใช้ในการเลือกชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์มาวางในกระดาษแผนภาพ (หรืออาจจะเรียกจากเมนูย่อย Get New Part ในเมนูหลัก Draw) จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างชื่อ Part Browser Basic ซึ่งมีภาพหน้าจอดังรูปที่ 8 ให้พิมพ์ชื่ออุปกรณ์ที่ต้องการเรียกใช้ในช่อง Part Name ในที่นี้สมมุติว่าอุปกรณ์ตัวแรกที่จะวางในแผนภาพ คือ ตัวต้านทาน จึงให้พิมพ์ชื่อที่ใช้เรียกอุปกรณ์ในโปรแกรม Schematics ว่า R ในช่อง Part Name หลังจากพิมพ์ตัวอักษร R แล้ว จะมีคำอธิบายชื่อที่ใช้เรียกอุปกรณ์ว่า Resistor ปรากฏขึ้นในช่อง Description ทันที (เช่นเดียวกับการพิมพ์ชื่ออุปกรณ์ตัวอื่น จะปรากฏรายละเอียดของอุปกรณ์ตัวนั้นๆ ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ต้องเป็นอุปกรณ์ที่โปรแกรมรู้จักเท่านั้น) ในทางปฏิบัติแล้วเพื่อความสะดวกและง่ายต่อการสังเกต ผู้ใช้อาจใช้เม้าส์คลิกที่ปุ่ม “Advanced >>” เพื่อให้แสดงภาพสัญลักษณ์ของอุปกรณ์และชื่อคลังข้อมูลด้วยก็ได้ หน้าต่างในรูปที่ 8 จะเปลี่ยนเป็นหน้าต่าง Part Browser Advanced ดังรูปที่ 9

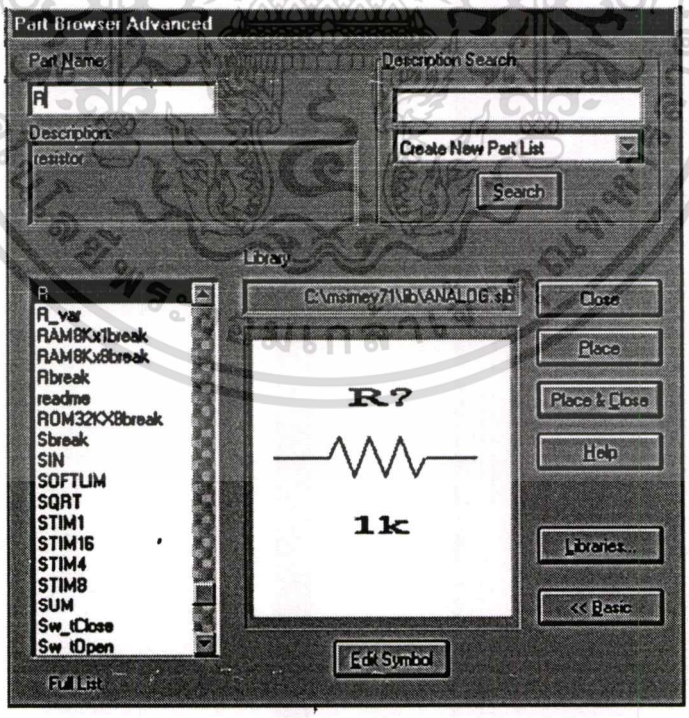
4. ให้คลิกปุ่ม “Place” สำหรับกรณีวางชิ้นส่วน/อุปกรณ์ในแผนภาพแล้ว ต้องการใช้วางอุปกรณ์ตัวอื่นต่อไปอีก “Place & Close” สำหรับกรณีวางชิ้นส่วน/อุปกรณ์ในแผนภาพแล้ว ต้องการปิดหน้าต่าง Part Browser เลยในการเรียกคำสั่งวาง (Place) นี้ เมื่อเลื่อนเม้าส์ไปตามกระดาษ แผนภาพ ผู้ใช้จะเห็นว่าภาพสัญลักษณ์ (ของชิ้นส่วน/อุปกรณ์ที่เรียกใช้) จะเคลื่อนตามตำแหน่งตัวชี้ของเม้าส์ไปพร้อมกันด้วย หากกดคลิกซ้ายเป็นการสั่งให้วางสัญลักษณ์ ณ ตำแหน่งของตัวชี้ หากกดคลิกขวาจะเป็นการสิ้นสุดการวางชิ้นส่วน/อุปกรณ์ ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกใช้คำสั่ง “Place” ผู้ใช้ต้องทำการปิดหน้าต่าง Part Browser เอง คำสั่งอื่นๆ ที่ใช้ประกอบระหว่างการวางอุปกรณ์ได้แก่

4.1 การหมุนภาพสัญลักษณ์ครั้งละ 90 องศา (Rotate) ด้วยการกดปุ่ม Ctrl + R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช.8 ภาพหน้าต่าง Part Browser Basic



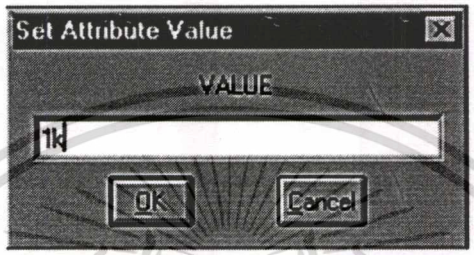
รูปที่ ช.9 ภาพหน้าต่าง Part Browser Advanced

