สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

LABORATORY OF TRANSISTOR AMPLIFIER CIRCUITS SIMULATION USING COMPUTER PROGRAM

บุญทัน สนั่นน้ำหนัก
BOONTAN SANANNAMNAK

วพ.
บ464ก
2555

เลขหมู่.....128730
เลขทะเบียน.....
วัน, เดือน, ปี 12 พ.ย. 2556

ว id

.b.12551648
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2555
KMITL–2012–ED–M–231–040

LABORATORY OF TRANSISTOR AMPLIFIER CIRCUITS SIMULATION USING COMPUTER PROGRAM

BOONTAN SANANNAMNAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2012
KMITL-2012-ED-M-231-040

COPYRIGHT 2012
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
นักศึกษา	นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก
รหัสประจำตัว	50063505
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ใบงานปฏิบัติการจำนวน 6 ใบงาน ใบงานรวม 1ใบงาน แบบประเมินการปฏิบัติและแบบประเมินคุณภาพ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการหาประสิทธิภาพ หรือ E_1/E_2

ผลจากการวิจัยพบว่า คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีคุณภาพด้านรูปแบบอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.67 S.D.=0.44) และคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ =4.54,S.D.=0.53) คะแนนที่ได้จากการทำใบงานปฏิบัติการทั้ง 6 ใบงาน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 88.61 และจากใบงานรวม 1 ใบงาน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.82 ดังนั้นใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จึงมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

Thesis Title	Laboratory of Transistor Amplifier Circuits Simulation Using Computer Program
Student	Mr. Boontan Sanannamnak
Student ID.	50063505
Degree Program	Master of Science in Industrial Education Electrical Communications Engineering
Year	2012
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Wisuit Sunthonkanokpong
Thesis Co-Advisor	Assoc.Prof. Peerawut Suwanjan

ABSTRACT

The objectives of this research were to develop, to find out the quality and the efficiency of laboratory sheets on the laboratory of transistor amplifier circuits simulation using computer program. The sample group of this research consisted of 30 electrical diploma students at Rajamangala University of Technology, Isan Surin Campus. The tools were six laboratory sheets, a whole laboratory sheet, a performance evaluation form, and a quality evaluation form. Statistics utilized for data analysis were mean, standard deviation, and the efficiency or E_1/E_2.

The result of this research the revealed that the quality of format ($\overline{X}$ = 4.67, S.D.=0.44) and content ($\overline{X}$ =4.54, S.D. =0.53) of laboratory of transistor amplifier circuits simulation using computer program was at very good level. The average scores of six laboratory sheets were 88.61% while the ones of the whole laboratory sheet were 81.82%. Thus, the efficiency of laboratory sheets laboratory of transistor amplifier circuits simulation using computer program would be 88.61/81.82 which was in congruence with specified criteria that E_1/E_2 was 80/80.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ช่วยตรวจสอบและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ. ประเสริฐ เคนพันค้อ อาจารย์สรายุตร์ สวัสดิ์วงษ์ชัย อาจารย์อลงกรณ์ อัมพุช อาจารย์อำนวย สุปะติ อาจารย์บุญเลิศ สุขประเดิม ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำตรวจสอบ แก้ไขและปรับปรุงเครื่องมือในการวิจัยให้มีคุณภาพสูงสุด

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขและปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณรองอธิการบดีมหาวิยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ ที่ได้อนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ ในการสร้างเครื่องมือและการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง รวมทั้งครอบครัวทุกคนที่ได้ให้ความรัก ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือทุกด้านตลอดมา

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆ นักศึกษาทุกคน และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่าง และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลมาจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

บุญทัน สนั่นน้ำหนัก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญภาพ.....VIII
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....2
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....2
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....3

บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1 หลักสูตรรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์.....5
2.2 การออกแบบการเรียนการสอน.....7
2.3 การสอนแบบการทดลอง.....11
2.4 ใบงานการทดลอง.....17
2.5 สถานการณ์จำลองและโปรแกรมจำลองสถานการณ์.....19
2.6 การวัดและประเมินผล.....27
2.7 กรอบแนวคิดในการสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลอง.....37
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....40

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....42
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....42
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....42
3.3 การเก็บรวบรวมข้องมูล.....55
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....55
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....58
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงาน ของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านรูปแบบ....58
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงาน ของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านเนื้อหา....59
4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงาน ของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์....60

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ....62
5.1 สรุปผลการวิจัย....62
5.2 อภิปรายผลการวิจัย....63
5.3 ข้อเสนอแนะ....65

บรรณานุกรม....66

ภาคผนวก....70
ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย....71
ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ....79
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพของใบงานปฏิบัติการ....81
ภาคผนวก ง แบบประเมินภาคปฏิบัติ....84
ภาคผนวก จ แบบสังเกตพฤติกรรม....86
ภาคผนวก ฉ ใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน พร้อมเฉลย....88
ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ....108
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างใบงานปฏิบัติการพร้อมเฉลย....133
ภาคผนวก ฌ คู่มือการใช้งานโปรแกรม Electronic Workbench....233

ประวัติผู้เขียน....258

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 หน่วยการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์....6

3.1 เกณฑ์การตีความหมายของการแสดงความคิดเห็น....53

4.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงาน ของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านรูปแบบ....58

4.2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงาน ของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านเนื้อหา....59

4.3 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงาน ของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์....60

ช.1 แสดงคะแนนที่ได้จากการทำใบงานปฏิบัติการจำนวน 6 ใบงานรวมกัน....109

ช.2 แสดงคะแนนที่ได้จากการทำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน....110

ช.3 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง คุณสมบัติทางด้านอินพุทและและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนเบส....112

ช.4 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง คุณสมบัติทางด้านอินพุทและและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์....113

ช.5 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง คุณสมบัติทางด้านอินพุทและและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์....114

ช.6 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม....115

ช.7 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม ของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาอิมิตเตอร์ร่วม....116

ช.8 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอลเล็กเตอร์ร่วม....117

ช.9 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน กับวัตถุ ประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ....118

ช.10 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนเบส....119

ช.11 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์....120

ช.12 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่ว เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์....121

ช.13 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรคอมมอนเบส....122

ช.14 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์.....123

ช.15 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ
แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์.....124

ช.16 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ
แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป ใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน 125

ช.17 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ
แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนเบส.....126

ช.18 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป
เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์.....127

ช.19 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป
เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์.....128

ช.20 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป
เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กวงจรขยายคอมมอนเบส.....129

ช.21 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป
เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กวงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์.....130

ช.22 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป
เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์.....131

ช.23 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป
ใบงานรวม จำนวน 1 ใบงาน.....132

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างการจำลองสถานการณ์....20
2.2 แบบการจำลองสถานการณ์เป็นขั้น....22
3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำนวน 6 ใบงาน....45
3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานรวม จำนวน 1 ใบงาน....48
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินการปฏิบัติ....51
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ....54
ฌ.1 แสดงภาพหน้าจอของโปรแกรม Schematics....235
ฌ.2 แสดงภาพเครื่องมือ Standard....236
ฌ.3 แสดงภาพเครื่องมือ View....237
ฌ.4 แสดงภาพเครื่องมือ Component....237
ฌ.5 แสดงภาพเครื่องมือ Instrument....238
ฌ.6 แสดงภาพเครื่องมือ Instrument Switch....238
ฌ.7 แสดงภาพเครื่องมือ Multimeter....239
ฌ.8 แสดงภาพเครื่องมือ Function Generator....240
ฌ.9 แสดงภาพเครื่องมือ Oscilloscope....241
ฌ.10 แสดงแผนภาพวงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์....244
ฌ.11 แสดงแผนภาพเมนู Place....245
ฌ.12 แสดงแผนภาพการเลือกอุปกรณ์ Select Component....246
ฌ.13 แสดงแผนภาพการวางอุปกรณ์....246
ฌ.14 แสดงแผนภาพการตั้งค่าอุปกรณ์....247
ฌ.15 แสดงแผนภาพการหมุนอุปกรณ์....248
ฌ.16 แสดงแผนภาพการกำหนดทิศทางการหมุนของอุปกรณ์....249
ฌ.17 แสดงแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์....252
ฌ.18 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์วงจร....256

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในด้านต่างๆ อย่างมากมาย เช่น ในด้านการศึกษาได้มีการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในระบบการเรียนการสอนที่เห็นได้ชัดเจนคือ เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทอย่างมาก ทั้งในด้านการบริหารและการจัดการเรียนการสอน ซึ่งทำให้ได้รับความสะดวก รวดเร็ว และถูกต้องในการทำงานเป็นอย่างสูง วงจรอิเล็กทรอนิกส์จัดว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญมากของเทคโนโลยีด้านต่างๆ ที่ใช้งานกันอยู่ โดยเฉพาะวงจรขยายทรานซิสเตอร์ ซึ่งเป็นวงจรขยายสัญญาณพื้นฐานทางสัญญาณไฟฟ้าที่นำมาใช้งานในระบบการวัดและการควบคุมทางอุตสาหกรรม ระบบสื่อสาร เป็นต้น จึงมีความจำเป็นที่ผู้ที่ศึกษาทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะต้องเรียนรู้โครงสร้าง การทำงานของอุปกรณ์ และวงจรต่างๆ ทางด้านวงจรขยายทรานซิสเตอร์ ซึ่งในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ มีการเปิดสอนในสาขาวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ซึ่งได้ลงเรียนวิชาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ หัวข้อเรื่องวงจรขยายทรานซิสเตอร์ ในการเรียนนั้นนักศึกษาจำเป็นจะต้องเรียนรู้ทั้งในด้านทฤษฎีอย่างเข้าใจและฝึกปฏิบัติการทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ซึ่งการเรียนการสอนในวิชาทางช่างอุตสาหกรรมนั้นจะมีทั้งการสอนทางภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ สำหรับการทดลองหรือการประลอง (Laboratory) จะเป็นการเรียนการสอนสำหรับภาคปฏิบัติอีกประเภทหนึ่งที่ผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรมการเรียน การทดลองแต่ละเรื่องให้ครอบคลุมเนื้อหาของแต่ละรายวิชาให้มากที่สุด กล่าวคือ กิจกรรมที่จัดขึ้นนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างกิจกรรมในชั้นเรียนกับกิจกรรมทางงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะเรียนรู้และพิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎีตามที่ได้มีการค้นพบมาว่ามีความถูกต้องและสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และได้ประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ฝึกปฏิบัติงาน สามารถประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้อย่างถูกต้อง

โดยส่วนใหญ่สภาพการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติในระดับ ปวส. ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ค่อนข้างประสบปัญหามาก เนื่องจากชุดทดลองมีไม่เพียงพอกับจำนวนนักศึกษาที่เข้าฝึกทดลอง เครื่องมือ และอุปกรณ์การทดลองชำรุดเสียหาย และไม่สามารถซ่อมแซมให้ใช้งานได้เหมือนเดิม ทำให้การเรียนในภาคปฏิบัติไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ในระดับ ปวส. ที่สอนอยู่ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ เป็นอีกรายวิชาหนึ่งที่ประสบปัญหาในด้านของการเรียนภาคปฏิบัติอีกวิชาหนึ่งอันเนื่องมาจากปัญหาข้างต้น ทำให้นักศึกษาไม่สามารถวัดและทดสอบค่าต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง บางครั้งก็เกิดจากอุปกรณ์บางตัวไม่มีหรือเกิดค่าผิดพลาดทำให้เกิดความขัดแย้งกับทางทฤษฎี

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในเรื่องของการทดลองซึ่งมีความสำคัญมากในการศึกษาระดับ ปวส. ซึ่งมุ่งเน้นให้นักศึกษามีทักษะในการปฏิบัติงานได้จริง ผู้วิจัยจึงได้คิดสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดลองแทนการทดลองด้วยอุปกรณ์จริง เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ประเภทนี้จะเป็นการจำลองสถานการณ์ หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงหรือเลียนแบบกระบวนการที่เกิดขึ้น สำหรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจะเป็นจริง บางสถานการณ์อาจเปิดโอกาสให้

ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในสถานการณ์นั้นด้วย เช่น การวัดรูปคลื่นไฟฟ้าด้วยเครื่องมือที่จำลองขึ้น นักศึกษาจะต้องปรับแต่งและอ่านค่าของรูปคลื่นด้วยตนเอง จะเป็นการสอนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาได้เหมือนจริง เข้าใจง่าย การจำลองบางเรื่องช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุ อุปกรณ์ ในการปฏิบัติได้มากและลดการเสี่ยงอันตรายอันเนื่องจากการฝึกทดลองปฏิบัติจริงได้อีกด้วย โปรแกรมที่สามารถนำมาใช้ในการสอนภาคปฏิบัติมีอยู่หลายโปรแกรมด้วยกัน เช่น โปรแกรม Electronics Workbench

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำวิจัยเรื่อง การทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Electronics Workbench ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์การทำงานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางในการศึกษา ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มาใช้ในการจำลองสถานการณ์ในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ แทนการทดลองโดยอุปกรณ์จริง เนื่องจากโปรแกรมดังกล่าวสามารถจำลองสถานการณ์การทำงานของวงจรทดลองบนจอคอมพิวเตอร์ได้ โปรแกรมได้สร้างแบบจำลองเครื่องมืออุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องมือวัดค่าต่างๆ ให้สามารถประกอบวงจรการทดลองและวัดค่าต่างๆ ได้โดยไม่ชำรุดเสียหายในกรณีเกิดความผิดพลาดขึ้นระหว่างการทดลอง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์อยู่ในระดับดีขึ้นไป

1.3.2 ประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2ไม่น้อยกว่า 80/80

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดัดแปลงแนวคิดของกาเย่มาใช้ในการวิจัยดังนี้ ไม่มีทฤษฎีใดจะอธิบายการเรียนรู้ได้ทุกแง่มุม การสอนจะต้องคำนึงถึงเนื้อหาและความคิดรวบยอด เรียงจากง่ายไปหายาก แนวคิดในการวิจัยที่ผู้เรียนมีวิธีการเรียนรู้แต่ละคนแตกต่างกัน โดยออกแบบการเรียนการสอนที่ดัดแปลงมาจากทฤษฎีของกาเย่ 9 ขั้นตอน (อ้างใน สุกรี รอดโพธิ์ทอง.2531)

ในการสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการเลือกใช้ 7 ขั้นตอน มีดังนี้ ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้ในการออกแบบ

1.4.1 บอกวัตถุประสงค์ของบทเรียน (Specify Objective)

1.4.2 เสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)

1.4.3 ชี้แนวทางเพื่อการเรียนรู้ (Guide Learning)

1.4.4 กระตุ้นให้มีการตอบสนอง (Elicit Response)

1.4.5 ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)

1.4.6 ทดสอบความรู้ (Assess Performance)

1.4.7 การจำและนำไปใช้ (Promote Retention Transfer)

ส่วนเนื้อหาที่ใช้สร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการทดลองในครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 04212106 เรื่อง คุณสมบัติทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรขยาย และวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาไฟฟ้ากำลัง พุทธศักราช 2548 มีคาบเรียนทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบ คาบละ 60 นาที

1.5 ขอบเขตของการวิธีการวิจัย

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ ปีการศึกษา 2554 จำนวน 30 คน

1.5.2 เนื้อหาวิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ คุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรขยายและวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก

ใบงานที่ 1 ปฏิบัติการทดลองหาคุณสมบัติของวงจรคอมมอนเบส

ใบงานที่ 2 ปฏิบัติการทดลองหาคุณสมบัติของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

ใบงานที่ 3 ปฏิบัติการทดลองหาคุณสมบัติของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

ใบงานที่ 4 ปฏิบัติการทดลองวงจรขยายเบสร่วม

ใบงานที่ 5 ปฏิบัติการทดลองวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม

ใบงานที่ 6 ปฏิบัติการทดลองวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม

1.5.3 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลทดลองเก็บข้อมูลการวิจัย คือในปีการศึกษา 2554

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยดังนี้ คือ

1.6.1 การทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หมายถึง ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ทำการฝึกปฏิบัติ

1.6.2 โปรแกรมจำลองสถานการณ์ หมายถึง โปรแกรมสำเร็จรูป Electronics Workbench ซึ่งเป็นโปรแกรมช่วยในการทดลองเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

1.6.3 คุณภาพ หมายถึง ผลการประเมินการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีค่าเฉลี่ย 3.5 ขึ้นไป

1.6.4 ประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หมายถึง ความสามารถทางการเรียนภาคปฏิบัติของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งวัดจากความสามารถทางการเรียนภาคปฏิบัติจากใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ E_1/E_2 (80/80)

E_1 ตัวแรก หมายถึง ความสามารถทางการเรียน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากค่าคะแนนเฉลี่ยที่นักศึกษาทำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้ง 6 ใบงานรวมกัน

E_2 ตัวหลัง หมายถึง ความสามารถทางการเรียน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากค่าคะแนนเฉลี่ยที่นักศึกษาทำใบงานรวม 1 ใบงาน

1.6.5 ใบงานปฏิบัติการ หมายถึง ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรม จำนวน 6 ใบงาน

1.6.6 ใบงานรวม หมายถึง ใบงานปฏิบัติการหลังการทดลองครบทั้ง 6 ใบงาน

1.6.7 แบบประเมินคะแนนภาคปฏิบัติ หมายถึง เอกสารที่ใช้ประกอบการบันทึกคะแนนในการฝึกภาคปฏิบัติทดลองใบงาน โดยมีครูฝึกเป็นผู้ทำการวัด

1.6.8 ความสามารถทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการฝึกภาคปฏิบัติทดลองใบงาน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งเพื่อสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์เลียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง พุทธศักราช 2548 มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 หลักสูตรรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์

2.2 การออกแบบการเรียนการสอน

2.3 การสอนแบบการทดลอง

2.4 ใบงานการทดลอง

2.5 สถานการณ์จำลองและโปรแกรมจำลองสถานการณ์

2.6 การวัดและการประเมินผล

2.7 กรอบแนวคิดในการสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์

วิชาอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 04-212-106 เป็นวิชาในหมวดวิชาชีพเฉพาะสาขาเวลาเรียน 5 คาบ ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบ จำนวน 3 หน่วยกิต สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ ได้กำหนดจุดประสงค์รายวิชา และคำอธิบายรายวิชาในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 04-212-106 ไว้ดังนี้

2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจเกี่ยวกับไดโอดและทรานซิสเตอร์และวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก
2. เข้าใจเกี่ยวกับออปแอมป์ และวงจรกำเนิดสัญญาณ
3. คำนวณค่าพารามิเตอร์ของวงจรไดโอดเพื่อนำไปใช้งาน
4. ออกแบบวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์
5. เห็นความสำคัญของวงจร และการใช้งานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.1.2 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติการเกี่ยวกับไดโอดและการนำไดโอดไปใช้งาน ทรานซิสเตอร์ วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กด้วยทรานซิสเตอร์ ออปแอมป์ และวงจรกำเนิดสัญญาณ

2.1.3 หน่วยการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 04-212-106

ตารางที่ 2.1 หน่วยการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จำนวนคาบ
1	- ไดโอด	4
	- ปฏิบัติหาคุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอด	3
2	- การนำไดโอดไปใช้งาน	4
	- ปฏิบัติวงจรตัดรูปคลื่นสัญญาณโดยใช้ไดโอด	3
	- ปฏิบัติวงจรยกระดับสัญญาณโดยใช้ไดโอด	3
	- ปฏิบัติวงจรทวีแรงดันโดยใช้ไดโอด	3
	- ปฏิบัติวงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่	3
	- ปฏิบัติวงจรเรียงกระแส	3
3	- การไบอัสทรานซิสเตอร์	4
	- ปฏิบัติวงจรไบอัสแบบคงที่	3
	- ปฏิบัติวงจรไบอัสรักษาระดับที่ขาอิมิตเตอร์	3
	- ปฏิบัติวงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดัน	3
	- ปฏิบัติวงจรไบอัสแบบแรงดันป้อนกลับ	3
4	- คุณลักษณะสมบัติของวงจรคอมมอนทรานซิสเตอร์	4
	- ปฏิบัติหาคุณสมบัติของวงจรคอมมอนเบส	3
	- ปฏิบัติหาคุณสมบัติของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์	3
	- ปฏิบัติหาคุณสมบัติของวงจรคอลเล็กเตอร์	3
5	- วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก	4
	- ปฏิบัติวงจรขยายคอมมอนเบส	3
	- ปฏิบัติวงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3
	- ปฏิบัติวงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3
6	- ออปแอมป์	6
	- ปฏิบัติหาคุณลักษณะทางไฟฟ้าของออปแอมป์	3
	- ปฏิบัติวงจรขยายแบบไม่กลับสัญญาณ	3
	- ปฏิบัติวงจรขยายแบบกลับสัญญาณ	3
	- ปฏิบัติวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	3
	- ปฏิบัติวงจรรวมสัญญาณ	4
	- วงจรกำเนิดสัญญาณ	3

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จำนวนคาบ
7	- ปฏิบัติการวัดแรงดันและรูปคลื่นของวงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม	3
	- ปฏิบัติการวัดแรงดันและรูปคลื่นของวงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม	3

ผู้วิจัยได้นำหน่วยที่ 4 และหน่วยที่ 5 เรื่อง คุณลักษณะสมบัติของวงจรคอมมอนทรานซิสเตอร์และวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก มาจัดทำเป็นใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้

2.2 การออกแบบการเรียนการสอน

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

2.2.1 เร้าความสนใจ (Gain Attention)

ก่อนที่จะเริ่มเรียนนั้นควรจะได้รับแรงกระตุ้น และแรงจูงใจที่อยากจะเรียน ดังนั้นบทเรียนควรจะเริ่มด้วยลักษณะของการใช้ภาพ แสง เสียง และสี หรือการประกอบกันหลาย ๆ อย่าง การเตรียมตัว และแรงกระตุ้นผู้เรียนในขั้นแรกนี้ก็คือ การนำเสนอชื่อเรื่อง (Title) ของบทเรียนนั้นเอง ข้อสำคัญประการหนึ่งในขั้นนี้ก็คือ การนำเสนอชื่อเรื่องนั้นควรออกแบบเพื่อให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ ไม่ใช่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์ ผู้ที่ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ จึงควรคำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

2.2.1.1 ใช้กราฟิกที่เกี่ยวข้องกับส่วนของเนื้อหา และกราฟิกนั้นควรมีขนาดใหญ่และซับซ้อน

2.2.1.2 ใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation)หรือเทคนิคอื่น ๆ เข้าช่วย เพื่อแสดงการเคลื่อนไหวของภาพ หรือกราฟิกแต่ควรสั้นและง่าย

2.2.1.3 ควรใช้สีเข้าช่วยโดยเฉพาะสีเขียว แดง น้ำเงิน หรือสีเข้มอื่น ๆ ที่ตัดกับสีพื้นที่อย่างชัดเจน

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 Objective)

การบอกวัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้นทำได้หลายแบบ ตั้งแต่วัตถุประสงค์ ทั่วไปจนถึงการบอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ในการออกแบบบทเรียนสำเร็จรูปนั้น หลักการสำคัญอย่างหนึ่งคือ ข้อความที่เสนอบนจอควรเป็นข้อความที่สั้นและได้ใจความ และข้อความที่นำเสนอนั้นควรจะมีส่วนจูงใจผู้เรียนด้วย ดังนั้นการบอกวัตถุประสงค์ในบทเรียน จึงนิยมใช้ข้อความที่สั้นและโน้มน้าว

จิตใจผู้เรียน ส่วนจะเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปหรือเชิงพฤติกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับเจตนาของผู้เขียนบทเรียน และเนื้อหาของบทเรียน แต่ส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมากกว่า เนื่องจากวัตถุประสงค์ชนิดนี้ มีความชัดเจนในเนื้อหาสาระ และเกณฑ์ในการวัดผล มีความเหมาะกับเนื้อหาที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถจากการฝึกปฏิบัติการ 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 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 หรือออกจากการทดสอบ เพื่อศึกษาทบทวนด้วยตลอดเวลา

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

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

2.2.4.3 ไม่ควรใช้กราฟิกที่เข้าใจยาก และไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

2.2.4.4 การยกตัวอย่างที่เข้าใจง่าย

2.2.4.5 การใช้จอสี ไม่ควรใช้เกิน 3 สี ในแต่ล่ะเฟรม (รวมทั้งสีพื้น) ไม่ควรเปลี่ยนสีไปมา โดยเฉพาะสีหลักของตัวหนังสือ

2.2.5 ชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)

ผู้เรียนจะจำได้ดีหากมีการจัดระบบการเสนอเนื้อหาที่ดี และสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนในขั้นนี้ คือ พยายามหาเทคนิคในการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ นอกจากนนั้นยังจะต้องพยายามทุกวิถีทางที่จะทำให้การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้น มีความกระจ่างชัด และควรใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคของการใช้ภาพเปรียบเทียบ เทคนิคการให้ตัวอย่าง และตัวอย่างที่ไม่ใช้ ตัวอย่างอาจช่วยทำให้ผู้เรียนแยกแยะและเข้าใจเนื้อหาต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น