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การกลับการหันภาพสัญลักษณ์แนวซ้าย – ขวา (Flip) ด้วยการกดปุ่ม Ctrl + F

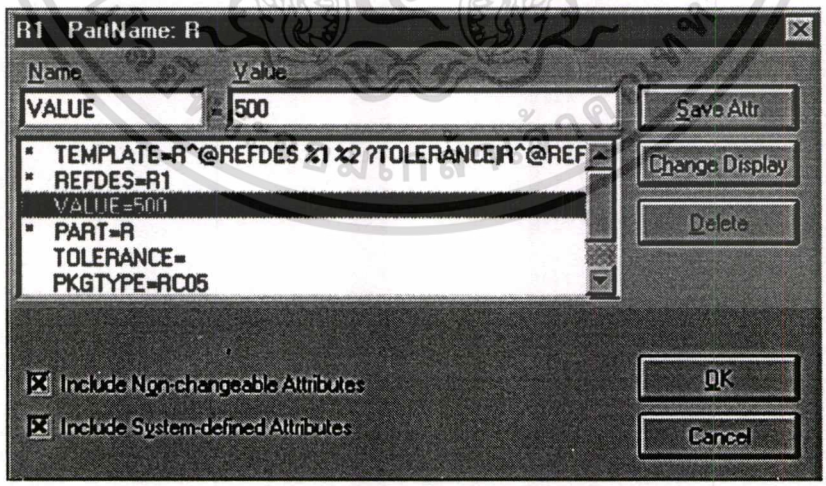
4.3 การเปลี่ยนค่าของชิ้นส่วน/อุปกรณ์ เช่นค่าความต้านทาน ซึ่งมีค่าเริ่มต้นที่โปรแกรมกำหนดให้ คือ 1 k (โปรแกรมหมายถึง 1kΩ) เป็น 500 (โปรแกรมจะเข้าใจว่า 500 Ω) สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

4.3.1 ดับเบิ้ลคลิกที่ข้อความ 1k แล้วจะปรากฏหน้าต่าง Set Attribute Value ดังรูปที่ 11 แล้วพิมพ์ค่าใหม่ที่ต้องการลงไปแทนที่



รูปที่ ช.10 ภาพหน้าต่าง Set Attribute Value

4.3.2 ดับเบิ้ลคลิกที่สัญลักษณ์ของชิ้นส่วน/อุปกรณ์ จะปรากฏหน้าต่างกำหนดคุณสมบัติของชิ้นส่วน/อุปกรณ์ ดังรูปที่ 12 ให้คลิกที่ข้อความ Value = 1k แล้วใช้เมาส์คลิกที่ช่อง "Value" พิมพ์ตัวเลข 500 แทนที่ 1k แล้วกด Enter แล้วคลิกที่ "Save Attr" (บันทึกค่าใหม่) แล้วคลิก OK



รูปที่ ช.11 ภาพหน้าต่างสำหรับกำหนดคุณสมบัติของตัวต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวางตัวต้านทานที่ 2 หมายเลขของตัวต้านทาน โปรแกรมจะกำหนดให้เอง โดยใช้ลำดับตัวเลขเป็นเชื่อของอุปกรณ์ เช่น R1, R2 เป็นต้น

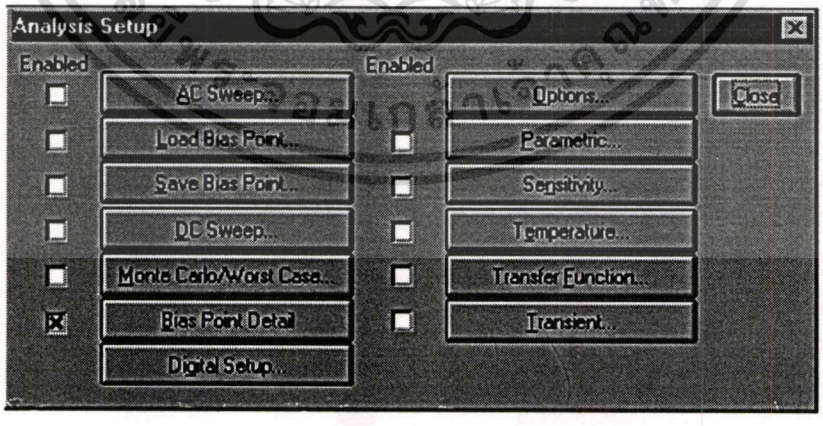
ทั้งนี้ ผู้ใช้ต้องคำนึงด้วยว่า การหมุนหรือหันด้านของสัญลักษณ์นั้น จะมีผลต่อการดูผลด้วย เพราะในโปรแกรมจะมีการกำหนดหมายเลขหรือชื่อขายของอุปกรณ์ด้วย เช่น ตัวต้านทานจะมีขาที่ 1 และขาที่ 2 ดังนั้น หากมีการหมุนหรือหันด้านชิ้นส่วน/อุปกรณ์ ผู้ใช้จะต้องรู้ด้วยว่ากระแสไหลเข้าทางขาใด ไหลออกทางขาใด ไหลออกทางใด เพราะทิศทางการไหลของกระแสจะมีผลต่อขนาดเป็น + หรือ – หรือเฟสของสัญญาณได้ ผู้ที่ใช้ที่ไม่ระวังในเรื่องนี้ อาจจะทำให้แปลผลผิด หรือเข้าใจความหมายของสัญญาณผิดได้

6. ให้ใช้วิธีตามข้อ 3 และ 4 วางชิ้นส่วนอื่น เช่น VDC และ EGND โดยจัดวางให้เหมาะสมสวยงาม

7. ให้ใช้วิธีการตามข้อ 3 และ 4 วาง Viewpoint ซึ่งเป็นเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ณ จุดสังเกต โดยเลือกวางที่กึ่งกลางระหว่างตัวต้านทานทั้งสอง (ดูผลการแบ่งแรงดัน)

8. ให้ลากสายเชื่อมต่อด้วยคำสั่ง Crtl + W โดยการคลิกซ้ายครั้งแรก เป็นการกำหนดจุดเริ่มต้นของการเดินสาย การคลิกครั้งที่สองเป็นการกำหนดจุดสิ้นสุด ขณะที่การคลิกขวาจะเป็นการยกเลิกคำสั่งนี้

9. หลังจากวางชิ้นส่วน/อุปกรณ์ และกำหนดค่าต่าง ๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้คลิกที่เมนูย่อย Setup ของเมนูหลัก Analysis เพื่อดูวิธีการวิเคราะห์วงจร ซึ่งจะปรากฏผลดังรูปที่ 12 โดยเลือกวิธีวิเคราะห์แบบ Bias Point Detail นั้น โปรแกรมจะเลือกให้เองโดยอัตโนมัติ (ทุกครั้งที่เปิดแฟ้มข้อมูลใหม่)

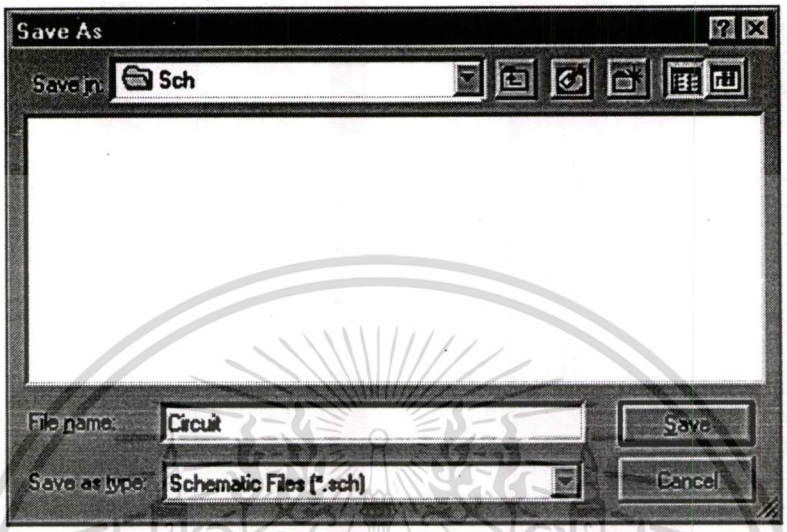


รูปที่ ช.12 แสดงการเลือกวิธีการวิเคราะห์วงจรสำหรับรูปที่ 17

จากนั้นให้คลิกปุ่ม "Close" เพื่อเปิดหน้าต่าง Analysis Setup และกลับสู่แผนภาพวงจร

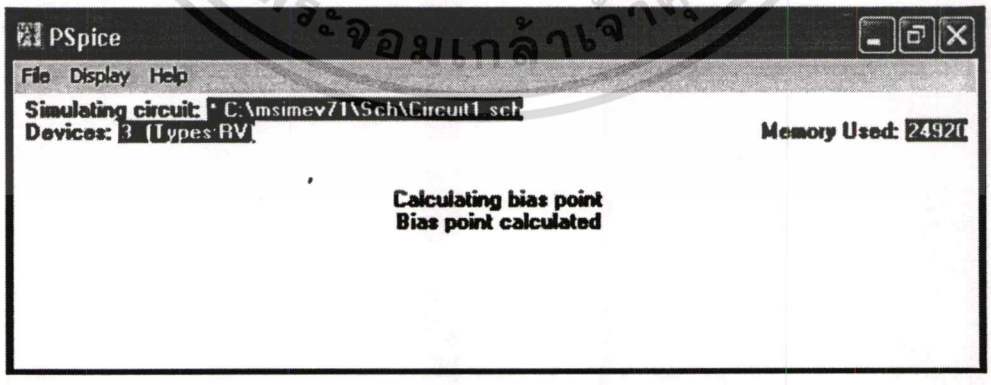
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ทำการจัดเก็บแฟ้มข้อมูล โดยการกด Ctrl + S (Save) หรือคลิกที่ไอคอน  จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง ดังรูปที่ 13 ให้ผู้ใช้เลือกที่ตั้งของแฟ้มข้อมูลจากช่อง "Save in :" และพิมพ์ชื่อแฟ้มข้อมูลที่ต้องการในช่อง "File Name :" แล้วกดปุ่ม Enter หรือคลิกที่ปุ่ม "Save"



รูปที่ ช.13 แสดงหน้าต่างการจัดเก็บข้อมูล (สำหรับแฟ้มข้อมูลใหม่)