2.2.6 กระตุ้นให้มีการตอบสนอง (Elicit Responses)

ทฤษฎีการเรียนรู้กล่าวว่าการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้น เกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับ และขั้นตอนของการประมวลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิดร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการถามตอบ บทเรียนคอมพิวเตอร์มีข้อได้เปรียบเหนืออุปกรณ์อื่น ๆ ตัวอย่าง เช่น วิดีโอเทป ภาพยนตร์ สไลด์เทป หรือสื่อการสอนอื่น ๆ ซึ่งจัดเป็นสื่อการสอนแบบโต้ตอบไม่ได้ เช่น ผู้ออกแบบบทเรียนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งมีข้อแนะนำดั้งนี้

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 หรือถามคำถามเดียวแต่ตอบได้หลายคำตอบ ถ้าจำเป็นควรให้เลือกตอบตามตัวเลือก

2.2.6.7 หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำ ๆ หลายครั้ง เมื่อทำผิดซักครั้งสองครั้ง ควรจะให้การตรวจปรับเปลี่ยนทำกิจกรรมอย่างอื่นต่อไป เพื่อเป็นการใช้เวลาให้คุ้มค่า อีกทั้งเป็นการขจัดความเบื่อหน่ายอีกด้วย

2.2.7 การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)

จากการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นท้าท้ายผู้เล่นโดยการบอกจุดหมายที่ชัดเจนและให้ตรวจปรับเพื่อบอกว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด การตรวจปรับที่เป็นภาพจะช่วยเร้าความสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าภาพนั้นเกี่ยวกับเนื้อหาผู้เรียน 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 เพื่อบอกระยะใกล้ไกลจากเป้าหมาย

2.2.8 ทดสอบความรู้ (Access Performance)

บทเรียนสำเร็จรูปจัดเป็นบทเรียนโปรแกรมประเภทหนึ่ง การทดสอบความรู้ใหม่ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบระหว่างบทเรียน หรือการทดสอบในช่วงท้ายบทเรียนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง การทดสอบดังกล่าวอาจเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบตนเอง ถึงความรู้ความสามารถจากการที่ได้ศึกษาบทเรียน นอกจากนี้การทดสอบยังมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บคะแนน หรือเพื่อวัดว่าผู้เรียนผ่านเกณฑ์เพื่อที่จะศึกษาบทเรียนต่อไป การทดสอบความรู้ของบทเรียนสำเร็จรูป ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของแบบทดสอบ แบบเลือกตอบ เนื่องจากสะดวกและง่ายต่อการตรวจวัดคะแนน การทดสอบดังกล่าวนอกจากจะเป็นการประเมินผลการเรียนแล้ว ยังมีผลต่อความจำในระยะยาวของผู้เรียนด้วย ข้อสอบจึงควรเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ในการออกแบบบทเรียนเพื่อทดสอบในขั้นนี้ มีดั้งนี้

2.2.8.1 ต้องแน่ใจว่าสิ่งที่ต้องการวัดนั้นตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนหรือไม่

2.2.8.2 ข้อสอบ คำตอบ และการตรวจปรับควรอยู่ในเฟรมเดียวกัน การนำเสนอควรต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็ว

2.2.8.3 หลีกเลี่ยงการให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป นอกจากว่าต้องการทดสอบการพิมพ์

2.2.8.4 ให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียวในแต่ล่ะคำถาม หากว่าในหนึ่งคำถาม มีคำถามย่อยอยู่ด้วยให้แยกเป็นหลาย ๆ คำถาม

2.2.8.5 ควรชี้แจงผู้เรียนด้วยว่าควรตอบคำถามด้วยวิธีใด เช่น ให้กด T ถ้าเห็นว่าถูก และกด F ถ้าเห็นว่าผิด

2.2.8.6 ต้องคำนึงถึงความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบด้วย

2.2.8.7 ไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิด ถ้าการตอบไม่ชัดแจ้ง เช่น ถ้าคำตอบที่ต้องการเป็นตัวใหญ่ เป็นต้น

2.2.9 การจำและการนำไปใช้ (Promote Retention Transfer)

ในการเตรียมการสอนสำหรับชั้นเรียนปกติตามข้อเสนอแนะของ Gagne' นั้น ขั้นสุดท้ายจะเป็นกิจกรรมสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวน หรือซักถามปัญหา ก่อนจบบทเรียนในขั้นนี้เองที่บทเรียนจะได้แนะนำการนำความรู้ใหม่ไปใช้หรืออาจแนะนำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นเมื่อประยุกต์หลักดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบบทเรียน จึงได้มีข้อเสนอแนะดังนี้

2.2.9.1 ควรบอกผู้เรียนว่าความรู้ใหม่มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนผ่านมาแล้วอย่างไร

2.2.9.2 ทบทวนแนวความคิดเพื่อเป็นการสรุปเนื้อหาบทเรียน

2.2.9.3 นำเสนอสถานการณ์ที่ความรู้ใหม่อาจนำไปใช้ประโยชน์

2.2.9.4 บอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเนื่องกับบทเรียนที่ผ่านมา

ขั้นตอนการสอน 9 ขั้นตอนของ Gagne' เป็นเทคนิคการออกแบบบทเรียนที่ใช้ได้ทั่ว ๆไป แต่โดยวัตถุประสงค์หลักแล้วสามารถใช้ได้กับการวางแผนการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ

เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียนสำเร็จรูป ก็คือ การพยายามทำให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้สึกใกล้เคียงกับการเรียนรู้จากผู้สอนโดยตรง ดัดแปลงให้สอดคล้องกับสมรรถนะของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ขั้นตอนการสอน 9 ขั้นนี้ ไม่จำเป็นต้องแยกแยะออกไปเป็นลำดับตามที่เรียงไว้และไม่จำเป็นจะต้องมีครบทั้ง 9 ข้อ ขณะเดียวกันก็พยามยามปรับเทคนิคการนำเสนอไม่ให้ซ้ำ ๆ กันจนน่าเบื่อหน่าย

2.3 การสอนแบบการทดลอง

หมายถึง การสอนที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามคำแนะนำหรือคู่มือการเรียนด้วยอุปกรณ์จริงโดยมีผู้ให้ความหมายดังนี้

2.3.1 ความหมาย

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2537 : 1) ให้ความหมายของการสอนการทดลองว่าเป็นการให้การศึกษาโดยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสัมผัสและได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ และวัสดุด้วยการลงมือปฏิบัติ ประสบการณ์ที่ได้รับนั้นเริ่มจากการวางแผน การออกแบบ การต่อวงจร การใช้เครื่องมือสำหรับการทดลอง การสังเกต การบันทึกข้อมูลทางเทคนิคการสรุปวิเคราะห์ผลตลอดจนการทำงานเกี่ยวข้องกับบุคคลในลักษณะต่าง ๆ ตั้งแต่การปรึกษาหารือระหว่างผู้ร่วมงานจนถึงการติดต่อเพื่อหาข้อมูลจากผู้อื่น

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์ (2526 : 32) ให้ความหมายของการสอนการทดลองไว้ว่าเป็นการปฏิบัติอย่างหนึ่งที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนหลักการ และข้อเท็จจริงจากคนอื่น ๆ ที่ได้ค้นพบไว้แล้วรวมทั้งเป็นการพิสูจน์ว่าสิ่งที่ทดลองนั้นถูกต้องและเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

2.3.2 หลักการสอนแบบทดลอง

การจักการเรียนการสอนนั้น แม้มีวิถีการในรายละเอียดของการปฏิบัติที่ต่างกันตามองค์ประกอบ และสิ่งแวดล้อมของสถานศึกษาเพียงใดก็ตาม ธรรมชาติของการจัดการเรียนการสอน Laboratory แล้วควรมีหลักการทั่วไปที่จะต้องคำนึงในเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ (ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ 2537 : 29 - 32)

2.3.2.1 การสร้างแรงจูงใจ

แรงจูงใจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการเรียนการสอน ผู้จัดการเรียนการสอนจะต้องสร้างสภาพการณ์ที่ทำให้นักเรียนมีความรู้สึกที่อยากเรียน สิ่งนี้สามารถทำได้จากการจัดเนื้อหาของการทดลอง จัดสถานที่ จัดเครื่องที่มีความทันสมัย ท้าทาย สะดวกและเป็นประโยชน์ต่อการเรียน และมีสภาพใกล้เคียงกับความจริง

2.3.2.2 การสร้างความเข้าใจอันดีในวัตถุประสงค์ของการทดลอง

ทั้งผู้เรียนและผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจอันดี ในกระบวนการทำงานโดยตลอดตั้งแต่วัตถุประสงค์ ธรรมชาติของพฤติกรรมที่ต้องการพัฒนา ตลอดจนวิธีการประเมินผล สิ่งเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของความสำเร็จในการทำงานทุกประเภท ผู้เรียนและผู้สอนไม่ควรที่จะปล่อยให้มีการทำงานตามลายลักษณ์อักษร หรือทำตามคำสั่งเท่านั้น ผู้สอนควรจะต้องศึกษาให้เข้าใจโดยตลอดในธรรมชาติของพฤติกรรมที่จะเกิดขึ้นให้แน่ชัด โดยมีรายละเอียดที่ควรดูแลการปฏิบัติควบคุม ผู้เรียนเองก็จะต้องรู้วัตถุประสงค์ และวิธีการดำเนินงานอย่างชัดเจน ไม่ควรมุ่งเพียงที่จะหาผลลัพธ์ หรือคำตอบของการทดลองเท่านั้นเพราะฉะนั้นการให้คำอธิบายที่ชัดเจนก่อนการสอนของครูทั้งในด้านการสาธิต การแจ้งวัตถุประสงค์ และการให้ข้อมูลใน Laboratory Sheet จะเป็นเรื่องที่สำคัญ

2.3.2.3 การพิจารณาความรู้ความสามารถก่อนเรียน

ความสามารถก่อนเข้าเรียนของนักเรียน เป็นปัจจัยอันหนึ่งที่ช่วยให้การเรียนการสอนใน Laboratory ก้าวไปสู่ความสำเร็จผู้ที่ดำเนินการสอนควรจะศึกษาวิเคราะห์ Entry behavior ของผู้เรียนให้แน่ชัดก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ Classwork กับ Laboratory มีการเรียงลำดับไม่เหมาะสมก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนใน Laboratory ควรจะมีการพิจารณาในสิ่งต่อไปนี้

1) ความรู้และความสามารถที่จะพัฒนาได้จาก Laboratory

2) ความรู้ ความสามารถและทักษะที่ควรมีก่อนเรียน

3) วิธีการพิเศษที่จะพัฒนาความสามารถหรือความรู้ก่อนเรียนในกรณีที่ผู้เรียนขาด Entry behavior อย่างใดอย่างหนึ่ง

2.3.2.4 การให้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ มีความชัดเจนและมีการดูแลที่ใกล้ชิด

การสอน Laboratory นั้น มีองค์ประกอบของทักษะต่าง ๆมากมายที่ต้องการข้อมูลที่รัดกุมและชัดเจนองค์ประกอบของทักษะนั้น พอสรุปได้ดังนี้ คือ ทักษะในการควบคุมการทำงาน

1) ทักษะในการประกอบอุปกรณ์

2) ทักษะในการปรับแต่งเครื่องมืออุปกรณ์

3) ทักษะในการวัด การสังเกต และการบันทึกข้อมูล

4) ทักษะในการทำงานเป็นขั้นตอน

5) ทักษะในการเขียนกราฟและรายงาน

ทักษะต่าง ๆ นี้ ต้องการการวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบการเรียนการสอนที่ถูกต้อง ต้องการตัวอย่างสำหรับการปฏิบัติตามและต้องการควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด

2.3.2.5 การพัฒนาโนทัศน์ (Concept) ของเนื้อหาทฤษฎี

สิ่งที่ Laboratory ช่วยได้มากในการเรียนการสอน ก็คือ การพัฒนาโนทัศน์ Concept ในเนื้อวิชาการ ผู้จัดการเรียนการสอน ควรเข้าใจความหมายและองค์ประกอบของ Concept ซึ่งจะช่วยในการวางแผนการสอนด้วยการหาวิธีการให้ผู้เรียนเข้าใจ Concept ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

2.3.2.6 การพัฒนาความสามารถในการ Generalize

จุดประสงค์ใหญ่ของการเรียนรู้วิชาช่างต่าง ๆคือ การพัฒนาความสามารถในการ Generalize เรื่องราง (ความหมาย Generalize ไม่ใช้การสรุป แต่เป็นการมองเห็นภาพพจน์ของเรื่องต่างโดยส่วนรวม) เนื่องจากผู้เรียนมีโอกาสได้สัมผัสกับเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ได้สังเกตเห็นประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และสามารถควบคุมปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ Concept และ Principle ได้ลึกซึ้งขึ้นอันเป็นทางนำไปสู่การเกิดแนวคิดจากสภาพการณ์จริง การสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนรายงานโดยใช้คำพูดของตนเอง เป็นทางหนึ่งสำหรับการพัฒนาความคิดรวบยอด (Generalization) และพัฒนาความคิดลักษณะต่าง ๆ ตลอดจนความสามารถในการประยุกต์ความรู้ของผู้เรียนเอง

2.3.2.7 ความสมบูรณ์ของกิจกรรม ในการพัฒนาความสามารถ

การออกแบบการทดลองแต่ละครั้งนั้น มิควรที่จะคิดถึงสาระสำคัญของเนื้อวิชาเพียงอย่างเดียว แต่ควรผนวกการพัฒนาความสามารถอื่นเข้าไปในการทดลองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ความสามารถ อื่นเข้าไปในการทดลองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ความสามารถดังกล่าวนั้นอาจจะเป็นความสามารถนอกเหนือวิชาการ หรือความสามารถที่ไม่อยู่ในพุฒิพิสัย เช่นความสามารถในการร่วมงานกับผู้อื่น ความละเอียดรอบคอบในการทำงาน เป็นต้น ผู้สอนควรเห็นความสำคัญในการเลือกกิจกรรมที่เหมาะสม และควรใช้เทคนิคในการสอดแทรก คำถามหรือกิจกรรมพิเศษเข้าไปในกิจกรรมที่ทำอยู่ ก็ช่วยพัฒนาความสามารถในด้านนี้ไดเป็นอย่างดี กิจกรรมดังกล่าวก็คือ

1) การประกอบ การปรับแต่ง การ Calibrate เครื่องมือด้วยตัวเองหรือได้รับคำแนะนำน้อยที่สุด

2) การเขียนรายงาน (ด้วยคำพูดของตนเอง)

3) การออกแบบการทดลอง (ด้วนตนเอง)

4) การพิจารณาความเที่ยงตรงของการวัด (Judging Accuracy Of Measurement)

5) การตักสินความเชื่อถือได้ของการสังเกต (Judging Validity Of Observation)

6) การวิเคราะห์ข้อจำกัดของการทดลอง

7) การจำกัดข้อผิดพลาดขณะทดลอง

2.3.2.8 การพัฒนากิจนิสัยของผู้เรียน (Personal Quality)

ผลประโยชน์อันหนึ่งที่ควรจะได้จากการทำ Laboratory ก็คือการพัฒนาคุณภาพของบุคคล คุณภาพเหล่านี้ได้แก่

1) ทัศนคติที่ดีต่อวิชาการ

2) ความรับผิดชอบ

3) ความสนใจ และเอาใจใส่ในงาน

4) ความตรงต่อเวลา

สิ่งเหล่านี้ อาจจะหาบทเรียนหรือเนื้อหาที่เหมาะสมเฉพาะเรื่องไม่ได้แต่ควรจะใช้สถานการณ์ความใกล้ชิดระหว่างผู้สอนผู้เรียนและเครื่องมืออุปกรณ์เป็นเครื่องช่วยพัฒนา ด้วยการให้คำชมเชยเมื่อปฏิบัติถูก ตำหนิเมื่อปฏิบัติผิด และทำหน้าที่เคร่งครัดในกฎเกณฑ์ต่าง ๆ อย่างทั่วถึง

2.3.2.9 การพัฒนาความสามารถทางสังคม

การเรียนการสอน Laboratory นั้น ควรจะมีส่วนในการพัฒนาความสามารถทางสังคมได้บ้าง ความสามารถเหล่านี้ได้แก่

1) ความรู้สึกต่อผู้อื่น (Concern for other)

2) การระมัดระวัง ในเรื่องความปลอดภัยทั้งทรัพย์สิน และสุขภาพ

3) ความสามารถในการติดต่อสื่อสาร

4) ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

สิ่งเหล่านี้ผู้สอนมีโอกาสพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ ด้วยการควบคุมให้ปฏิบัติอยู่ในเกณฑ์การติชม หรือการให้แรงเสริมในจังหวะอันควร

2.3.3 รูปแบบการทดลอง

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

2.3.3.1 การทดลองแบบทั่วไป (Conventional Type)

เป็นการทดลองที่ให้ข้อมูลในการปฏิบัติงานของนักเรียนอย่างสมบูรณ์ตั้งแต่การบอกให้ทราบวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการปฏิบัติงาน การติดตั้งอุปกรณ์กรรมวิธีในการใช้เครื่องมือขั้นตอนของการวัด การสังเกตผลการวัด และวิธีการบันทึกข้อมูลตลอดจนการสรุปผลที่ได้ Laboratory ประเภทนี้ มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้รู้จักวิธีการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทดลองเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (Theory Verification)โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องเกี่ยวกับกฎเกณฑ์หลักการ หรือทฤษฎีบทต่าง ๆ ตลอด จนการสร้างความคุ้นเคยกับกระบวนการทดลองต่าง ๆ

1) ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมในการสร้างรูปแบบการทดลอง

- เนื้อหาที่เป็นนามธรรม ต้องการการสมมุติ หรือการสร้างจินตนาการที่มีความซับซ้อนยากต่อความเข้าใจ เช่น ปรากฏการณ์ภายในของ Semiconductor กระบวนการเก็บประจุหรือคลายประจุของ Capacitor ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นใน Inductor เป็นต้น

- เป็นเรื่องที่ต้องการแนะนำให้รู้จัก ระบบแบบแผนมาตรฐานกระบวนการทำงานของอุปกรณ์และงานอุสาหกรรม

- เป็นการศึกษาเกี่ยวกับพิกัดมาตรฐาน อัตราเสี่ยงต่อการเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ

2.3.3.2 การทดลองแบบค้นพบ (Structured Discove)

1) คุณลักษณะของการทดลอง

การทดลองแบบ Discovery นี้มุ่งที่จะให้ผู้เรียนได้ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง เพื่อหากฎเกณฑ์เกี่ยวกับหลักการของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น หรือศึกษาการทำงานของอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ โดยอาศัยเครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุทำการทดลองด้วยตนเองตามขั้นตอนที่เหมาะสม การจัดการทดลองประเภทนี้ อาศัยหลักการของ Discovery Learning ตั้งแต่ Full Discovery โดยผู้เรียนอาศัยความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ในการค้นคว้าจนถึง Guided Discovrey ซึ่งผู้เรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าใต้การควบคุมของครูอย่างใกล้ชิด Structrued Discovery จึงเป็นการทดลองแบบกลาง ๆ ที่อาศัยการแนะนำทางสำหรับการปฏิบัติ ข้อมูลที่มูลสำหรับการทดลองแบบนี้ แบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ 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 มุ่งที่จะพัฒนาความสามารถของการใช้เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ในการทดลองเพื่อหาข้อมูลพิสูจน์ข้อสงสัยหรือพิสูจน์สมมุติฐานที่ตั้งไว้โดยปกติการทดลองแบบนี้จะไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานอย่างสมบูรณ์ จะละทิ้งข้อมูลบางอย่างเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด และวางแผนดำเนินการด้วยตนเอง ในกรณีที่การสืบสวนนั้นลึกลับมากเกินที่ผู้เรียนจะค้นคว้าข้อมูลได้ ใบงานการทดลองก็จะให้ข้อมูลบางอย่าง ซึ่งอาจจะเป็นส่วนประกอบของปัญหาและคำแนะนำในการดำเนินงานต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการสืบสวนข้อเท็จจริงต่อไป

2) เนื้อหาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

การทดลองแบบนี้ ไม่ได้เน้นเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งโดยเฉพาะแต่จะมุ่งพัฒนากระบวนการ และความสามารถในการสอบสวนหาข้อมูล โดยอาศัยความรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ มาพิจารณาประกอบการทดลองเพื่อหาข้อมูลสำหรับแก้ปัญหา เนื้อหาที่น่าจะนำมาใช้สร้างการทดลองควรมีดังนี้ คือ

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

2.3.3.4 การทดลองแบบแก้ปัญหา (Problem - Solving)

1) คุณลักษณะของการทดลอง

การทดลองแบบนี้ มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการพัฒนาระบบการแก้ปัญหาให้กับตัวเอง ตามวิธีการทางวิทยาสตร์ (Scientific Method) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ คือ

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

ข้อมูลสำหรับการทดลองแบบนี้ จะมีการกำหนดชื่อปัญหาให้ โดยมีรายละเอียดของปัญหาที่พอเหมาะ คือ ไม่มากเกินไปจนเป็นการปิดโอกาสที่ผู้เรียนคิดหาทางแก้ปัญหาด้วยตัวเอง และไม่น้อยเกินไปจนผู้เรียนขาดแนวทางที่จะปฏิบัติได้ ปัญหาและองค์ประกอบของปัญหาที่ให้ควรเป็นข้อมูลที่ช่วยในการวางแผนแก้ปัญหา โดยให้ผู้เรียนพยายามสร้างระบบการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธีและพยายามคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมอย่างมีระบบด้วยตนเอง

2) ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

- เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการหาจุดบกพร่องของวงจรหรืออุปกรณ์
- เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับปัญหาของวิธีการวัด หรือการตรวจสอบคุณภาพของวงจรอุปกรณ์และเครื่องมือที่มีความซับซ้อน
- เป็นเรื่องของการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่
- เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการค้นหาวิธีการที่ดีที่สุด สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของงานหรืออุปกรณ์
- เป็นปัญหาที่มีวิธีการแก้ได้หลายวิธี

2.3.3.5 การทดลองแบบโครงงาน (Project Type)

1) คุณลักษณะของการทดลอง

งานของการทดลองแบบนี้ มีลักษณะเปิดกว้าง (Open Endedtask) ในรูปแบบของสถานการณ์จำลอง ที่ต้องการให้ผู้เรียนสร้างงานตามองค์ประกอบของความกว้างของเนื้อหาและขอบเขตของเวลาที่จำกัด ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้สอน แต่องค์ประกอบภายในยังเป็นงานที่มีขั้นตอนย่อยแทน Laboratory รูปแบบต่าง ๆ ตั้งแต่ Discovery จนถึง Problem – Solving การทดลองชนิดนี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ประสบการณ์หลายด้านกับผู้เรียน ตั้งแต่การเสาะแสวงหาข้อมูลในลักษณะของการศึกษาและสำรวจสภาวะของงานที่จะทำ การออกแบบวงจรและการทดลองเบื้องต้นในรูปแบบต่าง ๆ แล้วนำผลลัพธ์ของการทดลองนั้นมาประยุกต์รวมกันเป็นผลงานรวมที่มีความหมายในตัวเอง การทำ Laboratory Project ลักษณะนี้มีวิธีการดำเนินงานหลายรูปแบบตั้งแต่สร้าง ดัดแปลง แก้ไข โดยอาศัยเครื่องมือและเครื่องอำนวยความสะดวกที่มีอยู่จาก Workshop และ Laboratory จนถึงแก้ปัญหาระดับ Laboratory Project นี้ต่างกับงาน Applied หรือ Research Project ในระดับการเรียนภาคประยุกต์ (Application) ตรงที่ว่า Laboratory Project นั้นมีขนาดขอบเขตของงานที่เล็กครอบคลุมเนื้อหาวิชา (Cross Disciplines) ที่แคบกว่าการทำรายงานของ Project ใหญ่และการทดลองในรูปแบบ Project ก็ไม่ต้องใช้วิธีการเต็มรูปแบบเหมือน Project ใหญ่ อย่างไรก็ตามการทดลอง Project นี้ก็งานพื้นฐานนำไปสู่งาน Project ที่ใหญ่ขึ้น

2) เนื้อหาวิชาที่เหมาะสมในการทำการทดลอง

เนื่องจากการทดลองประเภทนี้เป็นการทดลองที่กว้าง จึงยากที่จะจำกัดลักษณะของเนื้อหาได้อย่างชัดเจน เท่าที่สำรวจพบ พอมีหลักเกณฑ์พอสรุปได้ คือ

- เป็นเนื้อหาที่ประกอบไปด้วย Principle และ Concept หลายรูปแบบรวมกัน
- Principle และ Concept เหล่านั้น มีความสัมพันธ์กันใกล้ชิดพอที่จะมีผลลัพธ์ในงานได้
- ลักษณะของการทำงานต้องอาศัย Skill หลายด้านทั้ง Manual และ Cognetive Skill
- เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์หลายศาสตร์ด้วยกัน แต่ไม่ควรจะกว้างเกินไป

หนัก (Narrow Cross Discipliners)

2.4 ใบงานการทดลอง

หมายถึง เอกสารที่ใช้ประกอบในการลงมือปฏิบัติการทดลองของผู้เรียน ซึ่งมีคำแนะนำเกี่ยวกับการทดลองนั้น โดยมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

2.4.1 ความหมาย

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

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

2.4.2 องค์ประกอบภายในของใบงานการทดลอง

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2537 : 35-39) ได้กล่าวไว้ว่า ใบงานการทดลอง ไม่ว่ารูปแบบจะเป็นอย่างไร ใบงานการทดลองควรประกอบด้วยข้อมูลหลัก 5 ประการ อันประกอบไปด้วย

2.4.2.1 ข้อมูลทั่วไป (Introductory Information) หมายถึง ข้อมูลที่แจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบเรื่องทั่ว ๆ ไปในการปฏิบัติงานของการทดลอง แต่ละเรื่องข้อมูลเหล่านั้นได้แก่

1) วัตถุประสงค์ของการทอลอง ควรจะครอบคลุมความสามารถตามพิสัย (Domains) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และควรประกอบด้วยวัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์จำเพาะที่สนับสนุน

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

3) การวางแผนงาน เป็นข้อมูลที่ให้แนวคิดสำหรับการดำเนินงานให้แก่ผู้เรียน ข้อมูลเหล่านี้อาจจะเป็นอาจจะเป็นเรื่องของวงจรที่ทำการทดลอง เรื่องเครื่องมืออุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ปัญหา และอุปสรรคที่มักจะเกิดขึ้นเสมอ

2.4.2.2 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง (Background Information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยเป็นหลักในการวางแผน ดำเนินงาน และเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจและปรับปรุงตัวเองในสิ่งที่ขาดเพื่อจะได้เตรียมตัวหาข้อมูล หรือพัฒนาความรู้ให้พร้อมก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการทดลองข้อมูลดังกล่าวนี้ได้แก่

128730

1) ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะพิเศษของเครื่องมือ อุปกรณ์ ข้อควรระวัง หรือ ปัญหาที่มักเกิดขึ้นเสมอการให้ข้อมูลในเรื่องนี้ควรทำในกรณีที่ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุพิเศษที่นอกเหนือไปจากการใช้งานตามปกติ

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

3) ความรู้ในเนื้อหาวิชา ในการทดลองบางอย่างจำเป็นต้องกล่าวถึงเนื้อหาของการทดลองเพิ่มเติม เพื่อเตือนความทรงจำของผู้ปฏิบัติข้อมูลที่จะให้ได้ตอนนี้ไม่ใช้ข้อมูลใหม่แต่เป็นข้อมูลที่อ้างถึงหลักการหรือ ทฤษฎีที่ผู้ปฏิบัติงานได้ผ่านการเรียนมาแล้ว แต่ควรเป็นข้อมูลในลักษณะของการสรุปประเด็นสำคัญ และชี้ประเด็นของปัญหาทางทฤษฎีในเชิงวิเคราะห์ให้เห็นจุดสำคัญที่จะทำการทดลอง

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

1) คำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน (Manipulative Process) เป็นคำสั่งหรือคำแนะนำในการลงมือปฏิบัติจริง ประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้

ก. ข้อมูลเกี่ยวกับการวางแผนงานทดลอง

ข. ข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือ

ค. ข้อมูลในการดำเนินการทดลอง

2) คำแนะนำในการเก็บรวมข้อมูล (Data Collection Process) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปรับแต่งเครื่องมืออุปกรณ์ หรือตั้งอัตราวัดเพื่อหาผลลัพธ์ ของการทดลองที่เหมาะสมข้อมูลเหล่านี้ประกอบด้วย

ก. การสังเกต (Observation) เป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้ปฏิบัติพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

ข. การรวบรวมผลลัพธ์ที่ได้ (Data Collection) หลังจากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองผู้ปฏิบัติจะต้องรวบรวมและบันทึกข้อมูลที่ได้อย่างมีระบบ

2.4.2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับการสรุปผลลัพธ์และรายงาน (Conclusion and Report) ใบงานที่ดีนั้นจะให้ข้อมูลในลักษณะที่เป็นคำสั่ง หรือคำแนะนำให้ผู้ปฏิบัติแสดงผลลัพธ์ที่ได้อย่างมีระบบ และสามารถสรุปผลของการทดลองได้ตามรูปแบบที่เหมาะสม ข้อมูลภายใน Laboratory Sheet จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำรายงานและสรุปผลการทดลองได้ ลักษณะข้อมูลควรประกอบด้วย

1) ข้อมูลที่ช่วยในการเสนอข้อมูล (Proesentation Of Data)
2) ข้อมูลที่ช่วยในการแปลความหมายข้อมูล (Interpretation Of Data)
3) ข้อมูลที่ช่วยในการอ้างอิงหลักการ (Reference Of Data)
4) ลักษณะบางประการของการเขียนรายงาน (Laboratory Report)

2.4.2.5 ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Assessment Information) หมายถึงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ความสามารถ และความเข้าใจ ในเรื่องที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติงาน การตรวจสอบใน

เรื่องนี้อาจทำได้ทั้งทางกว้างและความลึกของเนื้อหา ซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของ Laboratory แต่ละประเภทอย่างไรก็ตามข้อมูลที่เป็นคำถามใน Laboratory Sheet นั้น อาจจะเป็นลักษณะของคำถามที่แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) คำถามในเนื้อหาการทดลอง (Assessment Question)
2) คำถามสรุป (Critical Question)

2.5 สถานการณ์จำลองและโปรแกรมจำลองสถานการณ์

โปรแกรมจำลองสถานการณ์ เป็นการจำลองสถานการณ์จริงที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ แทนการปฏิบัติการในสถานการณ์จริง เช่น โปรแกรมการฝึกหัดบินของนักบิน โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในวงการอิเล็กทรอนิกส์ (Simulation) ฯลฯ เนื้อหามุ่งให้การฝึกทักษะและการเรียนรู้โดยไม่ต้องเสี่ยงภัย หรือเสียค่าใช้จ่ายมาก

2.5.1 การจำลองสถานการณ์

การจะทำให้ผู้เรียนได้มีทักษะในการคิด ซึ่งจะเป็นทางในการตัดสินใจในชีวิตจริงของเขา ไม่ว่าจะอยู่ข้างในหรือนอกโรงเรียน กระบวนการหนึ่งที่จะทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการคิดได้ก็คือ ผู้เรียนจะต้องเข้าไปอยู่ในสถานการณ์จริงที่เขาจะต้องตัดสินใจ เมื่อผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ เขาจะไม่อยู่เฉย จะมีความพยายามในการคิดและตัดสินใจก็จะทำให้กระบวนการคิดสามารถลงลึกไปได้ เมื่อเกิดกระบวนการคิดขึ้น ก็จะมีการถ่ายโยงกระบวนการคิดไปสู่สถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ แต่อะไรจะทำให้กระบวนการคิดเกิดขึ้นได้ การจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมและสามารถทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียน มีประสบการณ์ในกระบวนการตัดสินใจ ช่วยทำให้เกิดกระบวนการคิด (Sook, 1995 : 234)

เทเลอร์ และวอลฟอร์ด (Taylor and Walford, 1978 : 27) ได้กล่าวถึงเหตุผลหลักใหญ่ 3 ประการที่แสดงความสำคัญของการจำลองสถานการณ์ นั้นคือ

1. เป็นเทคนิคที่นำไปสู่ความเข้าใจและกิจกรรมในชั้นเรียน และในกิจกรรมที่ร่วมกันทั้งครูและนักเรียน เป็นการนำเอาเหตุการณ์ปกติและการร่วมกันแก้ปัญหาเพื่อเข้าใจถึงสถานการณ์

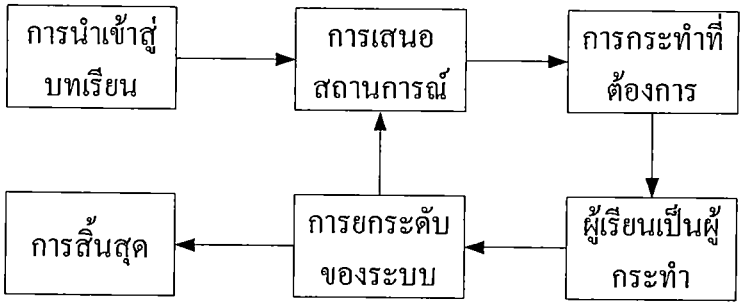
2. การจำลองสถานการณ์มักเป็นปัญหาพื้นฐาน และเป็นประโยชน์ในการพัฒนากระบวนการ ปัญหาในเรื่องการเรียน ถ้าได้กระทำครอบคลุมถึงทักษะทางสังคม ก็จะเป็นความสัมพันธ์โดยตรงในการนำไปใช้กับโลกภายนอกได้

3. เป็นเทคนิควิธีที่เป็นกลไกพื้นฐานเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง และการยืดหยุ่นของระดับการคิดและการตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ที่ผันแปร

การจำลองสถานการณ์ที่เป็นความหมายของการเรียนการสอน คือ การที่ผู้เรียนสามารถนำเอาความสามารถที่มีอยู่มาใช้กับกระบวนการหรือการประยุกต์หลักการ ภายใต้สถานการณ์เงื่อนไขที่เป็นจริง โดยเฉพาะการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ (Computer Based Simulation : CBS) จะช่วยให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน ช่วยให้นักเรียนมีความชำนาญและเชี่ยวชาญในการกระบวนการและการใช้ทักษะกระบวนการคิดขั้นสูงได้ (Reigeluth and Schwartz, 1989 : 9)

อะแลสซี่ และทรอลลิฟ (Alessi and Trollip, 1991 : 159) ได้กล่าวถึง การจำลองสถานการณ์ว่าเป็นวิธีการสอนอย่างหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในคอมพิวเตอร์ได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะในการนำไปใช้ในการสอน การจำลองสถานการณ์จะปรับปรุงการเรียนทบทวนและการฝึกไปเป็นการ

เพิ่มแรงจูงใจ,การถ่ายโยงการเรียนรู้ และประสิทธิภาพ ซึ่งมีประโยชน์ ปลอดภัย และสามารถควบคุมได้เหมือนได้ประสบการณ์จริง



รูปที่ 2.1 โครงสร้างการจำลองสถานการณ์ (Allassi and Trollip, 1991)

2.5.2 การเลียนแบบการทำงานบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือการจำลองสถานการณ์

การเรียนการสอนโดยการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ เป็นการออกแบบสำหรับผู้เรียนเพื่อเป็นการฝึกปฏิบัติและทักษะความสามารถในสถานการณ์จริง โดยปราศจากความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายหรือการได้รับอันตรายจากเครื่องมือ (Flaxman and Stark, 1987) ผู้เรียนสามารถเรียนได้โดยไม่ต้องวิตกกังวล

แนวคิดพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แนวคิดหนึ่งก็คือ การจำลองสถานการณ์ประกอบด้วย การนำเสนอจุดมุ่งหมาย การนำเสนอเพื่อกระตุ้นความสนใจ การดึงความสามารถ และการจัดหาการป้อนกลับเป็นแบบการสอนที่เป็นประโยชน์ในการสอนการใช้กฎเกณฑ์และการแก้ปัญหา (Bonner, 1991 : 103) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์เป็นวิธีการสอนอย่างหนึ่ง ที่ครูสามารถนำไปใช้ช่วยให้นักเรียนได้เรียนเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ของแต่ละวิชาได้ทั้งหมด ครูอาจกำหนดว่าจะสอนอะไรให้ผู้เรียน โดยแสดงให้เห็นวิธีการแก้ไขปัญหาว่าทำอย่างไร และสร้างการตัดสินใจให้ผู้เรียนได้กระทำกับสถานการณ์จำลองในคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้เรียนก็จะทำได้ดีโดยคุณสมบัติที่แท้จริงของสถานการณ์จำลองก็คือ การทำให้ผู้เรียนได้ประสบกับปัญหาในชีวิตจริง ในสภาพแวดล้อมที่เข้าได้ร่วมตัดสินใจเป็นลำดับขั้น ไม่มีอันตรายกับตัวเขา ในทางปฏิบัติเองถ้าเกิดการผิดพลาดขึ้นนั้นก็จะเป็นประโยชน์ เพราะถ้าได้เรียนรู้และหารทางเลือกและแก้ไขได้ประสบการณ์ที่ได้รับก็จะช่วยให้วิเคราะห์กระบวนการแก้ไขปัญหาได้ภายหลัง (Knapp and Glenn, 1996 : 103)

เฮียร์แมนน์ (Heerman, 1988 : 59) ได้กล่าวถึง ความก้าวหน้าของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เป็นที่ยอมรับกันว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์เมื่อนำมาใช้ในสถานการณ์ซับซ้อนและเหมือนจริงจะมีการตอบสนองมาก และเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้กว้างขวางกว่าที่เคยมีมา คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ทางการศึกษาในทัศนะของเขามี 4 รูปแบบคือ

1. การจำลองสถานการณ์ที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ (Non-interactive Simulation) มีการจำลองแบบเหมือนจริง และการนำนักเรียนเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของระบบ แต่ไม่มีการเสนอกระบวนการให้ผู้เรียนกับโปรแกรมได้มีปฏิบัติสัมพันธ์ต่อกัน

2. การจำลองสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive Simulation) เป็นแบบที่ยอมให้ผู้เรียนได้ควบคุมระบบและสังเกตการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง

ทั้งหมด ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับการจำลองสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงนั้น

3. การจำลองสถานการณ์การแข่งขันเป็นกลุ่ม (Group Competitive Simulation) เป็นการจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับสังคม เศรษฐกิจ การเมือง หรือเนื้อหาอื่น ๆ ที่เสนอปัญหา เพื่อแก้ปัญหาโดยการตัดสินใจเป็นทีม มีการแข่งขันกันของนักเรียน

4. การจำลองสถานการณ์การแข่งขันรายบุคคล (Individual Competitive Simulation) เป็นการจำลองสถานการณ์ที่นักเรียนเข้าไปมีส่วนร่วมเป็นรายบุคคล ในการแก้ไขสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและกำหนดจุดหรือการกระตุ้นให้มีความเชี่ยวชาญในการแก้ปัญหา

ในวิธีการสอนทั้งหลาย การสอนสาธิตโดยการจำลองสถานการณ์เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการใช้ประโยชน์จากคอมพิวเตอร์ การจำลองสถานการณ์เหมาะสำหรับใช้ในการเรียนการสอนและการฝึกอบรม ดีน และไวท์ล็อก (Dean and Whitlock, 1988 : 154-155) ได้แบ่งประเภทของการจำลองสถานการณ์สำหรับคอมพิวเตอร์เอาไว้ 4 ชนิดด้วยกันคือ

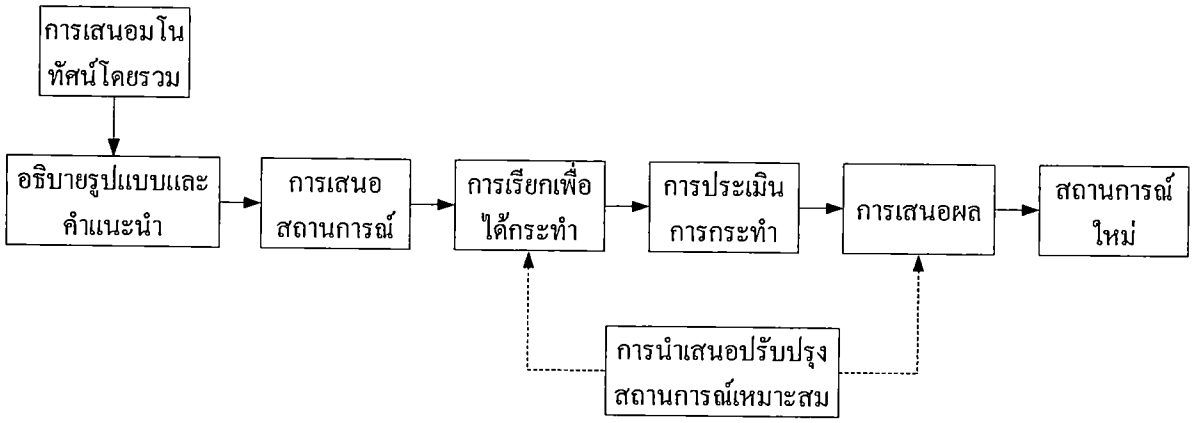
1. สถานการณ์จำลองแบบถอดแบบทั้งหมด คือ การลดขีดของระบบธุรกิจขนาดใหญ่ในการฝึก โดยฝึกกับตัวอย่างที่มีการป้องกันอย่างดี เช่น การฝึกระบบจำลองการจองตั๋วเครื่องบิน การฝึกระบบบัญชีเครดิต เป็นต้น

2. สถานการณ์จำลอง รูปแบบกระบวนการ คือ การสาธิตการทำงานเพื่อศึกษาความสามารถของผลสะท้อนของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเช่น การเพิ่มประชากร ผลที่เกิดจากมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

3. สถานการณ์จำลอง การฝึกใช้เครื่องมือ คือ การใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการเลือกลำดับขั้น และความเร็วในการฝึกตามเนื้อหา และการให้ผลสะท้อน เช่น การฝึกใช้อุปกรณ์เรดาร์ การฝึกพิมพ์ดีด หรือการจำลองแบบการบิน เป็นต้น

4. สถานการณ์จำลอง การสรุปผลการฝึก คือ การนำเสนอปัญหาในสถานการณ์ที่ต้องการให้เกิดขึ้น ผู้ฝึกหัดจะทำตามลำดับขั้นของการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์

การที่คอมพิวเตอร์ถูกใช้ในการฝึกสถานการณ์จำลอง ก็เนื่องจากสถานการณ์จริงมีความยุ่งยากในทางปฏิบัติ มีอันตราย เสียค่าใช้จ่ายมาก ไม่คุ้มค่าในการฝึก ต้องใช้เวลามาก กำหนดวิธีการในการฝึกยาก การใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองสถานการณ์จะช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้ ในขณะที่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์สามารถแสดงกระบวนการคิดเพื่อนำไปใช้ เมื่อผู้เรียนได้กระทำอย่างต่อเนื่องจนได้เห็นผลของการตัดสินใจของเขา ในขณะเดียวกันความเข้าใจกระบวนการที่เกิดขึ้นจะช่วยเพิ่มการตัดสินใจในการแก้ปัญหาของเขา (Rasch, 1988 : 23-28) เนื่องจากการจำลองสถานการณ์สามารถเสนอตัวอย่างของสถานการณ์จริงและสามารถฝึกปฏิบัติในการแก้ไขปัญหา ซึ่งอาจเป็นอันตราย,อยู่ห่างไกล,ใช้เวลามาก หรือมีปัจจัยในเรื่องของทุน รวมถึงทักษะการคิดขั้นสูง (High Level of Cognitive Skill) อันเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ความจริง, กฎเกณฑ์ และมโนทัศน์ในการแก้ไขปัญหา (Forcier, 1996 : 247)



รูปที่ 2 .2 รูปแบบการจำลองสถานการณ์เป็นขั้น (Forcier, 1996 : 248)

2.5.3 คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลองสถานการณ์ จะเป็นการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการจำลองสถานการณ์เพื่อการเรียนการสอน โดยเห็นว่าคอมพิวเตอร์สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับโปรแกรมที่ออกแบบได้เป็นอย่างดี ส่วนใหญ่จะเป็นการสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อเลียนแบบกระบวนการทดลองหรือการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ เช่น เลวิส, สเตร์น และลินน์(Lewis,Stern and Linn 1993 : 45-58) ได้ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เพื่อความเข้าใจวิชาเทอร์โมไดนามิกเบื้องต้น การวิจัยเพื่อหาผลของคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ต่อปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เป็นการศึกษาจากห้องเรียนนำไปสู่สถานการณ์ในโลกแห่งความจริง เนื่องจากผู้เรียนมักมีปัญหาในการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง กลุ่มตัวอย่างที่ทดลองเป็นนักเรียนระดับเกรด 8 จำนวน 148 คนอายุระหว่าง 12-14 ปี ที่กำลังเรียนวิชาฟิสิกส์ ในเรื่องกลศาสตร์ของไหล ผู้เรียนจะใช้เวลาเรียนประมาณ 8 สัปดาห์

การทดลองจำลองการทดลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ 12-13 การทดลอง พบว่า การจำลองสถานการณ์ให้นักเรียนได้ทดลองทุกวัน ทำให้พวกเขาเข้าใจในเรื่องที่เรียนและเห็นว่าไม่ยาก มีความเชื่อถือในผลการทดลอง มีผลการเรียนรู้หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง สามารถอธิบายความแตกต่างในเรื่องการไหลเวียนของความร้อน แยกแยะความแตกต่างและอธิบายแนวคิดของฉนวนและตัวนำได้ การให้ผู้เรียนได้ทดลอง ในการจำลองสถานการณ์ในแบบเดียวกับที่ต้องเจอกับสถานการณ์และเหตุการณ์จริง จะช่วยทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนได้อย่างแจ่มชัด

2.5.4 คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เพื่อการคิด

ความสนใจในการศึกษาถึงการใช้คอมพิวเตอร์ในการสอนกระบวนการคิด เป็นสิ่งที่นักวิจัยทางด้านเทคโนโลยีการศึกษาให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ซุก (Sook, 1995 : 233-239) ได้ทำการศึกษาคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เพื่อสร้างกรอบความคิดในการสอนเพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาเกรด 5 ของโรงเรียนเอกชนในเมืองแคมเปญ มลรัฐอิลลินอยส์ จำนวน 25 คน ทุกคนมีประสบการณ์ในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในโรงเรียนมาแล้ว นำนักเรียนมาเรียนด้วยคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์มีการทดสอบการคิดทั้ง

ก่อนและหลังการทดลอง พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เมื่อสำรวจเจตคติของผู้เรียน พบว่า เจตคติต่อโปรแกรมอยู่ในระดับดี และทุกคนชอบที่จะเรียนด้วยคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์

ซึ่งต่อมา ซุก (Sook, 1996 : 57-65) ได้ศึกษาผลของการจัดระเบียบความรู้ก่อนเรียนของนักเรียนโดยใช้การจำลองสถานการณ์ เพื่อหาประสิทธิภาพที่แตกต่างกันของการจัดระเบียบความรู้ก่อน (Advance Organizer) ของระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน โดยศึกษาการจัดระเบียบความรู้ก่อนกับการไม่มีการจัดระเบียบความรู้ในคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์จะให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ อายุของผู้เรียนมีผลต่อระดับการเรียนที่แตกต่างกันอย่างไร และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดระเบียบการเรียนรู้ก่อนกับอายุของผู้เรียนหรือไม่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา เกรด 5,6 และ 7 ชั้นละ 22 คน รวม 66 คน แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 11 คน ใช้แบบแผนการทดลองแบบ 2X3 factorial โดยมีการจัดระเบียบการเรียนรู้ก่อนกับการไม่มีการจัดระเบียบความรู้ก่อน และระดับการศึกษา 3 ระดับคือ 5,6,7 ทุกกลุ่มศึกษาด้วยคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ พบว่า

นักเรียนที่เรียนโดยมีการจัดระเบียบความรู้ก่อนกับแบบไม่มีการจัดระเบียบความรู้ก่อนมีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่มีการจัดระเบียบความรู้ก่อน มีคะแนนสูงกว่าแบบไม่มีการจัดระเบียบความรู้ ส่วนนักเรียนที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน ก็มีผลการเรียนรู้แตกต่างกัน เรียงตามลำดับ คือ เกรด 7,6 และเกรด 5 ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการจัดระเบียบความรู้มาก่อนกับอายุผู้เรียน ประสิทธิภาพของการจัดระเบียบความรู้มาก่อนไม่เป็นเงื่อนไขกับอายุของผู้เรียน

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบจำลองสถานการณ์เพื่อช่วยในการคิด เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาออกแบบจำลองสถานการณ์ในลักษณะต่าง ๆ อันเป็นสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ โดยมีองค์ประกอบต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องและผู้ให้ผู้เรียนได้คิด คาร์ลเซน และแอนดิว (Carlsen and Andre,1992 : 105-109) ได้วิจัยเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ ในกระบวนการเปลี่ยนมโนทัศน์ของเนื้อหาในวิชาวงจรไฟฟ้า โดยกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 97 คน เป็นชาย 40 คนและหญิง 57 คน แบบแผนการทดลองเป็นแบบ 2 X 2 X 3 นั่นคือ กลุ่มผู้เรียนที่เป็นเพศ 2 กลุ่มคือ กลุ่มเพศชาย กับกลุ่มเพศหญิง แบบข้อความ กับข้อความที่เปลี่ยนมโนทัศน์ และการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ 3 แบบคือ การใช้ก่อนอ่านข้อความ การใช้ขณะอ่านข้อความ และการไม่ใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ พบว่า นักเรียนที่ใช้การจำลองสถานการณ์และการใช้ข้อความที่เปลี่ยนมโนทัศน์ดีกว่านักเรียนที่ไม่ได้ใช้ แต่การใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ไม่เพิ่มประสิทธิภาพให้กับข้อความที่เปลี่ยนมโนทัศน์