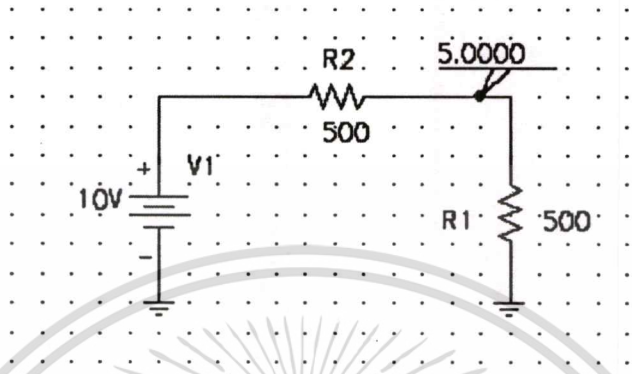
11. สั่งจำลองการทำงานวงจร โดยกดปุ่ม F11 หรือคลิกที่ไอคอน  จะปรากฏการทำงานของหน้าต่าง PSpice ดังรูปที่ 14 (โดยอัตโนมัติ) และเนื่องจากเป็นการจำลองผลขั้นพื้นฐานเฉพาะที่จุดทำงานเท่านั้น โปรแกรม Schematics จึงไม่เปิดโปรแกรม Probe สำหรับการดูผลให้ (ปกติจะเปิดโดยอัตโนมัติ)



รูปที่ ช.14 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Pspice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. จากการจำลองผลเฉพาะที่จุดทำงานนี้ โปรแกรมจะทราบค่าต่าง ๆ ในวงจร ดังนั้น จึงปรากฏค่าแรงดัน ณ ตำแหน่งที่กำหนดเครื่องหมาย Viewpoint ดังรูปที่ 15 โดยมีค่าที่แสดงคือ 5 โวลท์ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการแบ่งแรงดัน

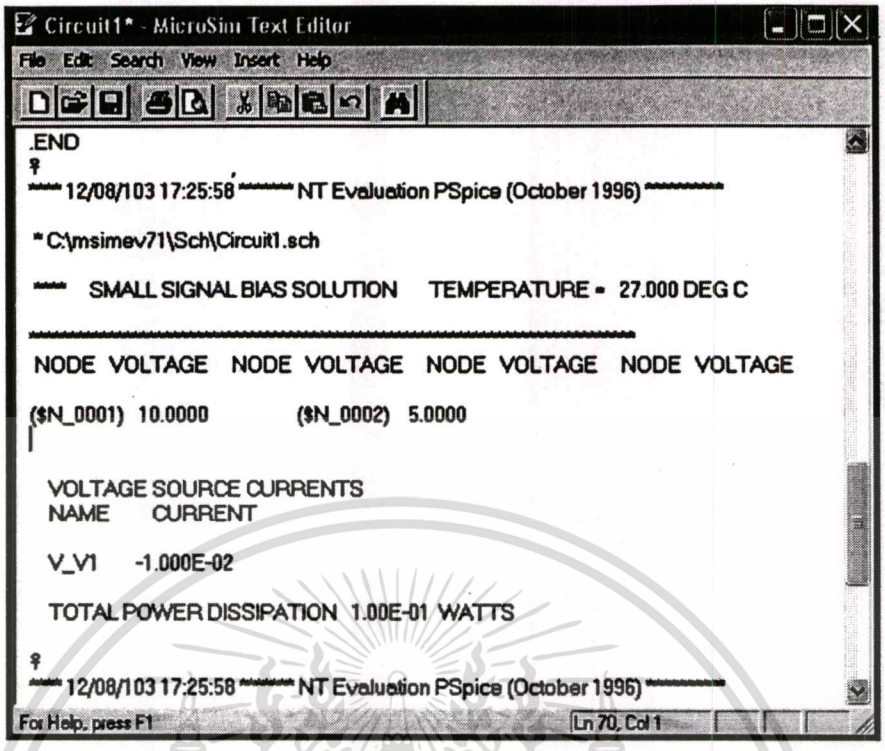


รูปที่ ช.15 แสดงผลหลังการจำลองการทำงาน

13. ผู้ใช้สามารถดูแฟ้มข้อมูลเป็นตัวอักษรได้จากการเปิดแฟ้มข้อมูล .out ด้วยโปรแกรม Note Pad หรือโปรแกรมประเภท Text Editor อื่น ๆ โดยเปิดแฟ้มข้อมูลแผนภาพวงจรที่จัดเก็บไว้ก่อนหน้านี้ แต่ให้เลือกแฟ้มที่มีนามสกุลเป็น .out เท่านั้น ในที่นี้จัดเก็บแฟ้มข้อมูลไว้ในแฟ้มชื่อ Circuit1.sch การเปิดแฟ้มข้อมูลเพื่อดูผลเป็นตัวอักษร ก็จะเปิดแฟ้มชื่อ Circuit1.out

อย่างไรก็ดี เพื่อความสะดวกในการเปิดแฟ้มข้อมูล .out นี้ ผู้ใช้สามารถสั่งให้เปิดจากโปรแกรม Sche-matics ได้เช่นกัน โดยเรียกเมนูย่อย Examine Output จากเมนูหลัก Analysis ก็จะเป็นการเปิดหน้าต่างใหม่ขึ้นมา โดยข้อมูลในตอนท้ายของแฟ้มข้อมูลนี้ แสดงได้ดังรูปที่ 26 ซึ่งแหล่งจ่าย V1 ในแผนภาพ ก็คือ V__V1 นั่นเอง ในแฟ้ม .out นั่นเอง จากรูปที่ 16 จะพบว่าอุณหภูมิขณะทำการจำลองผลคือ 27 องศาเซลเซียสบริเวณที่วงไว้ก็คือ ค่ากระแสที่ผ่านแหล่งจ่าย V1 และเครื่องหมายลบ แสดงให้ทราบว่ากระแสมีทิศทางไหลออกจากแหล่งจ่าย สำหรับตัวเลขในบรรทัดสุดท้ายของรูปที่ 17 นั้น คือเวลาเป็นวินาทีที่ใช้ในการจำลองการทำงาน