2.5.5 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทบทวนกับแบบจำลองสถานการณ์

ในบรรดารูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การใช้สอนในแบบติวเตอร์หรือสอนเสริมหรือสอนทบทวน เป็นรูปแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด ในบรรดาประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื่องจากง่ายต่อการสร้างและสะดวกในการออกแบบบทเรียน ลักษณะของการวิจัยโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน 2 ลักษณะ ของคริสแมน (Crisman, 1995 : 3727) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้ของวิธีสอน 2 วิธี คือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทบทวน (Computer-Based Tutorial) และคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ (Computer-Based Simulation) การรวมความแตกต่างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแตกต่างกัน 4 แบบคือ

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทบทวนอย่างเดียว
2. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์อย่างเดียว

3. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทบทวนตามด้วยแบบจำลองสถานการณ์

4. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ตามด้วยแบบทบทวน

โดยวิธีการสอนทั้งสองวิธีแตกต่างกันในเรื่องคุณภาพในการจูงใจต่อเนื่อง การเพิ่มความสามารถในการควบคุมตนเอง การฝึกเพื่อค้นหาความรู้ บทบาทในการจัดความรู้ ความสามารถในการเพิ่มการถ่ายโยงความรู้และลำดับขั้นการนำเสนอข้อมูล ทำการทดสอบก่อนและหลังการทดลองและวัดความคิดเห็นในเนื้อหาบทเรียน ซึ่งพบว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ไม่มีประสิทธิภาพที่จะ เป็นเครื่องมือการสอนเพื่อเสนอเนื้อหา ผลคะแนนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทบทวนอย่างเดียวและคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำลองสถานการณ์ตามด้วยแบบทบทวนไม่แตกต่างกัน เนื่องมาจากการจำลองสถานการณ์ไม่เข้าไปมีผลในการช่วยจัดความรู้ก่อนและไม่มีผลต่อการเรียนรู้ การทบทวนมีการจูงใจต่อเนื่อง เพิ่มเวลาในการศึกษาเนื้อหา แต่ขาดแบบแผนในการช่วยถ่ายโยงการเรียนรู้ ในขณะที่ผลคะแนนทดสอบการเรียนรู้เพิ่มขึ้นถ้ารวมลำดับขั้นของการเรียนทบทวนตามด้วยแบบจำลองสถานการณ์ แต่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับแบบจำลองสถานการณ์อย่างเดียว

ขณะที่ไรย์เบอร์ และกินี (Rieber and Kini, 1995 : 135-143) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการเรียนรู้แบบนิรมัย (Deductive) กับแบบอุปมัย (Inductive) โดยศึกษาการใช้ร่วมกันระหว่างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนเสริม (Tutorial) กับแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) ในเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 353 คน ใช้แบบแผนการทดลองแบบ2x3x2FactorialDesignสิ่งที่ศึกษาคือ

1. วิธีการสอน 2 วิธี คือ แบบมีการสอนเสริม (Tutorial) และแบบไม่มีการสอนเสริม

2. การจำลองสถานการณ์ 3 แบบ คือ แบบมีโครงสร้าง แบบไม่มีโครงสร้าง และแบบไม่ใช้สถานการณ์จำลอง

3. ความถนัดในการเรียน (Aptitude) 2 แบบคือ ความถนัดสูงและต่ำ

การเรียนแบบนิรมัย กำหนดให้ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนเสริมร่วมกับการจำลองสถานการณ์แบบมีโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง ขณะที่การเรียนแบบอุปมัย กำหนดให้ใช้การจำลองแบบมีโครงสร้าง และไม่มีโครงสร้างโดยไม่ใช้การสอนเสริม การเรียนโดยไม่มีการสอนเสริมและไม่มีการจำลองสถานการณ์เป็นกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทบทวน ให้ผลคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการสอนแบบทบทวน นักเรียนที่มีความถนัดทางการเรียนสูงทำคะแนนได้ดีกว่านักเรียนที่มีความถนัดทางการเรียนต่ำ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเรียนแบบสอนเสริมกับความถนัด โดยนักเรียนที่มีความถนัดสูงทำคะแนนจากการสอนเสริมได้ดีกว่านักเรียนกลุ่มที่ไม่มีการสอนเสริม แต่ในกลุ่มที่นักเรียนมีความถนัดต่ำไม่พบความแตกต่างระหว่างการสอนเสริมหรือการไม่สอนเสริม นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยการสอนเสริมมีความเชื่อมั่นในคำตอบมากกว่ากลุ่มที่ไม่มีการสอนเสริม กลุ่มที่มีความถนัดในการเรียนสูงมีความเชื่อมั่นต่อการตอบคำถามในคำถามที่ไม่มีอยู่ในเนื้อหาด้วย

2.5.6 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำลองสถานการณ์ในรูปแบบมัลติมีเดีย

แนวคิดใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นโดยการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ในลักษณะที่เป็นมัลติมีเดียก็ได้มีการศึกษาเอาไว้เช่นกัน อย่างเช่น โอเลนชอร์, เอดแมน และคิดด์ (Ollerenshaw, Aidman and Kidd, 1997 : 227-238) ได้ศึกษาการใช้ภาพและข้อความเพื่อช่วยในการเรียนรู้ โดยทดสอบความรู้ที่มีอยู่ก่อนและแบบการเรียนที่มีอิทธิพลของผลลัพธ์ โดยการใช้คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบกับ การเรียนด้วยข้อความอย่างเดียว ข้อความประกอบภาพ ข้อความ

ประกอบภาพลำดับขั้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 จำนวน 81 คน แบ่งนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีความรู้มาก่อนต่ำ (Low Prior Knowledge) กับกลุ่มที่มีความรู้มาก่อนสูง (High Prior Knowledge) จากนั้นทำการทดลองด้วยเงื่อนไขแตกต่างกัน 4 อย่างคือ

1. การเรียนแบบข้อความอย่างเดียว (Text Alone) จำนวน 21 คน
2. การเรียนด้วยข้อความประกอบแผนภาพสัญลักษณ์บางส่วน (Text+Diagram Labeling Parts) จำนวน 20 คน
3. การเรียนด้วยข้อความประกอบแผ่นภาพสัญลักษณ์กระทำเป็นขั้น (Text+Diagram Labeling Operating Stage) จำนวน 20 คน
4. การเรียนด้วยข้อความกับคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์สัญลักษณ์บางส่วนและกระทำเป็นขั้น(Text+Computer Simulation Labeling Parts & Operating Stages) จำนวน 20 คน

พบว่า คะแนนความเข้าใจจากการเรียนด้วยเงื่อนไขแตกต่าง 4 แบบ ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยพบว่า การใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ช่วยให้เข้าใจได้ดีกว่าเงื่อนไขแบบอื่น ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไขการเรียนกับความรู้ที่มีมาก่อน และที่น่าสนใจคือ คะแนนความเข้าใจระหว่างผู้ที่มีความรู้มาก่อนสูงและต่ำ เมื่อเรียนโดยใช้ข้อความและคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำลองสถานการณ์

เดนาร์ดู (Denardo, 1994 : 3974) ได้ศึกษาการจำลองสถานการณ์ในการสอนวิทยาการคอมพิวเตอร์โดยใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์การ แบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนแรกกำหนดขอบเขตพื้นที่การสอนระดับอุดมศึกษา การวิจัยเน้นจุดเด่นที่หลากหลายรวมถึงการปฏิบัติของผู้เรียน, เจตคติ, การรับรู้ และระดับความสามารถที่แตกต่างของผู้เรียน นำผลมารวมกัน สัญลักษณ์บางส่วนและกระทำเป็นขั้น ให้ผลไม่แตกต่างกัน

ส่วนที่สอง รวบรวมการออกแบบการสอนของคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ และกำหนดขอบเขต ครอบคลุมคำชี้แจง กระบวนการค้นพบ ความถูกต้อง การป้อนกลับ การออกแบบหน้าจอ การควบคุมโดยผู้เรียน ปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน การแบ่งสาขาในการฝึก การประเมินความสามารถ สิ่งที่เป็นภาระของผู้ใช้ การประเมินการผลิต กำหนดตัวอย่างของหลักการเพื่ออภิปรายความสัมพันธ์ในการออกแบบสถานการณ์จำลอง 3 แบบ ในการสอนวิชา สถาปัตยกรรมภายในคอมพิวเตอร์ การจำลองสถานการณ์สามแบบใช้ศึกษาผลของเจตคติและความรู้ของผู้เรียนจากกลุ่มที่มีความรู้ต่างกัน 3 กลุ่ม

ส่วนที่สาม รายงานผลการศึกษา นักเรียนที่มีความรู้ในแนวคิดสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ระดับสูง กลาง และต่ำ ได้ใช้การจำลองสถานการณ์สนับสนุนการสอนต่อเนื่อง ขณะที่ระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนก่อนเรียนสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์แตกต่างกัน เมื่อทำการทดสอบหลังการเรียนหรือประเมินการโปรแกรมปรากฏว่าไม่แตกต่างกัน ขณะที่พบว่าแตกต่างกันระหว่างระดับความรู้ที่มีมาก่อนกับความรู้หลังเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีความรู้ต่ำ

ความรู้ขณะที่นักเรียนเข้าไปสู่สถานการณ์การเรียนไม่มีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวกับความสามารถที่ได้รับของผู้เรียน โดยเฉพาะถ้าเรียงลำดับการแทรกซ้อน เช่น การใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์แสดงให้เห็นว่าการจำลองสถานการณ์มีผลอย่างมากในการทำให้ผู้เรียนมีความเท่าเทียมกัน ไม่สนใจความไม่เท่าเทียมกันที่มีอยู่ก่อน อาจจะเป็นประโยชน์มากกับผู้เรียนที่มีความรู้น้อย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้มาก

เจตคติในการใช้การจำลองสถานการณ์ทำให้การศึกษาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์เป็นรูปธรรมมากขึ้น ขณะที่นักเรียนกล่าวว่า สามารถเรียนแนวคิดได้โดยไม่มีการจำลองสถานการณ์ แต่ในส่วนนี้ทำให้พวกเขามีความเข้าใจได้ลึกซึ้งได้ด้วยตนเอง และให้ข้อเสนอแนะบางอย่างในการออกแบบว่าควรกำหนดและมีการให้คำแนะนำโดยไม่รีรออย่างต่อเนื่องในการใช้

ต่อมา ไรย์เบอร์ และคณะของเขา (Rieber and et al, 1996 : 45-58) ได้ทำการศึกษาบทบาทของความหมายในการแปลภาพและข้อความขณะป้อนกลับระหว่างการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ ขณะการป้อนกลับด้วยเนื้อหามีมากและมีความหมายกว้าง เนื้อหาที่ใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เป็นเรื่องกฎการเคลื่อนที่ เพื่อหาการค้นพบเบื้องต้นโดยการให้เนื้อหาสองแบบคือ แบบมีความหมาย (Meaningful) กับแบบตามความพอใจ (Arbitrary) ในการจำลองสถานการณ์โดยใช้ข้อความแบบมีความหมาย ได้ออกแบบเหมือนสนามกอล์ฟขนาดเล็ก ส่วนการใช้ข้อความแบบตามความพอใจจะไม่มีการจัดระเบียบเนื้อหามีการทดสอบผลก่อนและหลังการทดลอง ทดสอบคะแนนจากเกม การมีปฏิสัมพันธ์และอุปสรรคในการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ของข้อความแบบมีความหมายกับแบบตามความพอใจ โดยคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน ประสิทธิภาพของการจำลองสถานการณ์ในการค้นพบมีความแตกต่างกันระหว่างแบบที่มีการป้อนกลับกับแบบที่ไม่มีการป้อนกลับ วิชาที่มีเนื้อหาสมบูรณ์การใช้เวลาในการเล่นเกมน้อย มีอุปสรรคน้อยถ้ามีการป้อนกลับด้วยภาพ ในบางวิชามีปฏิสัมพันธ์น้อยโดยดูจากการใช้เม้าคลิกเพื่อการป้อนกับด้วยภาพ

2.5.7 หลักการในการใช้คอมพิวเตอร์แบบจำลองสถานการณ์

ในที่สุดก็ได้มีความพยายามในการรวบรวมเอาผลการวิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้การจำลองสถานการณ์ โดย โชน (Shon , 1997 : 5124) ได้ทำการวิจัยเพื่อรวมทฤษฎีการสอนสำหรับการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของเหตุผลในการสอนโดยการทดสอบการทดลองของตัวอย่างการสอนที่ผ่านมา วิธีการที่ใช้ในการรวมทฤษฎีโดยใช้การสืบค้นและปรับปรุงทฤษฎีที่มีพื้นฐานบนหลักการของเหตุผลในวิชาฟิสิกส์ โดยผลที่จะได้เป็นทฤษฎีการสอนสำหรับการออกแบบคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ เป็นการทดลองโดยมีการสังเกตและการสัมภาษณ์นักเรียนระดับมัธยมปลายในเกาหลีที่ใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ในการเรียน โดยสรุปผลการวิจัยเสนอทฤษฎีที่จะทำให้การใช้เครื่องมือออกแบบได้ดี ถ้าปรับปรุงดังนี้ต่อไปนี้

1. สรุปการนำเสนอในตอนท้ายของการสอน
2. การปฏิบัติสำหรับงานที่ง่าย กำหนดสิ่งที่คาดหวังไปสู่ประสบการณ์ที่จะได้ ให้มีตัวเลือกในการปฏิบัติหลากหลาย รวมทั้งการแยกสาขาของสถานการณ์ไปสู่ผลลัพธ์ที่ทำให้นักเรียนพึงพอใจในการเรียนและกำหนดให้ยากกว่าระดับที่ปฏิบัติ
3. การป้อนกลับสำหรับการปฏิบัติงานง่าย ๆ กำหนดให้มีการป้อนกลับข้อมูลอย่างเพียงพอ ดีกว่าการป้อนกลับโดยธรรมชาติ
4. วิธีการค้นพบกับวิธีการชี้แจง กำหนดการเข้าถึงการอธิบายในกรณีที่ประสบการณ์ผู้เรียนยากในการหาความสัมพันธ์ของเหตุผล
5. รูปแบบการอธิบายเพื่อช่วยความเข้าใจของผู้เรียน กำหนดให้เห็นภาพหลากหลายเป็นรูปที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน แสดงการเปลี่ยนแปลงในความสัมพันธ์ของหลักการ ทำให้การสอนมีปฏิสัมพันธ์ให้มากโดยการกำหนดสัญลักษณ์ไอคอนให้เพียงพอให้สามารถ
6. การจูงใจ การใช้เสียงช่วยให้น่าสนใจและเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ผู้เรียนชอบ

2.5.8 โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Electronics Workbench

สถานการณ์จำลองในการเรียนการสอนวิชา อิเล็กทรอนิกส์ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Electronics workbench เป็นโปรแกรมจำลองการเลียนแบบหรือสร้างสถานการณ์เพื่อทดแทนการใช้ชุดฝึกทดลองหรือแผงทดลอง เพื่อการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นการจูงใจให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้โดยมีส่วนเข้าไปร่วมเกี่ยวข้อง เช่น การควบคุมเหตุการณ์ การตัดสินใจ การโต้ตอบกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จำลองได้ โดยที่ในชีวิตจริงนักศึกษาอาจไม่สามารถแสดงปฏิกิริยาในสิ่งที่เป็นจริงได้ สถานการณ์จำลองจะลดความยุ่งยากซับซ้อนของเหตุการณ์จริง เช่น รายละเอียด , ลดโอกาสที่จะเกิดความเสียหายจากอุปกรณ์หรือการต่อวงจรไม่ถูกต้อง ทำให้นักศึกษาที่ทำการทดลองเกิดความมั่นใจและกล้าที่จะทำการทดลองโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ทดลอง

ในสถานการณ์จำลองผู้เรียนต้องเรียนรู้การแก้ปัญหา โดยการเรียนรู้ขั้นตอนกระบวนการด้วยตนเอง จะเกิดความเข้าใจ และการสร้างสถานการณ์จำลองจะเป็นการลดความสูญเปล่า ลดค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นได้มาก เช่น การที่ต้องการต่อวงจรควบคุมที่ซับซ้อนมีอุปกรณ์หลายตัวก็สามารถจำลองสถานการณ์ขึ้นมาเสมือนจริงได้โดยใช้โปรแกรม

ความเข้าใจคุณลักษณะต่างๆ รวมทั้งการเรียนรู้วิธีการควบคุมเหตุการณ์ และต้องเรียนรู้การปฏิบัติในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การใช้สถานการณ์จำลองมีจุดมุ่งหมาย เพื่อช่วยให้นักเรียนได้สร้างรูปแบบ การตอบสนองที่เป็นประโยชน์กับเหตุการณ์จริงในการทดลอง เพื่อเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทดสอบเหตุการณ์ต่างๆ อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในแบบจำลองสถานการณ์ เป็นรูปแบบหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดีที่สุด เพราะผู้เรียนจะได้เรียนรู้เหมือนกับเป็นประสบการณ์ตรง แต่การจำลองสถานการณ์โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกลับไม่เป็นที่แพร่หลาย อันเนื่องมาจากเป็นสื่อที่สร้างยากในทุกขั้นตอนตั้งแต่ออกแบบการสอน จนถึงการสร้างโปรแกรมให้สามารถจำลองสถานการณ์ได้เหมือนจริง เราอาจจะเห็นเกมคอมพิวเตอร์มากมายที่สร้างได้ตื่นเต้นเร้าใจ จำลองสถานการณ์ต่างในเกมได้อย่างสมจริงสมจัง

2.6 การวัดและการประเมินผล

2.6.1 ความหมายของการวัดผลและการประเมินผลการศึกษา

ไพศาล หวังพานิช (2523:19-20) ได้ให้นิยามเกี่ยวกับการวัดผลการศึกษา (Education Measurement) หมายถึง กระบวนการในการกำหนด หรือจำนวนปริมาณอันดับหรือรายละเอียดของคุณลักษณะ หรือ พฤติกรรมความสามารถของบุคคล โดยใช้เครื่องมือในการวัดกระบวนการดังกล่าวทำให้ได้ตัวเลขหรือข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ที่ใช้แทนจำนวน และลักษณะที่วัดนั้น จากความหมายนี้แสดงว่าการวัดเป็นตัวเลข หรือ เป็นรายละเอียดที่นำไปใช้บรรยาย บอกจำนวนหรือระดับสิ่งที่ถูกวัด ปกติการวัดโดยทั่วไปมีอยู่ 2 ด้าน คือ

1. การวัดทางกายภาพศาสตร์ (Physical Science) เป็นการวัดเพื่อหาจำนวนของสิ่งของต่างๆ ที่รูปธรรมมีตัวตนแน่นอน เช่น ความยาว น้ำหนัก พื้นที่ ขนาด ปริมาณ เป็นต้น ส่วนใหญ่เป็นการวัดวัตถุสิ่งของ การวัดด้านนี้มักเป็นเรื่องทางงฟิสิกส์มีเครื่องมือที่ให้ผลเชื่อถือได้ มีหน่วยการวัดแน่นอน เช่น เมตร กรัม เป็นต้น

2. การวัดทางสังคมศาสตร์ (Social Science) เป็นการวัดหาจำนวนหรือคุณภาพของสิ่งที่เป็นนามธรรม ไม่มีตัวตนแน่นอน ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายปัญหาสำคัญคือการกำหนดสิ่งที่จะวัดซึ่งจะแปรเปลี่ยนได้ง่าย เครื่องมือที่ใช้มักขาดคุณภาพให้ผลเชื่อถือได้ต่ำ ไม่มีหน่วยที่แน่นอน เช่นการวัดความรู้ การวัดปรับตัวเองของนักเรียน เป็นต้น การวัดผลการศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของการวัดทางด้านสังคมศาสตร์ในปัจจุบัน

วิริยา บุญชัย (2523 : 7-8) ได้ให้ความหมายการวัดผล (Measurement) หมายถึงการเปรียบเทียบสิ่งที่ต้องการกับเครื่องมือพื้นฐานนั้นเป็นผู้บอกให้ทราบ เช่น ต้องการทราบความเปรียบเทียบสิ่งที่ต้องการของโต๊ะก็เอาเทปหรือไม้เมตรมาวัด เราจะทราบความกว้างของโต๊ะทันทีจากเครื่องวัดนั้นเอง การวัดจะออกมาเป็นตัวเลขเรียกว่าปริมาณ (Quantity) และจะให้ผลในทางคุณภาพ (Quantity) ในการวัดจะต้องมีแบบทดสอบอยู่ด้วย และทราบทันทีว่านักเรียนมีความรู้ทางผลการศึกษามากน้อยเพียงใด โดยอาศัยตัวเลขจากการทดสอบนั้น เป็นต้น

แบบทดสอบ (Test) หมายถึงแบบ (From) หรือเครื่องมือ (Tool) หรือขบวนการสำหรับวัดผลความสามารถความสัมฤทธิ์ หรือความสนใจของบุคคลที่แสดงออกมา แบบทดสอบนี้ใช้วัดสิ่งที่เราไม่สามารถใช้วัดได้โดยตรง ซึ่งจะวัดได้ก็ต่อเมื่อบุคคลผู้นั้นแสดงผลหรือการกระทำออกมาก่อน เช่น การจะวัดความสามารถทางปัญญาก็ให้ทำข้อสอบ เป็นต้น

แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลการศึกษาแยกออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher – Mode Test) เป็นแบบทดสอบที่พบอยู่โดยทั่วไปและเป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเพื่อใช้กับนักเรียนของตนเอง ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1.1 เหมาะสมกับหน่วยของการสอนที่ครูกำหนดเนื้อหาและระดับความยากง่าย

1.2 ในการสร้างแบบทดสอบนั้น วิธีการ เครื่องมือ และการให้คะแนนขึ้นอยู่กับการกำหนดของครูเอง โดยอาศัยความเที่ยงตรงของหลักสูตรเป็นเกณฑ์

1.3 แบบทดสอบอาจไม่เป็นไปตามคะแนนมาตรฐานของส่วนการศึกษานั้นๆ แต่เป็นคะแนนที่ครูรวบรวมไว้ตลอด แล้วสร้างคะแนนมาตรฐานขึ้นใช้เอง

1.4 แบบทดสอบที่สร้างขึ้นได้เร็ว วิธีการจะไม่ดีเท่ากับแบบทดสอบมาตรฐาน

1.5 ไม่เหมาะสมกับการนำไปให้ครูคนอื่นๆ ใช้ แต่จะเหมาะสมสำหรับใช้ส่วนศึกษาหรือท้องถิ่นนั้นๆ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มีวิธีการสร้างเครื่องมือและการใช้คะแนนคงที่ โดยสามารถทำให้ใช้ข้อสอบนี้ทดสอบในต่างสถานที่และต่างเวลาได้ การสร้างแบบทดสอบมาตรไม่ใช้ของง่าย ต้องออกข้อสอบหลายๆ ข้อ และทำการทดสอบกับคนเป็นจำนวนมาก นำข้อสอบมาวิเคราะห์เลือกข้อสอบที่มีคุณภาพเอาไว้เป็นแบบทดสอบมาตรฐาน นอกจากจะมีวิธีการ เครื่องมือ และการให้คะแนนคงที่แล้วยังต้องมีความเชื่อถือได้

ประกิจ รัตนสุวรรณ (2526 : 22-27) ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการวัดผลการศึกษา (Education Measurement) ไว้ว่า การวัดผลการศึกษา คือ กระบวนการในการกำหนด หรือหาจำนวนประมาณอันดับ หรือรายละเอียดของคุณลักษณะ หรือพฤติกรรมความสามารถของบุคคล โดยใช้เครื่องมือเป็นหลักในการวิจัยและกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ได้ตัวเลข หรือข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ที่ใช้แทนจำนวนและลักษณะที่ได้นั้นจะแสดงว่าการวัดผลการศึกษาต้องดำเนินการอย่างมีขั้นตอนมีระเบียบแบบแผน มีเครื่องมือมีผลการวัดเป็นตัวเลขหรือเป็นรายละเอียดที่นำมาบรรยายนอกจากจำนวนหรือระดับสิ่งที่ต้องการ การวัดและการประเมินผล (Education) หมายถึง

กระบวนการในการตัดสินตีราคา เพื่อพิจารณาในความเหมาะสมหรือหาคุณค่าของลักษณะเชิงพฤติกรรม เช่น ผลการเรียน ผลการปฏิบัติ โดยอาศัยข้อมูลหรือรายละเอียดที่ได้จากการวัดเป็นหลัก และใช้วิจารณญาณประกอบการพิจารณาเป็นต้น จากความหมายดังกล่าวจะเห็นว่า ถ้าจะประเมินจะต้องดำเนินการอย่างมีขั้นตอนโดยเริ่มต้นด้วยการวัดผลสิ่งนั้นแล้ว นำผลการวัดที่ได้มาวินิจฉัยอย่างมีหลักเกณฑ์ และมีคุณธรรมเพื่อพิจารณาตัดสินว่าสิ่งนั้นดีหรือไม่เก่งหรืออ่อน ได้หรือตก ดังนั้นในการประเมินผลต้องมีองค์ประกอบหลัก 3 ประการคือ

1. การวัด (Measurement) ทำให้ได้รู้สภาพความจริงสิ่งที่ประเมินว่ามีการประมาณเท่าไร คุณสมบัติอย่างไรเพื่อให้เป็นข้อมูลสำหรับนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์

2. เกณฑ์ (Criterion) ในการตัดสินใจว่าสิ่งใดดีสิ่งใดเลวใช้ได้หรือใช้ไม่ได้นั้น ต้องมีหลักหรือบรรทัดฐานที่ต้องการ โดยการเอาผลของการวัดนั้นมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือมาตรฐานที่ต้องการเกณฑ์การพิจารณาในการศึกษานั้น คือ จุดมุ่งหมายในการศึกษานั้นเอง

3. การตัดสินใจ (Decision) เป็นการชี้ขาดหรือสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการปฏิบัติซึ่งได้จากการวัดเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่าสูงต่ำกว่าขนาดไหน ทั้งนี้การตัดสินใจที่ต้องการอาศัยการพิจารณาอย่างถี่ถ้วน ทุกแง่ทุกมุมและกระทำอย่างยุติธรรม โดยอาศัยสภาพและความเหมาะสมต่างๆประกอบหรือต้องมีคุณธรรมที่ดี

2.6.2 ขอบเขตของการวัดผลทางการศึกษา

จรินทร์ ธานีรัตน์(2519: 7-8) ได้กล่าวว่าเมื่อทราบว่ามีความมุ่งหมายของหลักสูตรและความหมายของการสอนในระดับชั้นเรียนนั้น แล้วก็มาพิจารณาดูว่าจะวัดอะไรเพื่อให้ตรงกับเนื้อหาหรือความมุ่งหมายของระดับนั้นๆ ซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปบ้างแต่ควรสอดคล้องกับความมุ่งหมายของการสอนซึ่งอาจจะวัดในสิ่งต่อไปนี้

1. วัดความรู้ความเข้าใจ (Knowledge Test) ได้แก่การวัดความรู้ความเข้าใจในด้านวิธีการ เช่น แบบการเล่น กฎ กติกา ประวัติความเป็นมาตลอดจนเรื่องอุปกรณ์การเล่น เป็นต้น

2. วัดทักษะ (Skills Test) ได้แก่ การวัดทักษะทางการกระทำ อาจจะเป็นทักษะในการกระทำเบื้องต้น(Basic Skill) ของแต่ละประเภทของงาน หรืออักษะความชำนาญในกิจกรรมต่างๆ

3. วัดสมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness Test) ได้แก่ การวัดองค์ประกอบต่างๆของสมรรถภาพทางกาย เช่น ความว่องไว ความอดทน เป็นต้น

4. วัดเจตคติหรือทัศนคติ (Attitude Test) ได้แก่ การวัดในเรื่องต่างๆที่แสดงออกมาในทางที่ดีเป็นผลมาจากการเข้าร่วมในกิจกรรมการศึกา ดังเช่น

4.1 ความสนใจและการเข้าร่วมกิจกรรมพลศึกษา

4.2 เวลามาเรียนและการตั้งใจเรียนอย่างกระตือรือร้น

4.3 การตรงต่อเวลาในการเรียน

4.4 การแต่งการอย่างเหมาะสมในการเรียน

4.5 รับการบริการช่วยเหลือร่วมมือเป็นพิเศษทางการศึกษาให้แก่ส่วนรวม

สิ่งที่มีความจำเป็นในการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติ คือ การวัดและประเมินผล การวัดและประเมินผลที่ดีนั้น จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่มีคุณสมบัติดังนี้ คือ ความเที่ยง ความเชื่อมั่น ความเป็นปรนัย และมีเกณฑ์ปกติ (Mathew. 1978 : 25) โยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบทางด้านทักษะ เป็นการวัดที่สามารถบอกพฤติกรรมที่แสดงออกที่แสดงออกมาให้เห็นอย่างชัดเจน และเป็นไปตามความจริง (Nixon and Jewette. 1974 : 277)

Johnson and Nelson (1974 : 44) ได้กล่าวว่าแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานควรจะมีลักษณะที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ 4 ประการคือ

1. มีความเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง แบบทดสอบที่มีมาตรฐานการวัดที่แน่นอน ชัดเจนในการดำเนินการ และการให้คะแนน แม้จะวัดโดยผู้วัดหลายคนก็จะได้คำตอบหรือคะแนนเท่านั้น

2. มีความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึงแบบทดสอบที่มีความแน่นอนในการวด โดยผู้รับการทดสอบหลายครั้งก็จะได้ผลเหมือนเดิม

3. มีความเที่ยงตรง (Validity) สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดตรงตามจุดมุ่งหมาย

4. มีเกณฑ์ปกติ (Norm) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของประชากรเฉพาะกลุ่มที่จะทำการวัด

ทักษะก็นับว่ามีความสำคัญมากต่อการเรียนการสอน เพราะการที่เราจะทราบได้ว่านักเรียนแต่ละคนมีทักษะเพียงใดก็จะสามารถทราบได้จากการวัดทักษะ (Coilins. 1978 : 4-5) กล่าวว่าการวัดทักษะมีประโยชน์อย่างน้อย 9 ประการ

1. วัดผลสัมฤทธิ์ (Measurement of Achievement) ความมุ่งหมายอันดับแรกของแบบทดสอบทักษะ เพื่อวัดความกว้าวหน้าของนักเรียนหาระดับผลสัมฤทธิ์เนื้อหา และทฤษฎีหลักการต่างๆ ของแต่ละรายวิชา

2. ให้เกรด หรือ คะแนน(Grading or Marketing) นักเรียนอาจได้รับการประเมินพื้นฐานต่างๆ ตามแบบทดสอบกระทำทางทักษะ เมื่อนักเรียนได้เรียนวิชาผ่านไปสิ่งที่นักเรียนได้ คือ เกรดหรือคะแนน ซึ่งจะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงระดับความก้าวหน้าหรือผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่แสดงออกให้เห็นตามแบบทดสอบทักษะนั้น

3. เพื่อแบ่งกลุ่ม (Classification) การใช้แบบทดสอบทักษะผู้สอนจะใช้ทดสอบเพื่อแบ่งผู้เข้ารับการฝึกตามระดับ เช่น ระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง เป็นต้น แทนที่จะใช้เวลาเล็กน้อยในการสังเกตการณ์กระทำหรือแสดงออกทางทักษะนอกจากนั้น การแบ่งกลุ่มนี้จะทำให้เกิดความยุติธรรมในการแข่งขัน

4. การจูงใจ (Motivation) นักเรียนจะมีการตอบสนองในทางบวกต่อสิ่งที่มาท้าทายเขาจะพยายามมากๆ เพื่อให้ได้คะแนนมากๆ กับการทดสอบทักษะมากกว่าให้เขากระทำหรือเอาชนะเพื่อนในชั้น ด้วยเหตุนี้แบบทดสอบทักษะจึงใจที่ดีมาก เพื่อให้นักเรียนเกิดการพัฒนาและก้าวหน้า

5. การฝึก (Practice) คล้ายกับวัตถุประสงค์ในการจูงใจจะมีนักเรียนฝึกซ้อมตามรายการของแบบทดสอบเพื่อให้ได้คะแนนมากยิ่งขึ้น การกระทำดังกล่าวเป็นการสร้างความกว้างหน้าแก่ตัวเอง และเป็นการทดสอบตัวเอง ซึงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในทักษะต่างๆ และหากครูหรือครูผู้ฝึกสอนเห็นประโยชน์และจัดให้นักเรียนฝึกตามรายการของแบบทดสอบในบางส่วน โดยมีการสาธิตและอธิบายโดยละเอียดแล้วนั้นแสดงว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์

6. การวินิจฉัย (Diagnosis) การพัฒนาทางทักษะเป็นพื้นฐานอย่างหนึ่งในการเรียนการสอน การวินิจฉัย หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในแต่ละระดับถือเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของการสอนเมื่อใช้แบบทดสอบทางทักษะต่างๆทำให้ผู้สอนรู้จุดบกพร่องของนักเรียนเพื่อการแก้ไขต่อไป

7. เครื่องช่วยสอน (Teaching Aids) โดยธรรมชาติของการสอนทักษะของนักเรียนจะต้องรู้ถึงความก้าวหน้าและการพัฒนาทางทักษะของตนเองทุกขณะ หากผู้สอนใช้รายการทดสอบทักษะและเน้นมากๆ จะเป็นเครื่องช่วยในการสอนและนักเรียนมากขึ้น

8. เครื่องมือในการแปลความหมาย (Interpretive Tool) และหน้าที่อย่างหนึ่งในการสอน การแปลผล หรือแปลความหมายจากผลการเรียนเองนักเรียนให้กับผู้บริหาร ผู้ปกครองนักเรียนและแก่สาธารณชนทั่วไปได้ทราบซึ่งแปลความได้ผลมาจากแบบทดสอบทักษะที่มีคุณภาพและสิ่งนี้ก็น่าจะเป็นการยกระดับของโรงเรียนไปด้วย

9. การแข่งขัน (Competition) ซึ่งจากการที่นักเรียนทำการแข่งขันหรือทำคะแนนให้ได้มากๆ ในแต่ละรายการทดสอบจะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงการที่จะประสบความสำเร็จ

2.6.3 การวัดผลภาคปฏิบัติ

ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึงคุณลักษณะ และความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรมหรือจากการสอนการวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผล (Level of Accomplishment) ของบุคคลว่าเรียนแล้วมีความรู้เท่าไรมีความสามารถชนิดใดซึ่งสามารถวัดผลได้ 2 แบบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและลักษณะวิชาที่สอนคือ (ไพศาล หวังวานิช.2526:89)

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถในรูปแบบกระทำจริงให้ออกมาเป็นผลงาน เช่น วิชาศิลปศึกษา พลศึกษา การช่าง เป็นต้น

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆสามารถวัดได้โดยใช้ ข้อสอบผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test)

การวัดภาคปฏิบัติหรือความสามารถในการปฏิบัติของผู้เรียนเป็นการวัดที่ให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมตรงออกมาด้วยการกระทำ โดยถือว่าการปฏิบัติเป็นความสามารถในการผสมผสานหลักการวิธีการต่างๆ ที่ได้รับการฝึกฝนมาให้ปรากฏออกมาเป็นทักษะ (Skill Outcomes) การวัดภาคปฏิบัติมีวิธีดังนี้

2.6.3.1 วิธีการวัด

เมื่อต้องการทราบว่าผู้เรียน เรียนรู้หลักและวิธีการในการปฏิบัติสิ่งใดแล้วจะสามารถปฏิบัติจริงได้หรือไม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาที่มุ่งเน้นความสามารถด้านการปฏิบัติ ควรจะให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติสิ่งนั้นจริงๆ โดยให้ออกมาเป็นผลงานหรือให้สังเกตเห็นได้หลักความสำคัญในการวัดภาคปฏิบัติก็คือ ต้องกำหนดงานขึ้นมาได้ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริงงานที่กำหนดขึ้นอาจจะเป็นได้ทั้งแง่ความเป็นจริงหรือสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงหรือให้เป็นงานตัวอย่างหรือเป็นงานจำลองของจริง เช่น การเขียนภาพ การตัดเสื้อ การสานพัด การตอนต้นไม้เป็นต้น หรืออาจเป็นงานสมมุติหรือเลียนแบบของจริง (Simulated Work) ก็ได้ เช่น การจำลองแบบบ้าน การปั้นรูปผลไม้ เป็นต้น ดังนั้นการวัดภาคปฏิบัติจึงมีความสำคัญที่การกำหนดให้ผู้เรียนปฏิบัติซึ่งมีหลักดังนี้

1. ควรเป็นงานที่บอกระดับทักษะ หรือความสามารถในการปฏิบัติได้อย่างแท้จริง งานนั้นสามารถจำแนกความสามารถของผู้เรียนได้ นั้นคือ งานนั้นต้องไม่ยากหรือง่ายเกินไปเพราะจะทำให้ผลงานที่ได้ออกมาเหมือนกันหมดทุกประเภทและทุกคน

2. ควรเป็นงานที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติโดยต้องใช้ทักษะด้านต่างๆ ประกอบกันหรือนำมาผสมผสานกันจึงจะดี เป็นงานที่มีความสำคัญเพียงพอที่จะกำหนดเป็นตัวแทนในการปฏิบัติสิ่งอื่นๆได้ด้วย

3. ควรพิจารณาลักษณะงานที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติว่า เป็นงานที่ควรจะปฏิบัติเป็นรายบุคคลทีละคนหรือสามารถปฏิบัติเป็นกลุ่มหรือพร้อมๆกันไปเพื่อให้การวัดนั้นปฏิบัติถูกต้องและสามารถให้คะแนนได้อย่างเชื่อมั่นได้

4. งานที่กำหนดควรให้อยู่ในวิสัยที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้และผู้สอนก็สามารถจัดสถานการณ์เพื่อการปฏิบัติได้อย่างแท้จริง

5. ควรชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจงามที่ปฏิบัติอย่างชัดเจนก่อนทุกครั้ง เช่น ควรบอกจุดมุ่งหมายของขอบข่ายของงาน ผลที่ต้องการเครื่องมือที่จะใช้เงื่อนไขต่างๆ ในการปฏิบัติเวลาที่จะใช้ในการปฏิบัติรวมทั้งการพิจารณาหรือการตรวจให้คะแนน เป็นต้น

2.6.3.2 การตรวจภาคปฏิบัติ

ความยุ่งยากประการหนึ่งในการตรวจวัดภาคปฏิบัติคือ การตรวจให้คะแนนซึ่งมักจะขาดความเชื่อมั่น ทั้งนี้เพราะโดยปกติแล้วผู้สอนนิยมให้คะแนนผลงานการปฏิบัติของผู้เรียน โดยวิธีการสังเกตแล้วตัดสินใจให้คะแนนทันที ย่อมจะเกิดความผิดพลาดได้ง่ายการตรวจภาคปฏิบัติที่ดีนั้นควรมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. การตรวจผลงานภาคปฏิบัติควรตรวจหรือให้คะแนนทั้ง 2 ด้านคือ

1.1 วิธีปฏิบัติ (Procedure or Process) ได้แก่ วิธีการดำเนินการทั้งหลายของการปฏิบัติ เช่น ขั้นตอนในการปฏิบัติ เครื่องมือที่ใช้ ทักษะการใช้เครื่องมือ กรรมวิธีในการปฏิบัติ เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติ เป็นต้น

1.2 ผลปฏิบัติ (Product or Output) ได้แก่ ผลผลิตหรือสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติ ควรพิจารณาอย่างรอบคอบทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น จำนวนงานที่ได้ ความงามความถูกต้อง ความคิดริเริ่มประโยชน์ใช้สอย เป็นต้น

2. การตรวจผลงานภาคปฏิบัติในแต่ละรายวิชา ย่อมเน้นความสำคัญของวิธีปฏิบัติ ผลปฏิบัติแตกต่างกันดังนั้นผู้สอนต้องพิจารณาก่อนว่าการปฏิบัติของรายวิชานั้นๆ ควรเน้นหนักทางด้านใดเพื่อที่จะกำหนดอัตราส่วนของความสำคัญของแต่ละด้านไว้แน่นอนก่อน

3. ควรตั้งเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนอย่างชัดเจนโดยกำหนดรายละเอียดต่างๆ ที่จะให้พิจารณาในการให้คะแนนไว้อย่างครบถ้วนเหมาะสม

2.6.3.3 วิธีการตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติ

ไม่ควรตรวจให้คะแนนผลงานโดยใช้เพียงการสังเกตแล้วให้คะแนนทันที เพราะจะทำให้คะแนนที่ได้ขาดความเชื่อมั่นและไม่ตรงกับความเป็นจริงวิธีการตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติที่นิยมใช้อยู่มีอยู่ 2 วิธีคือ

1. ใช้แบบสำรวจรายการ (Checklist) ใช้สำหรับตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติทั้งในด้านวิธีปฏิบัติและผลปฏิบัติโดยใช้วิธีการกำหนดรายการหรือรายละเอียดต่างๆ ของวิธีทำหรือผลปฏิบัติขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการให้คะแนนโดยพยายามกำหนดสิ่งที่สำคัญๆของการปฏิบัติในครั้งนั้นๆ ออกมาเป็นข้อๆหรือรายการแล้วพิจารณาการปฏิบัติหรือเป็นอย่างไร แล้วบันทึกผลการปฏิบัติของผู้เรียนเป็นคะแนนหรือตรวจผลงานเป็นระดับก็ได้ เช่น ดีหรือไม่ดี ใช้ได้หรือใช้ไม่ได้ ดีหรือพอใช้ เป็นต้น

2. ใช้การจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) ใช้สำหรับตรวจให้คะแนนเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นคุณค่าหรือคุณภาพต่างๆ จึงเหมาะสมจะนำมาใช้กับการให้คะแนนการปฏิบัติในด้านที่เป็นผลปฏิบัติมากกว่าวิธีการปฏิบัติ หลักสำคัญของการจัดอันดับคุณภาพก็คือ พยายามประเมินผลงานของผู้เรียนด้วยการเปรียบเทียบกันในกลุ่มเพื่อจัดอันดับ แล้วจึงแปลงอันดับที่ได้ออกมาเป็นคะแนน มีขั้นตอนการปฏิบัติดังต่อไปนี้

2.1 พิจารณาผลงานแต่ละคนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วตัดสินว่างานนั้นมีคุณภาพดีหรือปานกลางหรือไม่ดีแยกเป็นสามกลุ่ม

2.2 พิจารณาผลงานในแต่ละกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบและจัดอันดับผลงานเหล่านั้นโดยจัดอันดับผลงานไปทีละกลุ่ม จนครบทั้งสามกลุ่ม

2.3 นำอันดับทั้งหมดมาเรียงต่อกันไป จะได้ผลงานที่ยอดเยี่ยมอันดับ หนึ่ง สอง สาม ไปจนถึงอันดับสุดท้านของกลุ่ม

2.4 แปลงอันดับของผลงานที่เรียงไว้ทั้งหมด ออกมาเป็นตำแหน่งร้อยละ (Percent Position) ซึ่งเป็นการจัดอันดับของผลงานเหล่านั้นโดยคิดผลงานทั้งหมดเป็น 100 ชิ้น ดังนั้นตำแหน่งร้อยละที่ได้ออกมาจะบอกให้ทราบว่างานชิ้นนี้ได้อันดับในกลุ่มจะกลายเป็นอันดับที่เท่าไร

2.5 แปลงตำแหน่งร้อยละเป็นคะแนน โดยใช้บัญชีสำหรับการแปลงอันดับคุณภาพ

ในการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการวัดผลภาคปฏิบัติเพื่อนำไปประยุกต์ใช้วัดความสามารถด้านทักษะของผู้เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์การทดลองปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์เรื่องการทดลองใบงานโดยการใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการปฏิบัติ ซึ่งเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มุ่งเน้นด้านการปฏิบัติเป็นหลัก ในการประเมินแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติที่สร้างขึ้นควรใช้วิธีการตรวจผลงานภาคปฏิบัติ ให้เกิดความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีการตรวจให้คะแนนแบบสำรวจรายการโดยการกำหนดรายการต่างๆของผลปฏิบัติขึ้นมาเพื่อเป็นเกณฑ์การให้คะแนน

2.6.3.4 แบบทดสอบการวัดผลภาคปฏิบัติ

การออกแบบทดสอบที่เป็นข้อเขียนเพื่อวัดผลหลังการฝึกปฏิบัตินั้น มีรายละเอียดต่อไปนี้(อุทุมพร จามรมาน.2529 :88)

1. ตามปกติการวัดผลภาคปฏิบัตินั้นเป็นการวัดในสถานการณ์ที่นักเรียนปฏิบัติจริง ไม่ว่าการวัดนั้นๆ จึงอยู่ในระดับที่เรียกว่าเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนที่ภาษาอังกฤษเรียกว่า Formative Evaluation หรือวัดผลเพื่อที่จะประเมินผลรวมที่เรียกว่า Summative Evaluation การวัดจากสถานการณ์จริงเช่นนี้ หลีกเลี่ยงการใช้วิธีการสังเกต การใช้เครื่องมือวัดเช่น Rating Scale หรือ Checklist ควบคู่กับการสังเกตไม่ได้ เป็นต้น

2. ดังที่กล่าวมาแล้วว่ามีความพยายามที่ใช้แบบทดสอบข้อเขียนเพื่อวัดวิธีปฏิบัติงานหลายท่านสอนนักเรียนให้ปฏิบัติงานแล้ว ภายหลังมาออกข้อสอบเป็นข้อเขียนถามโดยการกำหนดสถานการณ์ขึ้นมาใหม่ แล้วให้นักเรียนนำเอาวิธีการที่เคยปฏิบัติงานจากสถานการณ์จริงมาตอบคำถาม ในสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นใหม่เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการปฏิบัติ ตัวอย่างทางการแพทย์ศาสตร์ ซึ่งได้เคยสอนให้วินิจฉัยโรคผิวหนังหลายๆ อย่างไปแล้วแต่ในการสอบบางครั้งจัดทำสถานการณ์ขึ้นมาใหม่ เช่น มีภาพสีแดงให้เห็นโรคผิวหนังพร้อมบอกอาการแล้วให้ผู้ทำข้อสอบทำหน้าที่ตอบคำถามเพื่อวินิจฉัยโรคเป็นต้น ถึงแม้ว่าการถามนี้เป็นข้อสอบเขียนแต่การถามแบบยกสถานการณ์เชนนี้ก็พอจะทำนายพฤติกรรมประยุกต์ความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกได้พอสมควรสิ่งที่พึง

ระวังก็คือการสร้างควรตรงกับสภาพความเป็นจริง (Concurrent Validity) ของแบบทดสอบว่าผู้ตอบถูกและในทางปฏิบัติจริงผู้ตอบก็ปฏิบัติได้ถูกต้องด้วย

2.6.4 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหมายถึง การเอาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแล้วจึงนำไปใช้จริง ทั้งนี้เหตุที่ต้องหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพราะ

1. เพื่อให้มีความมั่นใจว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีคุณภาพ
2. เพื่อให้มีความแน่ใจว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น สามารถทำให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่างแท้จริง
3. การทดสอบประสิทธิภาพจะเป็นหลักประกันในการสำเนาบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำนวนมาก

เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นส่วนหนึ่งของชุดการเรียน การสอน ดังนั้นคุณสมบัติต่างๆ ของชุดการเรียนการสอนจึงเป็นคุณสมบัติของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วย

2.6.5 เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2520) กล่าวว่า ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วย ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากชุดการสอนมี ประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว ชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน และ คุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้ โดยการประเมินผลพฤติกรรมของ ผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือประเมินผล ต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆ พฤติกรรม เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานของกลุ่ม) และรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้
2. การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน และการสอบไล่

ประสิทธิภาพของชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียน จะเปลี่ยนพฤติกรรมให้เป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ย ของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ ของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 คือประสิทธิภาพของ กระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่าเมื่อเรียนจากชุดการสอนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถ ทำแบบฝึกหัด หรืองานได้ผลเฉลี่ย 80% และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ย 80%

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความ พอใจโดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80, 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตนศึกษาอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้น

2.6.6 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

โดยใช้สูตรต่อไปนี้

สูตรที่ 1 $E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$ หรือ $\frac{\overline{X}}{A} \times 100$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกหัด หรืองาน

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน

N คือ จำนวนผู้เรียน

สูตรที่ 2 $E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$ หรือ $\frac{\overline{X}}{B} \times 100$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) คือการนำเอาคะแนน ของแบบฝึกหัด หรือผลงานในขณะประกอบกิจกรรมกลุ่ม/เดี่ยว ของนักเรียนทุกคน รวมกันหารด้วยจำนวนผู้เรียน แล้วนำค่าที่ได้หารด้วยคะแนนเต็มของแบบฝึกหัด ทุกชิ้นรวมกันคูณด้วย 100 ส่วนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ก็คือการนำคะแนนรวม ของการทดสอบหลังเรียนหารด้วยจำนวนนักเรียน(คะแนนเฉลี่ย) แล้วนำค่าที่ได้หาร ด้วยคะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียนคูณด้วย 100 นั่นเอง

2.6.7 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพ

เมื่อผลิตชุดการสอนขึ้นเป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. แบบเดี่ยว (1:1) คือ ทดลองกับผู้เรียน 3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง คำนวณหาประสิทธิภาพ เสร็จแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองแบบเดี่ยวนี้ จะได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุง แล้วจะสูงขึ้นมาก