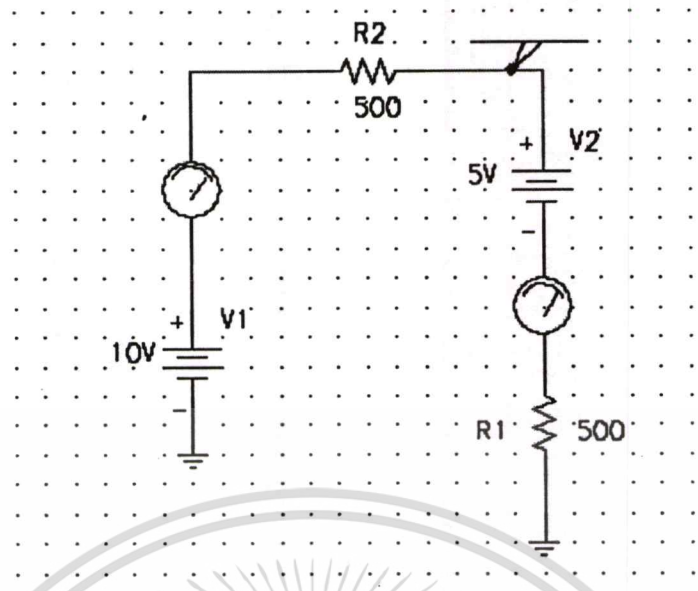
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



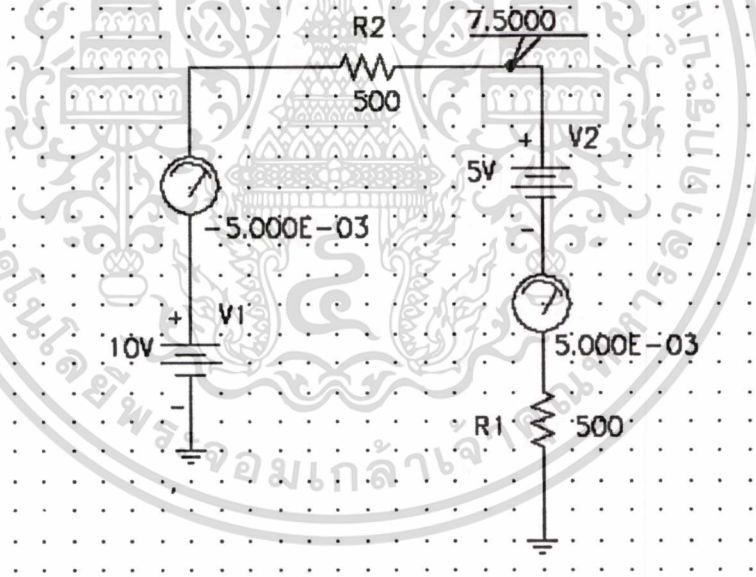
รูปที่ ช.16 แสดงรายละเอียดในแฟ้มข้อมูล .out

จากตัวอย่างข้างต้นนี้ หากดัดแปลงวงจรในรูปที่ 7 เป็นรูปที่ 17 โดยเพิ่มแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (V2) และเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรงในวงจร ซึ่งมีชื่อเรียกว่า IPROBE เพื่อวัดกระแสที่ไหลในวงจร (ทิศทางการไหลของกระแสจะมีผลต่อเครื่องหมายของค่ากระแสด้วย) โดยทางด้านแหล่งจ่าย V1 กระแสจะไหลเข้าทางขาลบของเครื่องวัดกระแส ขณะที่ทางด้าน V2 กระแสจะไหลเข้าเครื่องวัดทางขาบวก เมื่อจัดเก็บข้อมูลเป็นแฟ้มใหม่ชื่อ Circuit2.sch แล้วทำการจำลองการทำงานใหม่ก็จะได้ผลดังรูปที่ 18 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ขนาดของกระแสที่เครื่องวัดทั้งสองจะเท่ากัน แต่จะต่างกันที่เครื่องหมายเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



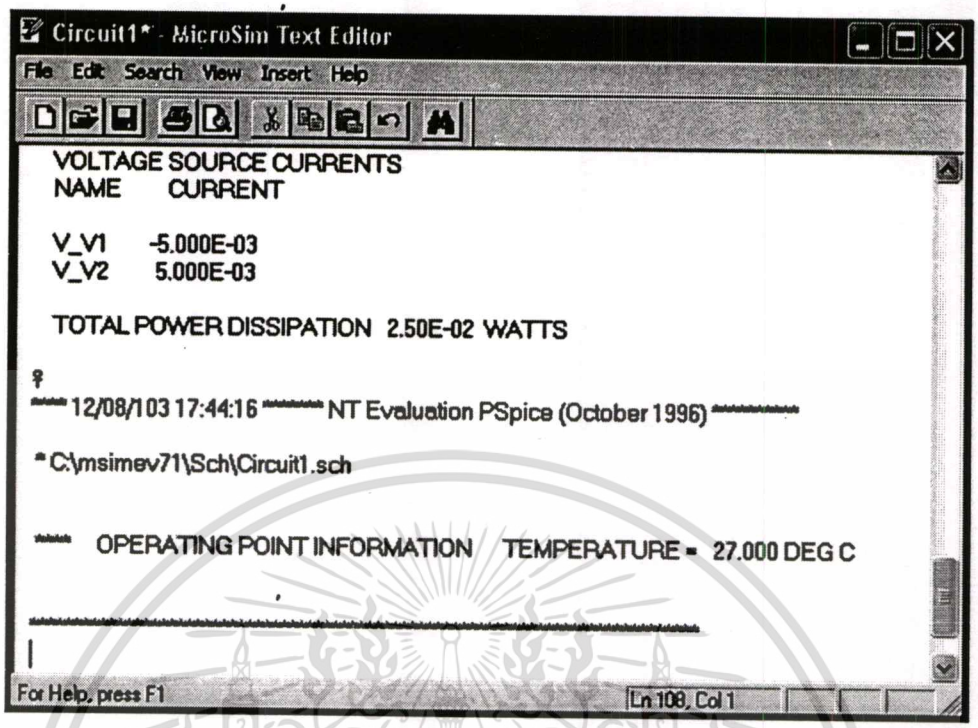
รูปที่ ช.17 แสดงวงจรตัวอย่างที่ดัดแปลงจากวงจรแรก