2. แบบกลุ่ม (1:10) คือทดลองกับผู้เรียน 6 - 10 คน คละผู้เรียนที่เก่งกับอ่อน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบ เท่าเกณฑ์ โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10 % นั่นคือ E_1/E_2 ที่ได้จะมีค่าประมาณ 70/70

3. ภาคสนาม (1 : 100) ทดลองกับผู้เรียนทั้งชั้น 30 คน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วทำการปรับปรุง ผลลัพธ์ที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำจากเกณฑ์ไม่เกิน 5 % ก็ให้ยอมรับ

2.6.8 การหาคุณภาพ

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามเกณฑ์ที่นิยมกำหนดกันเพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป เช่น 90/90 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหรือการตรวจวัดความคงทนทางการเรียน ล้วนเป็นผลมาจากคุณภาพของแบบทดสอบทั้งสิ้น ดังนั้น การหาคุณภาพของ

แบบทดสอบจึงเป็นกระบวนการที่ต้องดำเนินการอย่างรอบคอบและอาจจะต้องทำการทดสอบซ้ำๆ หลายครั้ง จนกว่าจะได้แบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานและมีจำนวนข้อเพียงพอกับความต้องการคุณภาพของแบบทดสอบ เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่สำคัญจำนวน 1 องค์ประกอบ ดังนี้
(วัญญา. 2531 : 118 – 124)

1. ความเที่ยงตรง (Validity)

2.6.4.1 ความเที่ยงตรง (Validity)

ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง ความถูกต้องของแบบทดสอบในสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือความถูกต้องแม่นยำที่แบบทดสอบวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งเป็นความสามารถของแบบทดสอบ ที่จะสะท้อนความหมายที่แท้จริง ของแนวคิดที่ต้องการศึกษาออกมาได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้อง แบบทดสอบจะไม่ได้มีความที่ยงตรงโดยตัวเองแต่จะมีความเที่ยงตรงในจุดมุ่งหมายเฉพาะกับกลุ่มที่ต้องการวัดเท่านั้นความเที่ยงตรงจำแนกออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ระดับความสามารถของแบบทดสอบที่วัดในเนื้อหาที่ต้องการจะวัด เช่น หากต้องการวัดเรื่องความสนใจ ข้อคำถามในแบบทดสอบหรือข้อสอบก็ต้องเป็นเรื่องของความสนใจ โดยการพิจารณาว่าเนื้อหาของแบบทดสอบสะท้อนแนวคิดตามที่ต้องการหรือไม่ ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจึงมีความสำคัญยิ่งในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวัดผลการเรียนการสอนที่ใช้แบบทดสอบไม่ตรงหรือไม่ครอบคลุมเนื้อหาที่เรียน จึงเป็นการวัดผลที่ขาดความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

การทดสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ทำได้โดยพิจารณาจากกระบวนการสร้างแบบทดสอบหรือข้อสอบว่าวัดได้จริงตามที่ต้องการจะวัดหรือไม่ หรือ โดยการตรวจสอบคำตอบกับข้อเท็จจริงที่ปรากฏ เช่น การสังเกตจากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นว่าสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ตอบในแบบทดสอบหรือไม่กระบวนการทดสอบดังกล่าวนี้ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาเพื่อตรวจสอบกระบวนการสร้างแบบทดสอบ เพื่อตัดสินใจว่าข้อคำถามในแบบทดสอบว่าสามารถใช้เป็นตัวแทนของเนื้อหาที่จะถามได้หรือไม่ โดยการเปรียบเทียบสิ่งที่ปรากฏในแบบทดสอบกับสิ่งที่ควรจะถามว่ามีความสอดคล้องกันมากเพียงใด การทดสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญในลักษณะนี้ เรียกว่า การหาค่าความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ หรือเรียกว่า การหาค่า IOC
(Index of Item – objective Congruence)

สูตรสำหรับหาค่า IOC

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ

IOC = ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ
ΣR = ผลรวมของคะแนนการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ
N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ จะเป็นการพิจารณาแบบทดสอบรายข้อจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบสอบถามที่แนบไปพร้อมกับ

แบบทดสอบที่ต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้อง โดยมีหลักเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อหาค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญกำหนดเป็น 3 ระดับ ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

-1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบไม่ได้วัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

แบบทดสอบหรือข้อสอบที่ถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาในระดับดี สามารถนำไปวัดผลได้จะต้องมีค่า IOC เกินกว่า 0.5 เป็นต้นไป

2. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตามลักษณะคุณสมบัติ ทฤษฎี และประเด็นต่างๆ ของโครงสร้างนั้น โครงสร้างเป็นคุณลักษณะที่อธิบายพฤติกรรมต่าง ๆ โดยแท้จริงแล้วโครงสร้างคือสิ่งที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่ออธิบายพฤติกรรม เช่น โครงสร้างของคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วย หน่วยรับข้อมูล หน่วยแสดงผลข้อมูล และหน่วยประมวลผลกลาง เป็นต้น

3. ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง แบบทดสอบทีสามารถวัดได้ตามสภาพความเป็นจริงของกลุ่มตัวอย่าง เช่น ผู้เรียนคนหนึ่งที่เรียนในเวลาเรียนเป็นผู้เรียนที่เก่งที่สุดในชั้นเรียน เมื่อทำข้อสอบปรากฏว่าผู้เรียนผู้นั้นทำคะแนนได้สูงสุด แสดงว่าแบบทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงตามสภาพดี แต่หากว่าผลการสอบออกมาตรงกันข้าม ผู้ทำได้คะแนนสูงกลับไปเป็นผู้ที่เรียนอ่อนขณะที่เรียนในชั้นเรียนแสดงว่าแบบทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงตามสภาพไม่ดี

การทดสอบความเที่ยงตรงตามสภาพ ทำได้โดยนำคะแนนของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นใหม่ไปหาค่าสหสัมพันธ์กับคะแนนของแบบทดสอบเดิมที่มีความเที่ยงตรง ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความเที่ยงตรงตามสภาพ ทำได้โดยนำคะแนนของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นใหม่ ไปหาค่าสหสัมพันธ์กับคะแนนของแบบทดสอบเดิมที่มีความเที่ยงตรง ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบทดสอบทั้งสองก็คือสหสัมพันธ์ของความเที่ยงตรง (Validity Coefficient) ซึ่งจะเป็นเครื่องชี้บ่งความเที่ยงตรงตามสภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

4. ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึง การหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการสอบกับเกณฑ์ของความสำเร็จที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้คะแนนผลการสอบในการพยากรณ์ในอนาคต ถ้าหากแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์สูงและบุคคลผู้ใดทำคะแนนได้ดี จะสามารถพยากรณ์ได้ว่าบุคคลผู้นั้นย่อมมีความสำเร็จในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องในประเด็นของแบบทดสอบ ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในปัจจุบันโดยเฉพาะการสอบคัดเลือกบุคคลเข้าทำงานหรือศึกษาต่อ หากข้อสอบคัดเลือกมีความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์อยู่ในเกณฑ์ดี ผู้ที่ได้คะแนนสูง และสอบการคัดเลือกผ่านอาจจะพยากรณ์ได้ว่าบุคคลผู้นั้นจะพบกับความสำเร็จในการทำงานหรือการศึกษาต่อในอนาคต

2.7 กรอบแนวคิดในการสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการนำเอาหลักจิตวิทยาการเรียนรู้เข้ามาใช้ประกอบในการพัฒนา ทางด้านการใช้เทคโนโลยีการสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของนักจิตวิทยาการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ

2.7.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ (Gagne') กาเย่ได้ให้นิยามการเรียนรู้ไว้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพ (Capability) หรือความสามารถของมนุษย์ซึ่งสามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมบางประการที่แสดงออกมา การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากที่มนุษย์ได้รับประสบการณ์จากสภาพการณ์การเรียนรู้ในระยะเวลาหนึ่ง ไชยยศ เรืองสุวรรณ(2533 : 62-64) ได้จำแนกประเภทการเรียนรู้พื้นฐานออกเป็น 8 ลักษณะ เรียวลำดับก่อนหลัง ดังนี้

1.1 การเรียนรู้สัญญาณ (Signal Learning) เป็นการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานที่เกิดขึ้น โดยผู้เรียนมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นเงื่อนไขอย่างทันทีทันใด และจะเกิดการเรียนรู้ที่ไม่กระทำซ้ำหลาย ๆ ครั้งบนเงื่อนไขเดียวกัน การเรียนรู้สัญญาณเป็นประเภทเดียวกันกับทฤษฎีการวางเงื่อนไขของพาพลอฟ (Pavlov)

1.2 การเรียนรู้จากสิ่งเร้าและการตอบสนอง (Stimulus – Responses Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้าอย่างตั้งใจหรือจำเพาะเจาะจงโดย 1) กระทำซ้ำบ่อยๆ 2) ตอบสนองให้ถูกต้องเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ 3) การที่ควบคุมสิ่งเร้าจะเพิ่มความถูกต้องของการตอบสนองได้มากขึ้น 4) การเสริมแรงหรือการให้รางวัลมีความจำเป็น การเรียนรู้ประเภทนี้เป็นประเภทเดียวกันกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบอาการกระทำ (Operand Conditioning) ของสกินเนอร์และทฤษฎีการเรียนรู้ (Instrumental Conditioning Learning) ของธอร์นไดด์

1.3 การเรียนรู้โดยการเชื่อมโยง (Simple Chaining Learning) การเรียนรู้จะต้องมีการกระทำเชื่อมโยงต่อเนื่องระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองตั้งแต่สองคู่ขึ้นไป โดยมากเป็นการเรียนรู้ด้านทักษะ (Mortor Learning)

1.4 การเรียนรู้โดยใช้ภาษา (Verbal Association Learning) การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ของการใช้ถ้อยคำ หรือภาษาตอบสนองสิ่งเร้าจนเกิดเป็นภาษาขึ้นเรียกสิ่งต่าง ๆ ของการเรียนรู้ประเภทนี้เป็นลักษณะเดียวกับการเรียนรู้แบบเชื่อมโยง (Connection Learning) ของเอบบิงฮอส (Ebbinghaus)

1.5 การเรียนรู้ความแตกต่าง (Discrimination Learning) เป็นการเรียนรู้ที่จะต้องมีความเข้าใจอย่างกว้างขวางลึกซึ้งตามลำดับขั้นต่างๆ ที่จะเรียนรู้จนสามารถจำแนกความแตกต่างที่มีอยู่ของสิ่งเร้าทั้งหลายได้ เช่น สามารถแยกชื่อต่างๆ ที่จะเรียนรู้จนสามารถจำแนกความแตกต่างที่มีอยู่ของสิ่งเร้าทั้งหลายได้ เช่น เราสามารถจำแนกชื่อต่างๆ ของพืชและสัตว์ และรียกได้ถูกต้อง

1.6 การเรียนรู้มโนทัศน์ (Concept Learning) โดยทั่วไปมโนทัศน์จะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ มโนทัศน์แบบรูปธรรมและแบบนามธรรม มโนทัศน์แบบรูปธรรมเกิดจากการสังเกตและเป็นแบบรูปธรรม ส่วนมโนทัศน์แบบนามธรรมนั้นเป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือสิ่งแทนของจริงต่างๆ เช่น รูปสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม เป็นต้น ดังนั้นการเรียนรู้ตามมโนทัศน์จึงเกิดขึ้นได้ตามจุดมุ่งหมายที่เราตั้งไว้ โดยเรียนรู้ผ่านทางสภาพการณ์การเรียนรู้เพื่อให้ตอบสนองจนสามารถสรุปหลักการและจุดมุ่งหมายจากสิ่งแวดล้อมได้

1.7 การเรียนรู้กฎ (Rule Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการนำมโนทัศน์จำนวนหนึ่งมาสัมพันธ์กันอย่างดีมีลำดับต่อเนื่องกันและชัดเจน แล้วสร้างเป็นข้อสรุปหรือกฎที่มีความหมายใหม่ขึ้นมาและความสามารถนำไปใช้อธิบายกับเหตุการณ์ต่างๆ ได้

1.8 การเรียนรู้การปัญหา (Problem – Solving Learning) เป็นต้น การเรียนรู้ขั้นสูงสุดที่เกิดจากการนำกฎหรือหลักการเบื้องต้นต่างๆ ที่สร้างขึ้นมาจ่ากหลักการก็จะนำไปสู่ขั้นของกระบวนการใหม่ ๆ เกิดความคิดและขยายแนวคิดจนสามารถนำหลักการนั้นไปใช้อย่างสร้างสรรค์

และสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้จนกระทั่งได้ความรู้ใหม่เพิ่มขึ้นจากลักษณะการเรียนรู้ดังกล่าว กาเย่ ได้กล่าวว่าผู้เรียนจะเกิดความสามารถซึ่งเป็นผลของการเรียนรู้ (Learning Outcomes) และผลของการเรียนรู้ถ้ามองในมุมหนึ่งก็คือ จุดมุ่งหมายการศึกษาและการเรียนการสอนนั้นเอง ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่เกี่ยวกับการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนจากทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ ดังได้อธิบายสรุปมาแล้วนั้นจะเห็นว่าเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ร่วมสมัยที่ประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้ต่างๆ เข้าสู่เหตุการณ์การเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบการสอนคือเทคโนโลยีการสอนนั้นเอง

2.7.2 กาเย่และคณะ (Gagne and others 1988 : 8 - 14) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ

1. สภาพการเรียนรู้ (Conditions of learning) เป็นความพร้อมภายในตัวผู้เรียน (Internal Conditions) ด้านความสามารถที่มีอยู่ก่อนเรียน (พฤติกรรมเบื้องต้น) และสภาพภายนอก (External Conditions) ที่จัดให้แก่ผู้เรียน

2. เหตุการณ์ในการเรียนรู้ (Events of Learning) หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนรู้ เมื่อมีสิ่งเร้าจากสภาพแวดล้อมมากระตุ้น หน่วยรับประสาทสัมผัสจะรับสิ่งเร้าส่งไปทำการบันทึกความรู้สึก และจะได้รับการกลั่นกรองจากกระบวนการความตั้งใจและการเลือกการรับรู้เลือกเฉพาะข้อมูลที่ต้องการ และจะส่งต่อไปยังหน่วยความจำระยะสั้นโดยอาศัยสื่อ (ภาพและ/ หรือเสียง) และบางส่วนถูกส่งไปยังหน่วยความจำระยะยาว และนำมาใช้งานได้ด้วยกระบวรการเสาะหาผลจากกระบวนการนี้ทำให้การปฏิบัติก็จะเกิดการเรียนรู้ ดังนั้น การเรียนรู้จะขึ้นอยู่กับกระบวนการควบคุมที่สำคัญคือ ยุทธศาสตร์การคิดดังนั้นกล่าวได้ว่ารูปแบบการเรียนรู้และการจำของกาเย่ เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวของทฤษฎีใหม่ของความรู้ความเข้าใจ ที่มุ่งจะเน้นในเรื่องของกระบวนการการเรียนรู้ (Information Processing) กาเย่ยังได้เน้นบทบาทครูในการจัดการเรียนการสอน เพื่อกระตุ้นนักเรียนให้ทำกิจกรรมต่างๆ และเสนอแนวทางในการจักการสอนเป็น 9 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้

1. การเรียกความสนใจ (Gaining Attention) เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อให้นักเรียนพร้อมที่จะเรียนโดยการเลือกสิ่งเร้า เช่น รูปภาพ ภาพยนตร์ การใช้คำถาม การสาธิต และมีการนำเสนอสิ่งเร้านั้น ๆ เพื่อเรียกความสนใจ

2. การบอกให้ผู้เรียนทราบจุดประสงค์การสอน (Information the Learning of the Objective) เพื่อให้นักเรียนทราบจุดประสงค์ปลายทางของการเรียนการสอนและเป็นแนวทางไปสู่จุดประสงค์นั้น การบอกจุดประสงค์นั้น การบอกจุดประสงค์อาจบอกให้ทราบโดยตรงหรือบอกโดใช้คำถามก็ได้

3. การกระตุ้นให้เกิดการระลึกความรู้เดิมที่ต้องมีก่อน (Stimulating Recall of Prerequisite Learning) อาจใช้คำถามหรือบรรยายเพื่อทบทวนความรู้เดิม แล้วนำไปเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ให้มีความพร้อมที่จะเรียนต่อไป

4. การเสนอสิ่งเร้าใช้ในการประกอบการสอน (Presenting the Stimulus Material) ได้แก่วัสดุอุปกรณ์และสื่อการสอนอื่น ๆ

5. การชี้แนะการเรียนรู้ (Providing learning Guidance) อาจใช้คำถามที่สามารถนำไปสู่การเรียนรู้ การนำไปใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

6. จัดให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรม (Eliciting The Performance) คือ ให้ผู้เรียนลงมือทำกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง ผู้สอนคอยให้ความสะดวกจัดเตรียมเครื่องมือให้พร้อมสำหรับการปฏิบัติการทดลอง

7. ให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับผลการทำกิจกรรม (Providing Feedback) เพื่อให้ผู้เรียนทราบว่าการทำกิจกรรมหรือปฏิบัติการทดลองได้ผลถูกต้องดี หรือต้องแก้ไขเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

8. การวัดผลการเรียน (Assessing the Performance) การวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้การทำกิจกรรมอาจทำได้โดยการใช้คำถามให้ทำแบบฝึกหัด หรือทำข้อสอบวัดได้ในขณะเรียนและเมื่อสิ้นสุดการเรียนเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้

9. การทำให้ผู้เรียนคงการเรียนรู้และการถ่ายโยงการเรียนรู้ (Enhancing Retention and Transfer) คือ การให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติซ้ำๆ กัน เพื่อให้มีความคงทนของความรู้ให้มีการทบทวนและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่เพื่อฝึกการถ่านโอนการเรียนรู้การเย่ กล่าวว่าการเรียนรู้เนื้อหาสำคัญกว่าเรียนรู้ตามกระบวนการ และมีความเห็นว่าการนำวิธีการสอนแบบค้นพบไปสอนจะไม่ช่วยให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง นอกจากจะต้องสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ที่แน่นอน และเป็นลำดับขั้นให้ผู้เรียนจึงจะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์

การสอนทั้ง 9 ขั้นตอน ดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อนักเทคโนโลยีการศึกษาในการออกแบบและพัฒนาการสอนในเชิงปฏิบัติ ทฤษฎีและหลักการเรียนรู้ตามแนวคิดของกาเย่ ซึ่งได้รับความสนใจและนำมาใช้ในงานทางด้านเทคโนโลยีอย่างกว้างขวาง (ไชยยศ เรืองสุวรรณ 2533:66)

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 สถาบันราชำภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 20 คน จากผลการวิจัยพบว่า ชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 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 และผลการคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบรวมร้อยละ 84.33 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดประลองและใบประลองมีความคิดเห็นว่า มีคุณค่าและมีประโยชน์เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน

วันชัย ศศิสกุลพร.(2540:67) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 โดยเมื่อใช้ชุดทดลองนี้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการาวัดที่จุดต่างๆ ตามใบทดลองไม่เกินร้อยละ 10 เปรียบเทียบจากการคำนวณ และนำชุดทดลองนี้ไปทดลองเพื่อศึกษาเวลาการเรียนภาคปฏิบัติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับ

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนทบุรี 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 ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

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

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาผู้วิจัยพบว่าการใช้สถานการณ์จำลองด้วยคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอน สามารถส่งผลโดยตรงต่อการฝึกทักษะในด้านต่างๆเพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถทางการเรียนในการแก้ปัญหาสูงขึ้น ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดและการคิดอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้สถานการณ์จำลองด้วยคอมพิวเตอร์ยังใช้เวลาในการเรียนรู้น้อยกว่าการปฏิบัติทดลองจริงทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายและเกิดความสนุกที่จะทำการทดลอง ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลอง เพื่อใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติระหว่างการทดลองใบงาน นักศึกษาที่เรียนคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์จะมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเรียน เกิดความที่จะอยากทดลองและฝึกปฏิบัติทดลองใบงานและเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากทำให้ผู้เรียน เรียนรู้ได้ง่ายโดยเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงในใบงานทดลองต่างๆ ที่จำลองจากของจริงจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์ ช่วยทำให้เกิดทักษะในการแก้ปัญหาจนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

จากเอกสารและงานวิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าแล้วพบว่า มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ ซึ่งผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง แสดงให้เห็นว่าการใช้คอมพิวเตอร์แบบจำลองสถานการณ์จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แตกต่างจากการสอนปกติ โดยคะแนนของผู้เรียนโดยการสอนแบบปกติเพียงอย่างเดียว ผู้วิจัยจึงคิดที่จะสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เพื่อที่จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสูงขึ้นต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 04-212-106 โดยใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นี้จะใช้ในการทดลองการปฏิบัติใบงานของนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาไฟฟ้ากำลังมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ โดยกำหนดวิธีดำเนินการวิจัยไว้ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ ปีการศึกษา 2554

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำนวน 6 ใบงาน ใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน แบบประเมินภาคปฏิบัติ และแบบประเมินคุณภาพด้านรูปแบบและด้านเนื้อหาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 04-212-206 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง พุทธศักราช 2548 ผู้วิจัยทำการสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 6 ใบงาน
2. ใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน
3. แบบประเมินภาคปฏิบัติ
4. แบบประเมินคุณภาพด้านรูปแบบและด้านเนื้อหา

3.2.1 การสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 6 ใบงาน มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการของการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
2. วิเคราะห์หลักสูตรและกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3. สร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4. นำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านรูปแบบและเนื้อหา ดังมีรายนามดังต่อไปนี้

5.1 ผศ. ประเสริฐ เคนพันค้อ สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.2 นายสรายุตร์ สวัสดิ์วงษ์ชัย หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

5.3 นายอลงกรณ์ อัมพุช หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

5.4 นายอำนวย สุปะติ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์

5.5 นายบุญเลิศ สุขประเดิม แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์

โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่านตอบแบบประเมินทางด้านรูปแบบและเนื้อหาของใบงานปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ซึ่งผลการประเมินด้านรูปแบบของใบงานปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ย 4.67 และด้านเนื้อหาของใบงานปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ย 4.54 อยู่ในระดับดีมาก

6. นำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

- ปรับปรุงลำดับขั้นการทดลองให้มีการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุตามจุดต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจร
- ปรับปรุงเพิ่มเติมเนื้อหาทฤษฎีให้ครอบคลุมการทดลอง
- ปรับเปลี่ยนรูปแบบวงจรให้เป็นแบบเดียวกันทั้งหมด
- จัดทำรูปเล่มโดยกำหนดเลขหน้าและสารบัญให้ครบถ้วย

เมื่อแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบอีกครั้ง

7. นำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบหาค่าต่างๆ ดังนี้

ค่าความสอดคล้องของใบงานรวมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

ระดับคะแนน +1 สำหรับรายการประเมินที่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับคะแนน 0 สำหรับรายการประเมินที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับคะแนน -1 สำหรับรายการประเมินที่แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

แบบประเมินความตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไปโดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

ระดับคะแนน +1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าจำเป็นต้องวัดตัดทิ้งไม่ได้

ระดับคะแนน 0 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นไม่แน่ใจว่าจำเป็นต้องวัดหรือไม่