รูปที่ ช.18 แสดงผลการจำลองการทำงานวงจรในรูปที่ 17

ถ้าเปิดแฟ้มข้อมูล .out ดู ในตอนท้ายของแฟ้มข้อมูลจะเป็นดังรูปที่ 19 โดยจะเห็นได้ว่า กระแสที่แหล่งจ่ายแรงดัน V2 เป็นบวก ขณะที่แหล่งจ่าย V1 กระแสมีค่าติดลบ จากรูปที่ 18 และ 19 นี้ จึงอาจสรุปได้ว่าถ้ากระแสที่ไหลจริงในวงจร เป็นกระแสไหลเข้าชิ้นส่วน / อุปกรณ์ หรือแหล่งจ่าย แล้วการวัดกระแสที่ไหลเข้าที่ขา 1 ของชิ้นส่วนหรือขาบวกของอุปกรณ์ จะมีค่าเป็นบวกเสมอ ถ้าไหลในทิศทางตรงข้ามก็จะมีเครื่องหมายเป็นลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

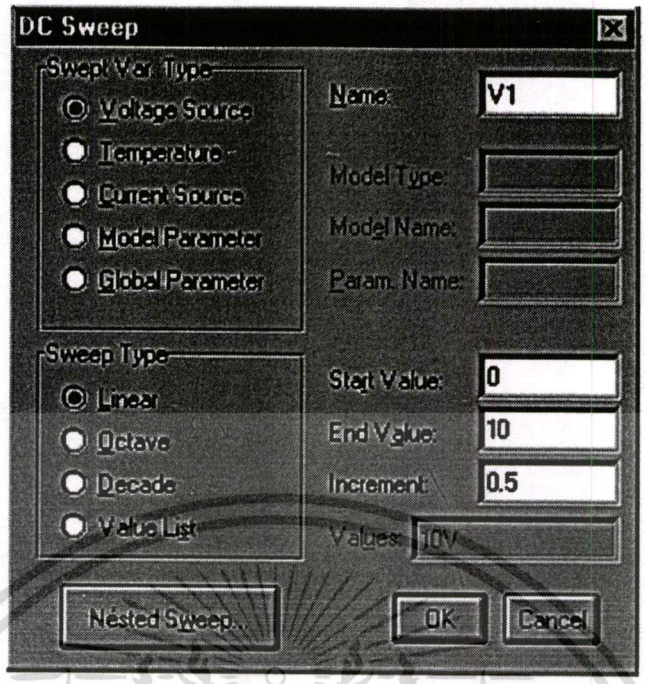


รูปที่ ช.19 แสดงรายละเอียดในแฟ้มข้อมูล.out ของรูปที่ 17

หากต้องการกวาดค่าแหล่งจ่าย V1 จากค่า 0 จนถึง 10 V เพื่อดูการไหลของกระแสในวงจร หรือค่าอื่นๆ ก็สามารถทำได้โดยกำหนดวิธีการวิเคราะห์วงจรเป็นแบบ DC Sweep โดยใช้เม้าส์คลิกที่ปุ่ม "DC Sweep" ในรูปที่ 13 ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างชื่อ DC Sweep ขึ้น ให้ผู้อ่านพิมพ์ค่าตามรูปที่ 21 แล้วคลิกที่ปุ่ม "OK" และปุ่ม "Close" ตามลำดับ การกำหนดค่าตามรูปที่ 20 นั้น มีความหมายดังนี้

Swept Var. Type	ใช้เลือกตัวแปรที่ต้องการให้กวาดค่า ในที่นี้คือแหล่งจ่ายแรงดัน (Voltage Source)
Sweep Type	ใช้กำหนดวิธีการกวาดค่าว่าให้มีลักษณะเป็นแบบใด ในที่นี้คือเป็นเชิงเส้น (Linear)
Name : V1	เป็นการระบุชื่อแหล่งจ่ายที่ต้องการให้ทำการกวาดค่าว่าคือ แหล่งจ่ายแรงดัน V1
Start Value : 0	เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นของการกวาดค่าว่าให้เริ่มจาก 0 V
End Value : 10	เป็นการกำหนดค่าสุดท้ายของการกวาดค่าว่าให้สิ้นสุดที่ 10 V
Increment : 0.5	เป็นการกำหนดว่าให้เพิ่มค่าแหล่งจ่ายครั้งละ (Step ละ) 0.5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช.20 แสดงหน้าต่างสำหรับกำหนดเงื่อนไข DC Sweep

จากนั้นให้กดปุ่ม F11 เพื่อสั่งจำลองการทำงาน หลังจากกระบวนการคำนวณเสร็จสิ้นลง แล้วโปรแกรม Probe จะถูกเปิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 21 โดยแกนนอนจะเป็นแกนแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายแรงดัน V1 ซึ่งมีพิสัย (Range) 0 ถึง 10 V ขณะที่แกนตั้งจะเป็นแกนใดๆ ไม่เจาะจง ขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้ต้องการจะดูค่าของตัวแปรใดในวงจร

ขณะที่อยู่ในหน้าต่างโปรแกรม Probe (ให้ดูจากชื่อหน้าต่างว่าหน้าต่าง Probe เป็นหน้าต่างที่ถูกใช้งานอยู่ในปัจจุบันหรือไม่) การดูค่าตัวแปรนั้น สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Insert หรือคลิกที่เมนูย่อย Add ภายใต้เมนูหลัก Trace ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 22 ให้ใช้เม้าส์คลิกที่ชื่อตัวแปรที่ต้องการในช่อง Node Names สมมุติว่าในที่นี้ต้องการดูกระแสที่ไหลผ่านแหล่งจ่าย V1 และ V2 จึงให้คลิกที่ตัวแปรชื่อ I (V1) แล้วคลิกที่ I(V2) ในขั้นตอนนี้จะปรากฏข้อความ "I(V1) I(V2) "ในช่อง" Trace Expression: " แล้วคลิกที่ปุ่ม "OK" จะปรากฏกราฟของตัวแปรทั้งสองบนหน้าจอของโปรแกรม Probe ดังรูปที่ 23 โดยกราฟทั้งสองจะเป็นฟังก์ชั่นของแหล่งจ่าย V1

จากรูปที่ 23 ผู้อ่านจะเห็นว่าการที่วิเคราะห์แบบกวาดค่าแรงดันนี้ จะช่วยให้การวิเคราะห์ง่ายขึ้นมาเพราะเมื่อเทียบกับการคำนวณด้วยมือแล้ว จะใช้เวลาน้อยกว่ามาก อีกทั้งยังสามารถช่วยแสดงผลในรูปแบบกราฟิคที่ช่วยให้ง่ายต่อการเข้าใจอีกด้วย นอกจากนี้ ทางด้านขวามือของ รูปที่ 22 ยังมีฟังก์ชั่นการใช้งานรองรับอีกเป็นจำนวนมากด้วยอีกด้วย ในการใช้งานสามารถใช้งานฟังก์ชั่นเหล่านี้ ร่วมกับตัวแปรต่าง ๆ ทางด้านซ้ายมือของรูปที่ 22 ได้อีกด้วย เช่น ต้องการหาค่ากำลังงานของ R2 ในวงจรก็สามารถทำได้โดยกดปุ่ม Insert แล้วคลิกที่ V(R2:1) (เป็นการวัดแรงดันที่ขา 1

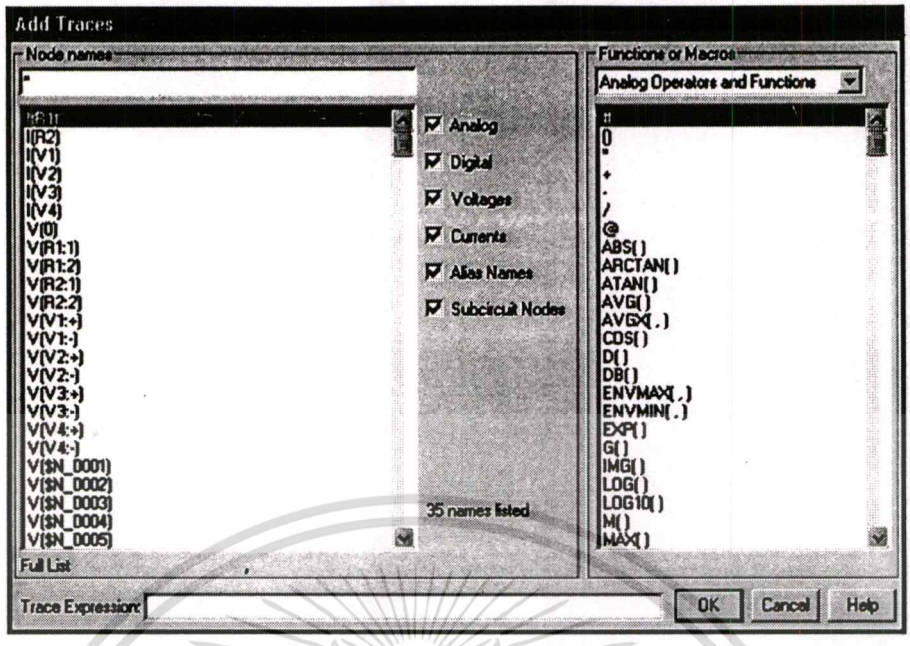
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ R2 เทียบกับกราวด์ของวงจร) แล้วคลิกที่ * (เครื่องหมายคูณทางด้านขวามือ) แล้วคลิกที่ I(R2) (เป็นการวัดกระแสที่ไหลผ่าน R2) แล้วคลิกที่ปุ่ม "OK" จะได้กราฟของกำลังงานดังรูปที่ 24 โดยหน่วย mW ในกราฟรูปที่ 24 นั้น โปรแกรมจะสร้างให้เองโดยอัตโนมัติ