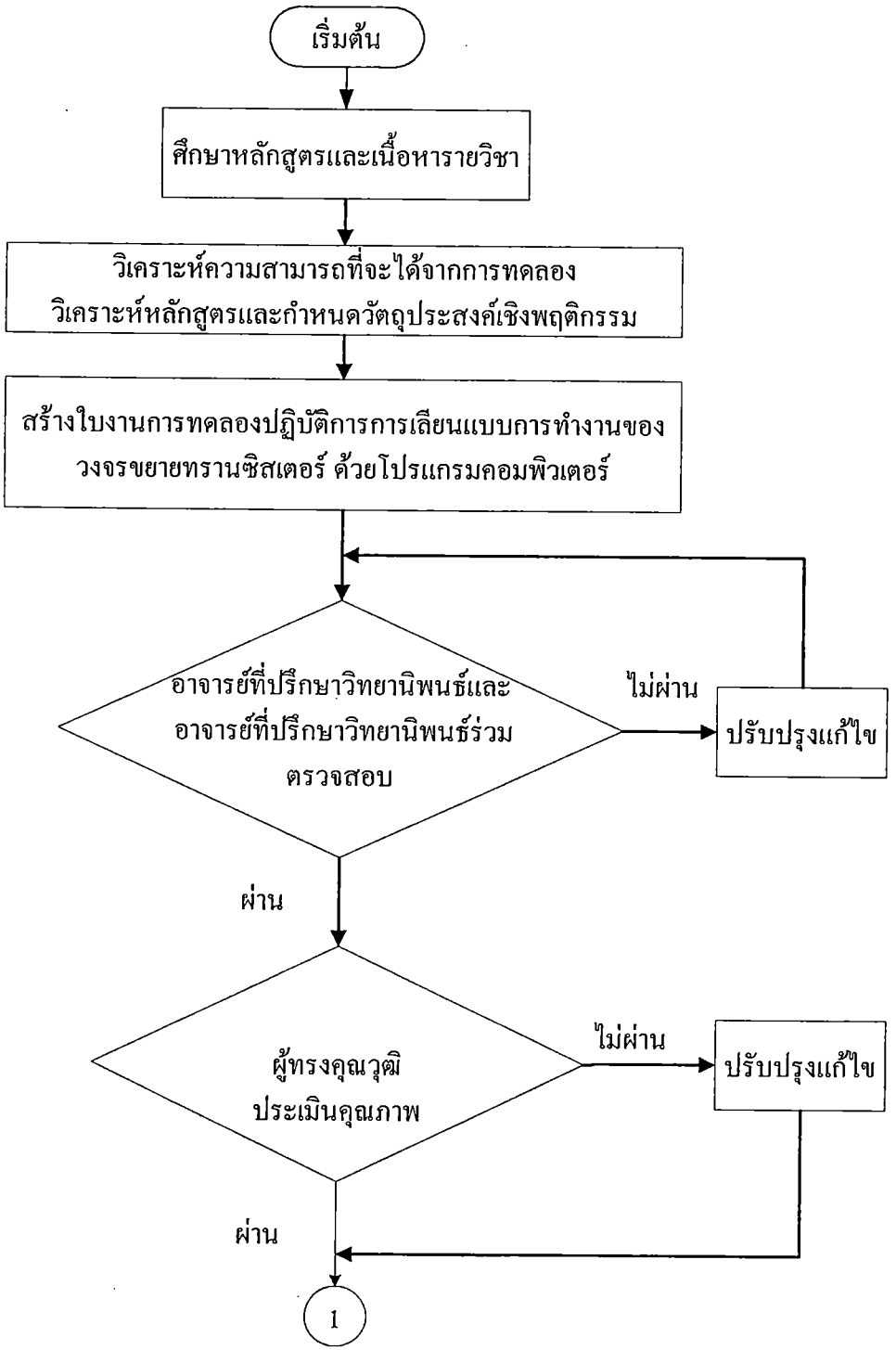
ระดับคะแนน -1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าไม่จำเป็นต้องวัดตัดทิ้งได้

จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ผลปรากฏว่า เรื่องของความสอดคล้องของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาอยู่ในระดับดี สามารถนำไปใช้ได้เพราะมีค่า IOC มากกว่า 0.5 และได้ทำการปรับปรุงแก้ไขใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิดังนี้

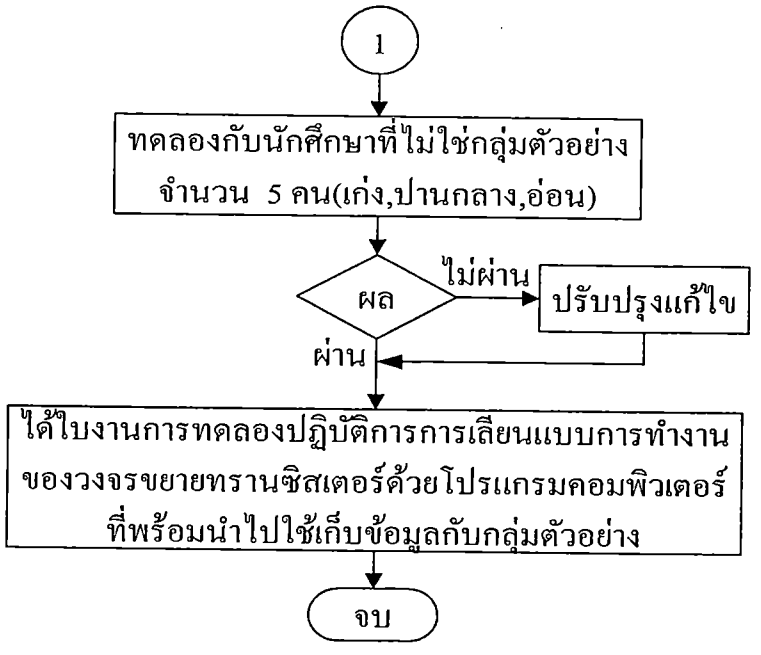
- ตรวจเช็คความเหมาะสมเวลากับการทดลอง
- แก้ไขคำผิดต่างๆ ในใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

8. นำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ได้รับการแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ซึ่งพิจารณาจากผลการเรียนของนักศึกษา (เก่ง หมายถึง นักศึกษาที่มีผลการเรียน 3.00 ขึ้นไป จำนวน 1 คน , ปานกลาง หมายถึง นักศึกษาที่มีผลการเรียน 2.00-2.99 จำนวน 2 คน , อ่อน หมายถึงนักศึกษาที่มีผลการเรียน ต่ำกว่า 2.00 จำนวน 2 คน) สังเกตตอนใดของบทเรียนที่นักศึกษายังไม่เข้าใจหรือใช้เวลานานเกินไปและรับฟังความคิดเห็นเพื่อรวบรวมข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

9. นำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปใช้ในการวิจัย เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ต่อไป



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลอง จำนวน 6 ใบงาน



รูปที่ 3.1 (ต่อ)

3.2.2 การสร้างใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการของการทดลองปฏิบัติการใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน
2. วิเคราะห์หลักสูตรและกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. สร้างใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน
4. นำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ
5. นำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงานไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินหาค่าต่างดังต่อไปนี้

ค่าความสอดคล้องของใบงานรวมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

ระดับคะแนน +1 สำหรับรายการประเมินที่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับคะแนน 0 สำหรับรายการประเมินที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับคะแนน -1 สำหรับรายการประเมินที่แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

แบบประเมินความตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไปโดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

ระดับคะแนน +1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าจำเป็นต้องวัดตัดทิ้งไม่ได้

ระดับคะแนน 0 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นไม่แน่ใจว่าจำเป็นต้องวัดหรือไม่

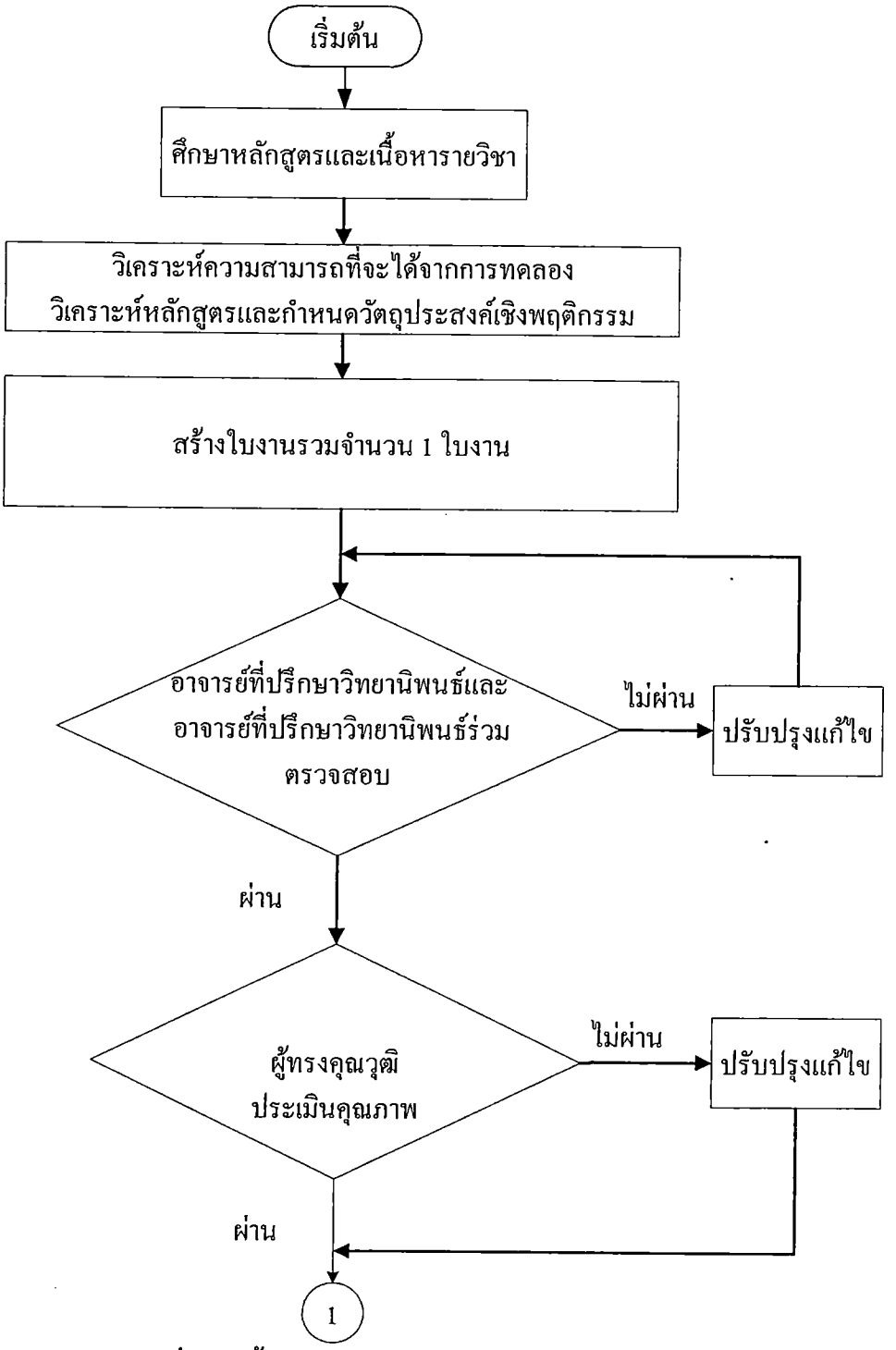
ระดับคะแนน -1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าไม่จำเป็นต้องวัดตัดทิ้งได้

จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ผลปรากฏว่า เรื่องของความสอดคล้องของใบงานรวมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ + 1

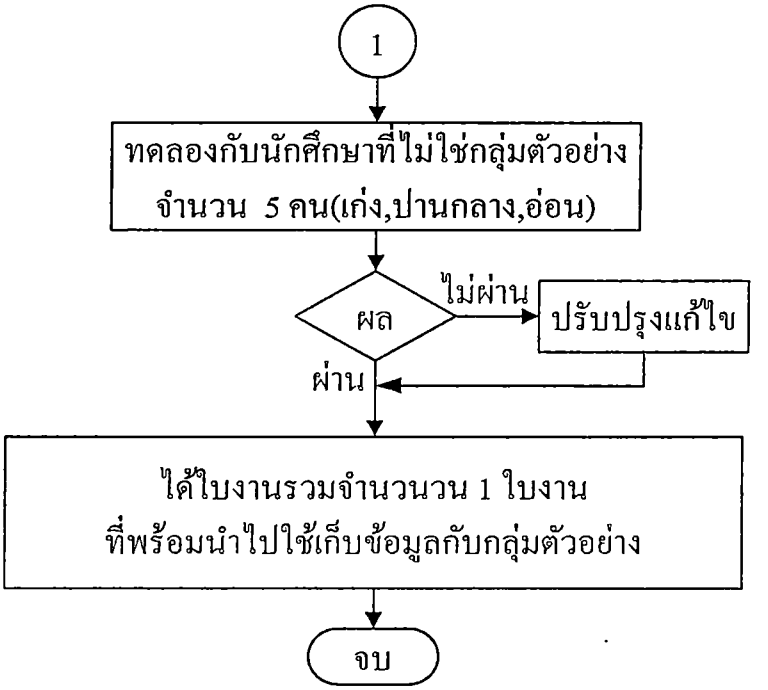
6. นำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงานไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้
   - แก้ไขความเหมาะสมของเวลาในการทดลอง
   - รูปวงจรการทดลองและคำผิดต่างๆ

7. นำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน ที่ได้รับการแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ซึ่งพิจารณาจากผลการเรียนของนักศึกษา (เก่ง หมายถึง นักศึกษาที่มีผลการเรียน 3.00 ขึ้นไป จำนวน 1 คน , ปานกลาง หมายถึง นักศึกษาที่มีผลการเรียน 2.00-2.99 จำนวน 2 คน , อ่อน หมายถึงนักศึกษาที่มีผลการเรียน ต่ำกว่า 2.00 จำนวน 2 คน) สังเกตตอนใดของบทเรียนที่นักศึกษายังไม่เข้าใจหรือใช้เวลานานเกินไปและรับฟังความคิดเห็นเพื่อรวบรวมข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

8. นำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงานไปใช้ในการวิจัย เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน



รูปที่ 3.2 (ต่อ)

3.2.3 การสร้างแบบประเมินภาคปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินภาคปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.3.1 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และวิธีการสร้างแบบประเมินภาคปฏิบัติ

3.2.3.2 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ของใบงานปฏิบัติการแต่ละใบงานรวมเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินภาคปฏิบัติที่สัมพันธ์กับความสามารถในการเรียนรู้ของนักศึกษาในด้านต่างๆ

3.2.3.3 สร้างแบบประเมินภาคปฏิบัติ โดยให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยมีลักษณะเป็นแบบสำรวจรายการ(Checklist) และมีการประเมินความสามารถทางการเรียนการปฏิบัติ โดยผู้วิจัยได้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการวัดและน้ำหนักคะแนนในแต่ละคุณลักษณะโดยให้ความสำคัญของพฤติกรรมต่างๆ ในการปฏิบัติงานไม่เท่ากัน เช่น การต่อวงจรบนโปรแกรม Electronics Workbench ซึ่งมีความสำคัญมากและได้กำหนดน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 4 คะแนน ถ้านักศึกษาทำได้ถูกต้องทั้งหมด แต่ถ้าทำผิดไม่เกิน 2 จุดก็จะได้คะแนนครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม

3.2.3.4 นำแบบประเมินภาคปฏิบัติที่สร้างไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ

3.2.3.5 นำแบบประเมินภาคปฏิบัติที่สร้างไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินหาค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การพิจารณาน้ำหนักคะแนน โดยการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

ระดับคะแนน +1 เมื่อท่านมีความคิดเห็นว่าการกำหนดน้ำหนักคะแนนนั้นเหมาะสมแล้ว

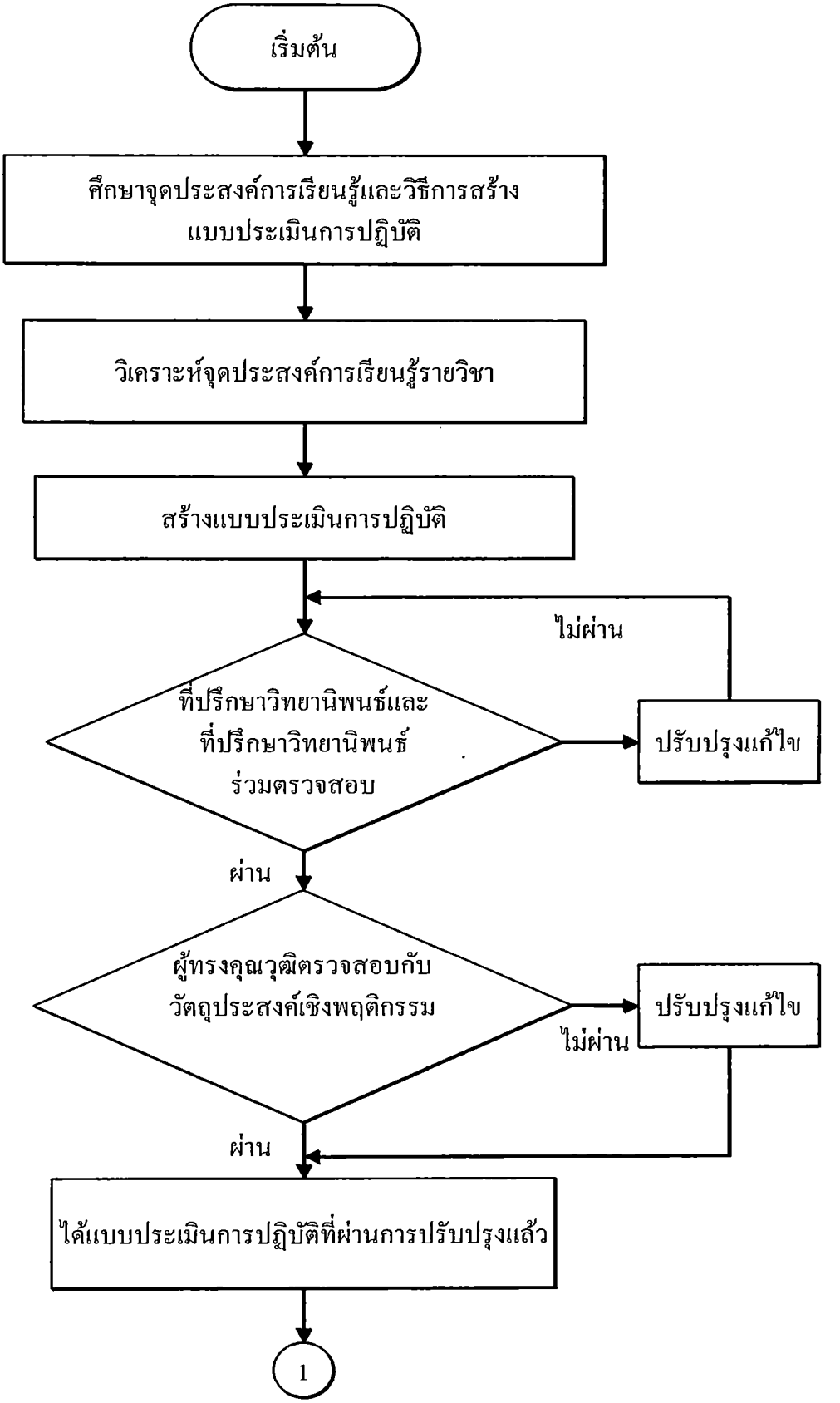
ระดับคะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าการกำหนดน้ำหนักคะแนนนั้นเหมาะสมหรือไม่

ระดับคะแนน -1 เมื่อมีความคิดเห็นว่าการกำหนดน้ำหนักคะแนนนั้นไม่เหมาะสม

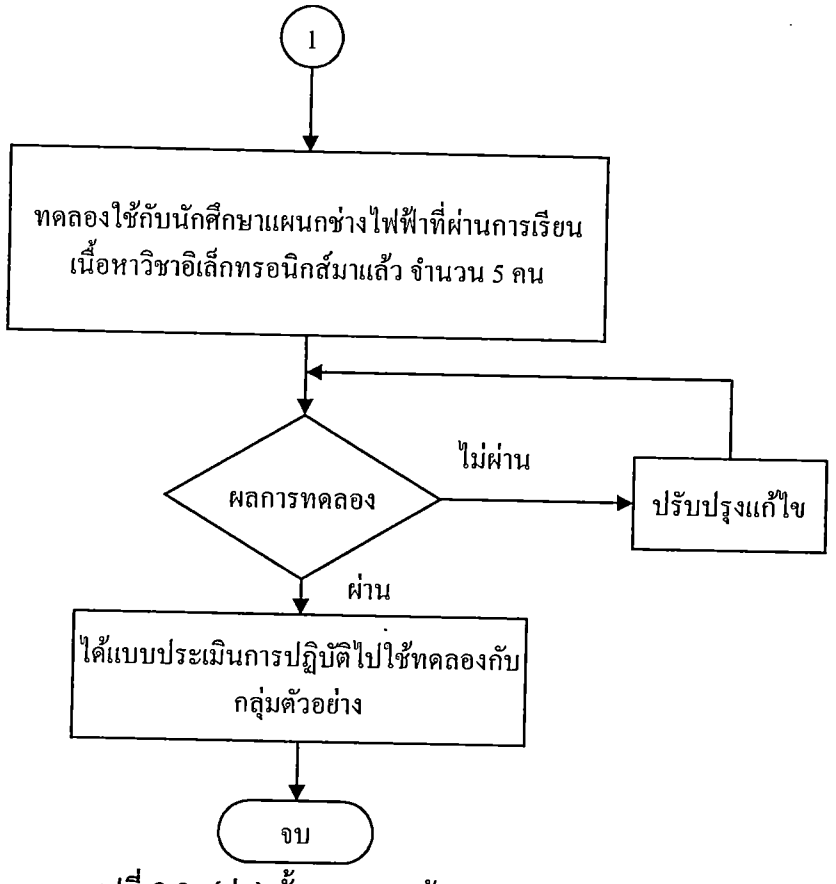
จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ผลปรากฏว่า เรื่องการกำหนดน้ำหนักคะแนนของแบบสังเกตพฤติกรรมของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีค่า IOC เกินกว่า 0.5 สามารถนำไปใช้ได้

3.2.3.6 นำแบบประเมินภาคปฏิบัติไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.2.3.7 นำแบบประเมินการปฏิบัติไปใช้ในการวิจัย เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินการปฏิบัติ



รูปที่ 3.3 (ต่อ) ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินการปฏิบัติ

3.2.4 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.4.1 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.2.4.2 สร้างแบบประเมินคุณภาพโดยแบบประเมินแต่ละด้านจะมีช่องให้ผู้ทรงคุณวุฒิเลือกประเมินแสดงความคิดเห็นซึ่งการประเมินแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง โดยระดับความคิดเห็นเป็นบวกมีคะแนนเป็น 5 4 3 2 1 ในแบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนนั้นผู้วิจัยแบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับดังนี้

5 หมายถึง คุณภาพสื่อดีมาก

4 หมายถึง คุณภาพสื่อการสอนดี

3 หมายถึง คุณภาพสื่อการสอนปานกลาง

2 หมายถึง คุณภาพสื่อการสอนพอใช้

1 หมายถึง คุณภาพสื่อการสอนควรปรับปรุง

โดยมีเกณฑ์ประเมินคุณภาพสื่อของการแสดงความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งจะนำคะแนนที่ได้จากการประเมินสื่อมาคำนวณหาคะแนนเฉลี่ยเพื่อทำการประเมินดังตารางที่ 3.1

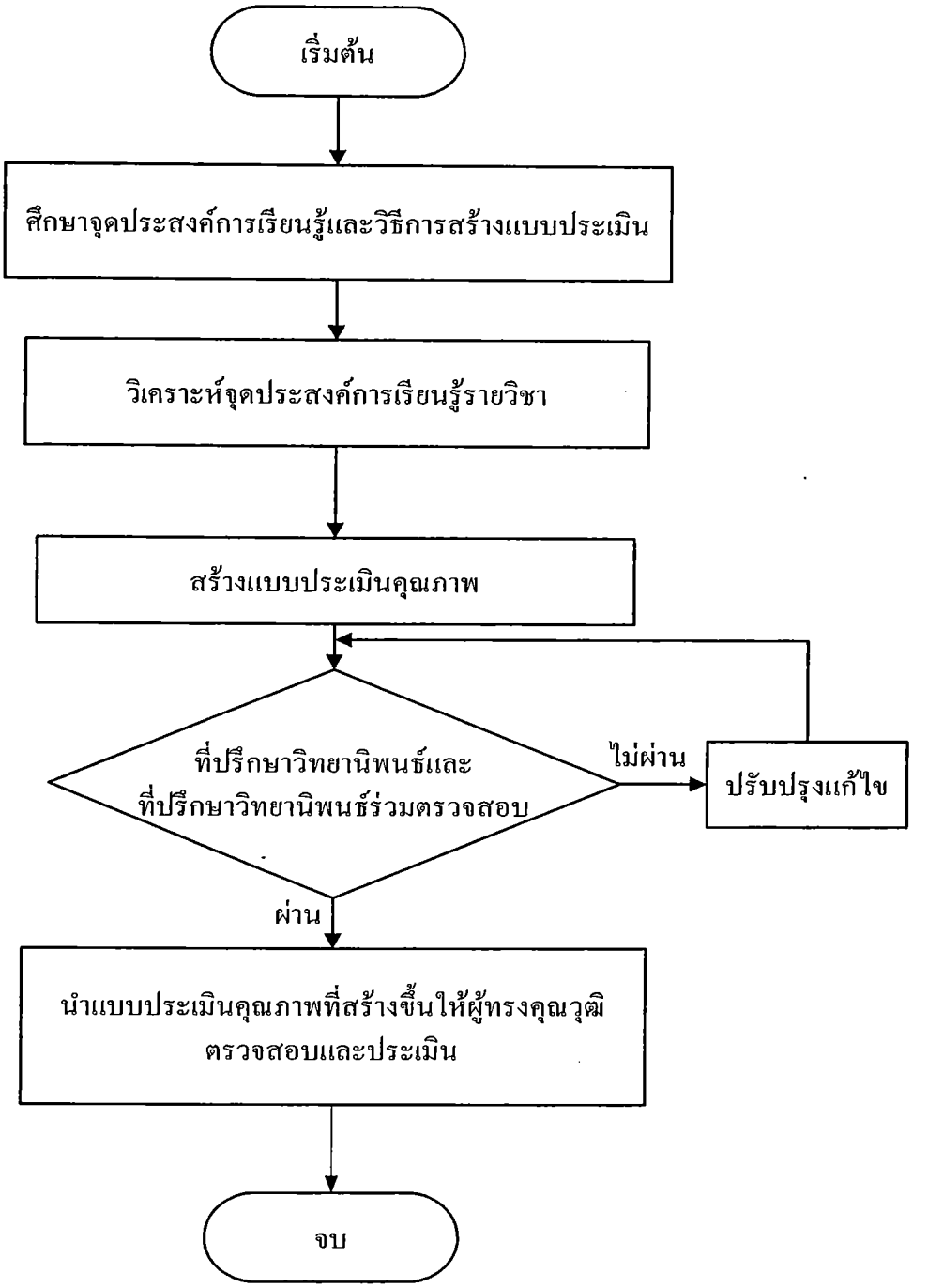
ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การตีความหมายของการแสดงความคิดเห็น