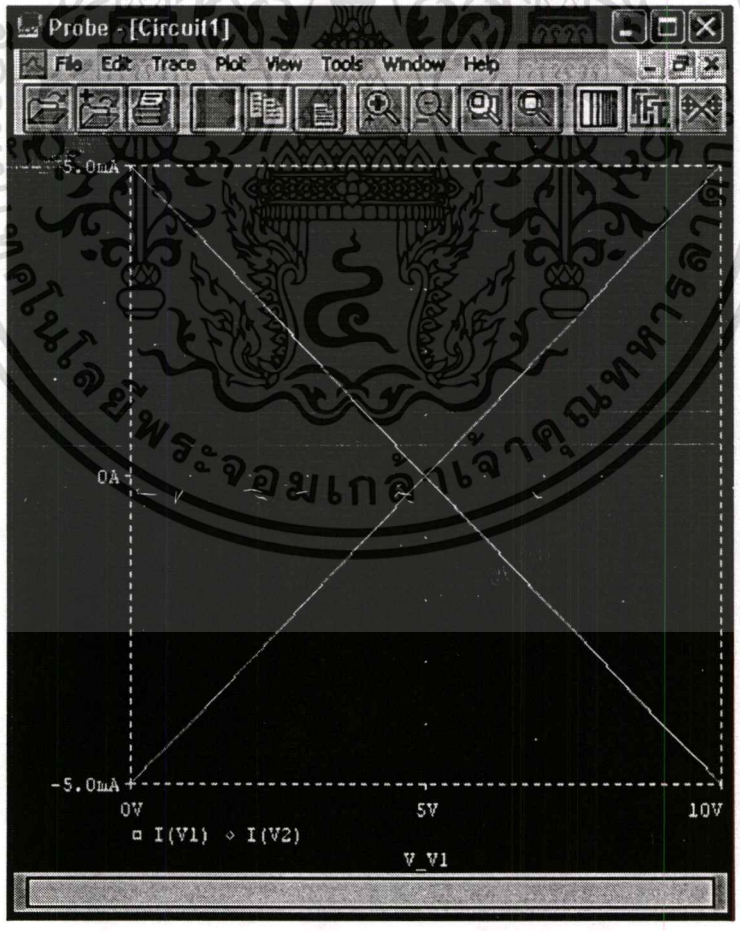


รูปที่ ช.21 แสดงภาพหน้าจอของโปรแกรม Probe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

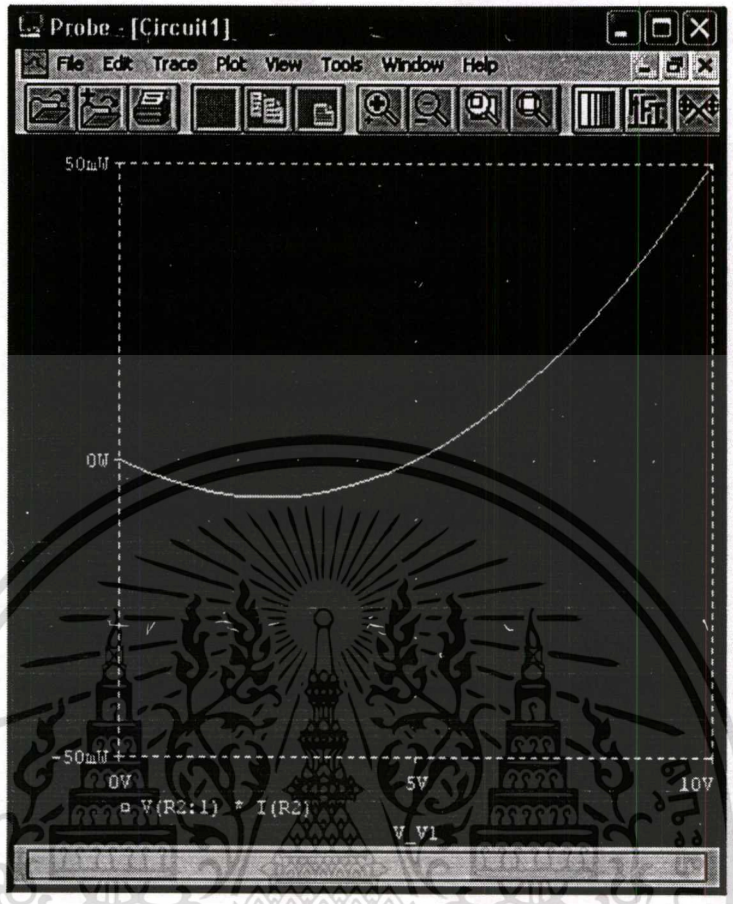


รูปที่ ช.22 แสดงภาพหน้าจอในการเลือกตัวแปรเพื่อดูผล



รูปที่ ช.23 แสดงภาพหน้าจอหลังจากเลือกตัวแปรเพื่อดูผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช.24 แสดงกราฟของกำลังงานที่ R2 เป็นฟังก์ชั่นของ V1

จากตัวอย่างเชื่อว่าผู้อ่านเริ่มจะเห็นภาพพจน์ของโปรแกรม PSpice for Windows แล้วว่ามีลักษณะการทำงานอย่างไร ซึ่งจะเห็นว่าการใช้งานค่อนข้างง่าย และมีประสิทธิภาพสูง แต่เนื่องจากความสามารถของโปรแกรมนี้มีอยู่มากมาย ดังนั้นผู้อ่านควรศึกษาความรู้ในเรื่องต่างๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้