เกณฑ์ ($\overline{X}$)	ระดับคุณภาพ
4.50– 5.00	ดีมาก
3.50 – 4.49	ดี
2.50 – 3.49	ปานกลาง
1.50 – 2.49	พอใช้
1.00 – 1.49	ควรปรับปรุง

ในการประเมินนั้นเป็นการประเมินแยกกันระหว่างด้านเทคนิคการผลิตสื่อและด้านเนื้อหาโดยคะแนนเฉลี่ยที่ได้แต่ละด้านจะต้องใช้เกณฑ์เฉลี่ย $\overline{X}$ ตั้งแต่ (3.5) ขึ้นไปจึงจะถือได้ว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

3.2.4.3 นำแบบประเมินคุณภาพ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบและปรับปรุง

3.2.4.4 ได้แบบประเมินคุณภาพที่ปรับปรุงแล้ว เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิได้แสดงความคิดเห็นเพื่อประเมิน



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ติดต่อคณะครุศาสตร์อุสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความร่วมมือในการจัดเก็บข้อมูลในการทำวิจัย

2. นำหนังสือขอความร่วมมือในการในการทำวิจัยจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปเรียนรองอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์เพื่อขออนุญาตในการเก็บข้อมูลในการวิจัย

3. นำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนแล้วประเมินผลการปฏิบัติงานลงในแบบประเมินการปฏิบัติ

4. ให้ผู้เรียนศึกษาจากใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยผู้เรียน 1 คนใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

3.3.2 ขั้นตอนการหาความสามารถทางการเรียนหลังการทดลองปฏิบัติใบงานแต่ละใบงาน

1. เตรียมใบงานการทดลอง พร้อมติดตั้งโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Electronics Workbench ลงบนคอมพิวเตอร์

2. แนะนำนักศึกษาเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์Electronics Workbench

3. ให้นักศึกษาทำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งทำการจำลองสถานการณ์ดูผลการทดลอง เมื่อนักศึกษาทำใบงานจบในแต่ละใบงานจนครบทั้ง 6 ใบงานและใบงานรวมอีก 1 ใบงาน นำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติคิดเป็นร้อยละ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 หาคุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.4.2 หาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

หาค่าสถิติพื้นฐานของการประเมินใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การหาค่าเฉลี่ยจากสูตร บุญชม ศรีสะอาด.(2543)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n คือ จำนวนสมาชิกทั้งหมด

การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสูตร ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ(2538, หน้า 79)

$$S.D = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{N} - \left[\frac{\sum fx^2}{N}\right]^2}$$

เมื่อ $\sum fx$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum fx^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N คือ จำนวนคะแนนทั้งหมด

การหาค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์

$$\text{IOC} = \frac{\sum R}{n}$$

IOC แทนดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานปฏิบัติการ กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528: 284)

การหาประสิทธิภาพ

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ

E_1 คือ คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาจากการทำใบงานการทดลองปฏิบัติการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ครบทั้ง 6 ใบงานรวมกัน คิดเป็นร้อยละ

E_2 คือ คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาจากการทำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน คิดเป็นร้อยละ

$\sum x$ คือ คะแนนรวมของนักศึกษาจากการทำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ครบทั้ง 6 ใบงาน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของนักศึกษาจากการทำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน

A คือ คะแนนเต็มของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ครบทั้ง 6 ใบงาน

B คือ คะแนนเต็มของใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน

N คือ จำนวนนักศึกษา

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) โดยได้ทำการทดลองกับนักศึกษาชั้น ปวส.2 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ดังรายละเอียดการนำเสนอผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านรูปแบบ

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านเนื้อหา

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านรูปแบบ

การวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านรูปแบบของใบงานจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านรูปแบบ

รายการประเมิน	$\overline{X}$ $(n=5)$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ความเหมาะสมของการจัดรูปแบบการทดลอง	4.60	0.54	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.80	0.44	ดีมาก
3.ความเหมาะสมของลำดับขั้นการทดลอง	4.60	0.54	ดีมาก
4.ความเข้าใจในคำอธิบายลำดับขั้นการทดลอง	4.80	0.44	ดีมาก
5.รูปแบบวงจรการทดลอง	4.40	0.54	ดี
6.การวางรูปวงจรการทดลอง	4.60	0.54	ดีมาก

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$ $(n=5)$	S.D.	ระดับคุณภาพ
7.ความเหมาะสมของตารางบันทึกผลการทดลอง	4.60	0.54	ดีมาก
8.ความสะดวกในการบันทึกค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง	5.00	0	ดีมาก
รวม	4.67	0.44	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านรูปแบบของใบงาน พบว่าโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.67,S.D. = 0.44) เมื่อสรุปผล เป็นรายข้อ แต่ละรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ความสะดวกในการบันทึกค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองมีค่าเฉลี่ย 5.00 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรมีค่าเฉลี่ย 4.80 ความเหมะสมของการจัดรูปแบบการทดลองมีค่าเฉลี่ย 4.60 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ รูปแบบวงจรการทดลองมีค่าเฉลี่ย 4.40

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านเนื้อหา

การวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านเนื้อหาของใบงาน จากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	$\overline{X}$ $(n=5)$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1.ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์	4.60	0.54	ดีมาก
2.ความสอดคล้องของการทดลองกับวัตถุประสงค์การสอน	4.60	0.54	ดีมาก
3.ความถูกต้องของเนื้อหาทฤษฎี	4.60	0.54	ดีมาก
4.ความเหมาะสมของการกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	4.40	0.54	ดี
5.ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทฤษฎีและการทดลอง	4.60	0.54	ดีมาก

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$ $(n=5)$	S.D.	ระดับคุณภาพ
6.ความสัมพันธ์ระหว่างรูปวงจร ตารางหรือ กราฟ กับความรู้ในการทดลอง	4.60	0.54	ดีมาก
7.หัวข้อการบันทึกผล ในตารางบันทึกผลเหมาะสมและถูกต้อง	4.60	0.54	ดีมาก
8.ความเหมาะสมและชัดเจนของคำถามท้ายการทดลอง	4.20	0.45	ดี
9.ความสอดคล้องของคำถามกับวัตถุประสงค์	4.60	0.54	ดีมาก
10. ความสัมพันธ์ในการใช้งานร่วมกันระหว่างชุดทดลองและใบงานปฏิบัติการ	4.60	0.54	ดีมาก
รวม	4.54	0.53	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านเนื้อหาของใบงาน พบว่าโดยภาพรวม มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.54 , S.D. = 0.53) เมื่อสรุปผลเป็นรายข้อพบว่ารายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 ลำดับแรก ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์มีค่าเฉลี่ย 4.60 ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลองกับวัตถุประสงค์การสอนมีค่าเฉลี่ย 4.60 ความถูกต้องของเนื้อหาทฤษฎีมีค่าเฉลี่ย 4.60 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ความเหมาะสมและชัดเจนของคำถามท้ายการทดลองมีค่าเฉลี่ย 4.20

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การหาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ครั้งนี้ ได้ดำเนินการนำใบงานปฏิบัติการไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

รายการ	คะแนนใบงานปฏิบัติการจาก 6ใบงานรวมกัน	คะแนนใบงานรวม 1 ใบงาน
คะแนนเต็ม	240	44
คะแนนเฉลี่ย	212.66	36
เฉลี่ยร้อยละ	E_1=88.61	E_2=81.82

จากตารางที่ 4.3 พบว่า คะแนนที่เกิดจากการทำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน6 ใบงานรวมกันมีค่าเฉลี่ย 212.66 คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของขบวนการ(E_1) มีค่าเท่ากับ 88.61 และคะแนนที่เกิดจาก

การทำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36 คะแนน คิดเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) มีค่าเท่ากับ 81.82 แสดงว่าใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า ผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัยอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1 เพื่อสร้างใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่มีคุณภาพ

1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

2.1 คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานอยู่ในระดับดีขึ้นไป

2.2 ประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

5.1.3 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่2 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 30 คน

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 6 ใบงาน

4.2 ใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน

4.3 แบบประเมินการปฏิบัติ

4.4 แบบประเมินคุณภาพด้านรูปแบบและด้านเนื้อหา

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ จำนวน 30 คน โดยได้ดำเนินการทดลองดังนี้

5.1 กำหนดกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้การทดลอง จำนวน 30 คน

5.2 แจกเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรม Electronics Workbench อธิบายวิธีการใช้โปรแกรมพร้อมแจงวัตถุประสงค์และวิธีการทดลองโดยใช้โปรแกรม Electronics Workbench แทนการทดลองที่ใช้ตามปกติ

5.3 ให้นักศึกษาได้ทดลองใช้โปรแกรมเพื่อให้เกิดความเคยชิน

5.4 ให้กลุ่มตัวอย่างดำเนินการทดลองตามใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยขณะที่นักศึกษาทำใบงาน ผู้วิจัยจะทำการสังเกตพฤติกรรมและบันทึกคะแนนลงแบบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติโดยอ้างอิงจากเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละใบงาน

5.5 เมื่อนักศึกษาทำการทดลองเสร็จทั้ง 6 ใบงานปฏิบัติการแล้ว ให้นักศึกษาทำใบงานรวม 1 ใบงาน ซึ่งขณะที่นักศึกษาทำใบงานรวม 1 ใบงานนั้น ผู้วิจัยจะทำการสังเกตพฤติกรรมและบันทึกคะแนนลงแบบบันทึกคะแนนภาคปฏิบัติ โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การให้คะแนน

5.6 นำคะแนนที่ได้จากการทำใบงานการทดลองปฏิบัติการ 6 ใบงานรวมกัน และใบงานปฏิบัติการรวม 1 ใบงานมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

6.1 วิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบและประเมินผลด้านรูปแบบของใบงานปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก ด้านเนื้อหามีค่าเฉลี่ย 4.54 อยู่ในระดับดีมาก

6.2 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้เกณฑ์ 80/80 ผลการวิเคราะห์พบว่าคะแนนที่เกิดจากการทำใบงานปฏิบัติการ 6 ใบงานรวมกันมีค่าเฉลี่ย 88.61 และคะแนนที่เกิดจากการทำใบงานรวม 1 ใบงาน มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.82

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลอง มีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.61/81.82 ตามเกณฑ์ที่กำหนด

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ปรากฏว่าใบงานปฏิบัติการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 88.61/81.82 จะเห็นได้ว่าคะแนนจากใบงานทั้ง 6 ใบงานรวมกันจะมีค่าสูงกว่าคะแนนที่ได้จากใบงานรวม 1 ใบงาน เนื่องจากใบงานปฏิบัติการทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นลักษณะการประยุกต์ใช้งานซึ่งนักศึกษายังไม่เคยทำการทดลองมาก่อน จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการ

คำนวณค่าต่างๆ ของวงจรได้ นอกจากนั้นเวลาในการทดลองแต่ละใบงานปฏิบัติการใช้เวลานานทำให้นักศึกษาไม่สามารถจดจำหลักการคำนวณค่าต่างๆ ได้ จึงทำให้ค่าที่บางค่าไม่ถูกต้องส่งผลให้คะแนนของใบงานรวมขาดหายไป จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้คะแนนที่ได้จากใบงานรวมมีค่าน้อยกว่าคะแนนที่ได้จากการทำใบงานปฏิบัติการแต่ละใบงานรวมกัน และจากการทดลองสังเกตพบว่านักศึกษามีความสนใจในการเรียนมากขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่สร้างขึ้น โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบทั้งด้านเนื้อหาและรูปแบบ ทำให้ใบงานปฏิบัติการมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ทั้งยังทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ เกิดแรงจูงใจ ทำให้นักศึกษามีความสนใจในการเรียน มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย จึงทำให้นักศึกษามีความมั่นใจในการทำใบงานปฏิบัติการทั้ง 6ใบงานรวมกันและใบงานรวม 1 ใบงาน

จากผลการวิจัยพบว่าคะแนนที่ได้จากการทดลองมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนรินทร์ สิงห์สกุล(2544) ที่พัฒนาบทเรียน เรื่องการใช้อิเล็กทรอนิกส์เวอร์คเบนช์กับการทดลองปกติในการเรียนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี ผลการวิจัยสรุปได้ว่าบทเรียน เรื่อง การทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่สอนโดยใช้โปรแกรมอิเล็กทรอนิกส์เวอร์คเบนช์ แอนาลอก โมดูล เวอร์ชั่น 2.0 เอ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานซึ่งจากผลวิจัยมีค่าเท่ากับ 86.67/84.33 และนักศึกษามีความพึงพอใจหลังจากการทดลองเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฉลิม ชุมภูนนท์ (2540) ที่พัฒนาบทเรียนเรื่องการทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้โปรแกรมอิเล็กทรอนิกส์เวอร์คเบนช์ แอนาลอกโมดูล เวอร์ชั่น 2.0 เอ ที่ใช้ทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี ผลการวิจัยสรุปได้ว่า บทเรียน เรื่อง การทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่สอนโดยใช้โปรแกรมอิเล็กทรอนิกส์เวอร์คเบนช์ แอนาลอก โมดูล เวอร์ชั่น 2.0 เอ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80 ซึ่งผลการวิจัยมีค่าเท่ากับ 82.42/82.20

ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นอย่างมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพซึ่งสามารถทำให้นักศึกษาเกิดความรู้ ความเข้าใจได้เช่นเดียวกับการเรียนรู้โดยการประกอบวงจรลงแผงทดลอง ดังนั้น วิธีการปฏิบัติแบบจำลองสถานการณ์สามารถช่วยแก้ปัญหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองชำรุด มีจำนวนไม่เพียงพอต่อนักศึกษาที่เข้าปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี เนื่องจากว่าในการใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์นั้นนักศึกษาสามารถกำหนดค่าต่างๆ ได้ละเอียดและมีความเที่ยงตรงมากกว่าการทดลองโดยประกอบวงจรจริง ซึ่งนักศึกษาไม่สามารถปรับค่าต่างๆ ได้ตามต้องการ เป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองได้ อีกทั้งยังช่วยลดงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุฝึกในแต่ละปีการศึกษาได้อีก เนื่องจากการทดลองแต่ละครั้งนักศึกษาจะต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือหลายชนิดประกอบการทดลองทำให้ตัวอุปกรณ์ที่ใช้ชำรุดเสียหายบ่อยครั้ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำงานวิจัยไปใช้

1. ผู้ที่ใช้ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะต้องศึกษาคู่มือการใช้งานโปรแกรมก่อนการใช้งาน

2. ในการเรียนโดยใช้ใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ได้ประสิทธิภาพ ผู้เรียนควรศึกษาทฤษฎีของวิชาอิเล็กทรอนิกส์มาก่อน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการและสรุปผลการทดลองได้เป็นอย่างดี

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. การพัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในรายวิชาอื่นๆ ต่อไป เช่นวิชา ดิจิตอลเทคนิค วิชาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

2. การวิจัยการนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปใช้ในงานสาขาอื่นๆ เช่น อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

3. การศึกษาเชิงเปรียบเทียบ ระหว่างการทดลองปกติกับการทดลองแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

บรรณานุกรม

กิดานันท์ มะลิทอง. 2540. **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม**.กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2545. **สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

ครรชิต มาลัยวงศ์. 2539. **ก้าวไกลไปกับคอมพิวเตอร์ (ฉบับปรับปรุง).** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : กองบริการสื่อสารสนเทศ NECTEC.

จรัญ แสนราช. 2535. " การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ด้วยตนเองวิชาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า1." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต . สาขาวิชาวิศวกรรม ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

จรินทร์ ธานีรัตน์. 2544. **การทดสอบและวัดผลศึกษา**. กรุงเทพฯ: โอเดียสโตร์.

ชม ภูมิภาค. 2528. **เทคโนโลยีการสอนและการศึกษา.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประสานมิตร.

ชมม์ชนก วีรวรรณ. 2539. กรกฎาคม-สิงหาคม. **ก้าวฝ่าอุปสรรคของมัลติมีเดีย.** วารสาร NECTEC.

ชัยวุฒ จันมา. 2539. มกราคม. **บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย.** วารสารกองทุนสงเคราะห์ การศึกษาเอกชน. 2(57): 36-37.

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่. 2537. **คู่มือการสอนปฏิบัติการทดลอง ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม.** สำนักงานคณะกรรมการศึกษาเอกชน

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. **เทคโนโลยีการสอนการออกแบบและพัฒนา.** พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์และคณะ. 2520. **ระบบสื่อการสอน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชษฐพงศ์ คลองโปร่ง. 2544. " **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียเรื่องสื่อประเภทเครื่องฉายสำหรับนักเรียนระดับปริญญาตรี.**" สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ชรัด เทพชยุตินันถ์. 2531.**"เอกสารประกอบการสอนการจัดหลักสูตรและการประเมินผลการเรียนการสอนภาคปฏิบัติประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม."**กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนลีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ถนอนพร เลาหจรัสแสง. 2541. **คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทักษิณา สวนานนท์. 2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา**.กรุงเทพฯ : องค์การค้าคุรุสภา.

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

บุญชม ศรีสะอาด. 2537. **การพัฒนาการสอน.**กรุงเทพฯ : สุรีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. 2543. **การวิจัยเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บรูณะ สมชัย. 2538. **การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.**กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ประกิจ รัตนสุวรรณ. 2525. **การวัดและการประเมินผลทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ไพศาล หวังพานิช. 2526. **การวัดผลการศึกษา** . กรงเทพ ฯ : โอเดียนการพิมพ์ .

ยืน ภู่วรวรรณ. 2531. **บทเรียนคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เริ่มต้น.**กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ล้วน สายยศ. 2523. **สถิติและการวิจัยทางการศึกษา.**กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ล้วน สายยศ. 2536. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5).** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ลัดดา ศุขปรีดี. 2548. **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง แสงและสี.**ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิริยา บุญชัย. 2523. **การทดสอบและวัดผลทางพลศึกษา.**กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

วีรพงษ์ พฤกษชาติ. 2548. **การปฏิบัติการวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรมพีสไปซ์.**กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วันชัย ศศิสกุลพร. 2540. " การสร้างและการทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้าบัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุราษฎร์ พรมจันทร์. 2530. **การวัดผลการศึกษา.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528. **เทคโนโลยีทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุทธิ ทับทองดี. 2549. **บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการวิเคราะห์คุณสมบัติของท่อนำคลื่นทรงสี่เหลี่ยมในย่านความถี่สูง.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2531. " **คอมพิวเตอร์ดีกว่าตำราตรงไหน.**" กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (อัดสำเนา).

สุกรีรอด โพธิ์ทอง. 2540. " **การออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.**" **ในโครงการฝึกอบรมคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน** หน้า 1-9 นครสวรรค์วิทยาลัยพยาบาลสวรรค์ประชารักษ์.

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์. 2526. **การสอนทักษะปฏิบัติ.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เสถียร พิริยะสุรวงศ์. 2546. **การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย วิชาวงจรไฟฟ้า 1.** กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

อุทุมพร จามรมาน. 2539. **ทฤษฎีการวัดทางจิตวิทยา. กรุงเทพฯ : ฟันนี่พับบลิชชิ่ง.**

Allissi, Stephen M. and Trollip, Stanley R. 1991. **Computer-Based Instruction : Methods and Development.** New Jersey : Prentice Hall.

Bonner, J. 1991. **"Computer Courseware : Frame-Based or Intelligent?," Expert System and Intelligent Computer-Aided Instruction.** New Jersey : Educational Technology Publications.

Carlsen, David D. and Andre, T. 1992 . **Use of a Microcomputer Simulation and Conceptual Chang Text To Overcome Student Preconceptions about Electric Circuits.** Journal of Computer Based Instructional. 19(4). 105-109.

Crisman, Jacouelyn Edith. 1995. **The Effects of Learning of Two Methods of Instruction in Four Different Combinations of Computer-Based Programs.** Doctoral Dissertation, Purdue University, 1994. Dissertation Abstracts International 55. 3727.

Dick, W., & Carey, L. 1985. **The systematic design of instruction (2nd ed.).** Glenview.

Dean, Christopher and Whitlock, Quentin. 1988. **A Handbook of Computer Based Training.** New York : Nichols Publishing.

Denardo, Anette Mae. 1992. **Simulation in Computer Science Instruction. Doctoral Dissertation,** West Virginia University. Dissertation Abstracts International 54 (1994) : 3974.

Flaxman, R. E. and Stark, E. A. 1987. **Training Simulations. In G. Salvendy(Ed.). Handbook of Human Factors.** New York : John Wiley & Son, Inc.

Gayné, Robert; & Briggs, Leslie. 1979. **Principle of Instructional Design.** 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Gagné, Robert M. 1970. **The Condition of Learning.** New York: Holt.

Holcomb, Terry L. 1992. **Multimedia Encyclopedia of Computer.** Volume 1, New York: Macmillan.

Heerman, Barry. 1988. **Teaching and Learning with Computers : A Guide for College Faculty and Administrators.** San Francisco : Jossey-Bass Publishers.

Knapp, Linda R. and Glenn, Allen D. 1996. **Restructuring Schools with Technology.** Boston : Allyn and Bacon.

Reigeluth. C. M. and Schwartz. E. 1989. **An Instructional Theory in the Design of Computer-based Simulation.** Journal of Computer Based Instructional.16(1), 1-10.

Rieber, Lloyd P. et al. 1996. **The Role of Meaning in Interpreting Graphical and Textual Feedback During a Computer-Based Simulation.** Computer and Education. 27(1), 45-58.

Sook-Hi Kang. 1995. " Computer Simulations as a Framework for Critical Thinking Instruction." **Journal of Educational Technology System.** 23(3) : 233-239.

Shon, Mi. 1997. " Formative Research On an Instructional Theory for the Design of Computer-Based Simulation for Teaching Causal Principles." Doctoral Dissertation, Indiana University, 1996. **Dissertation Abstracts International.** 57: 5124.

Johnson, D. W., Maruyama, G., Johnson, R. T., Nelson, D., & Skon, L. 1981. **"Effects of cooperative, competitive, and individualistic goal structures on achievement: A meta-analysis."** Psychological Bulletin. 89 : 47–62.

Lewis, Eileen L, Stern, Judith L and Linn, Marcia C. 1993. **"The Effect of Computer Simulations on Introductory Thermodynamics Understanding."** Educational Technology. 45-58.

Ollerenshaw, A, Aidman, E and Kidd, G. 1997. " Is an Illustration Always Worth Ten Thousand Word? Effects of Prior Knowledge, Learning Style and Multimedia Illustrations on Text Comprehension." **International Journal of Instructional Media.** 24(3) : 227-238.

Taylor, John L. and Walford, R. 1978. **Learning and the Simulation Game.** London : The Open University Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย
ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพของใบงานปฏิบัติการ
ภาคผนวก ง แบบประเมินภาคปฏิบัติ
ภาคผนวก จ แบบสังเกตพฤติกรรม
ภาคผนวก ฉ ใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน พร้อมเฉลย
ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างใบงานปฏิบัติการพร้อมเฉลย
ภาคผนวก ฌ คู่มือการใช้งานโปรแกรม Electronic Workbench

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการที่ใช้ประกอบการดำเนินการวิจัย

ประกาศคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2553 ให้ดำเนินการดังนี้

นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก รหัสประจำตัว 50063505 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การทดลองปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์ บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ (Computer Simulation Program for Transistor Amplifier Circuit)" โดยมี รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ ๔ ตุลาคม พ.ศ. 2553

(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

ที่ ศธ 0524.04/ 3238

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

26 สิงหาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน นายอำนวย สุประติ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง"การทดลองปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์" โดยมี รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายบุญทัน สนั่นหนัก มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร.083-3753-5528

ที่ ศธ 0524.04/ 3238

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

26 สิงหาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน นายบุญเลิศ สุขประเดิม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก นักศึกษาระดับบริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง"การทดลองปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์" โดยมี รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายบุญทัน สนั่นหนัก มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร.083-3753-5528

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 3238 วันที่ ๒๖ สิงหาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ประเสริฐ เดนพันค้อ

ด้วย นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง"การทดลองปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์ บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์" โดยมี รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

ที่ ศธ 0524.04/ 3238

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

24 สิงหาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน นายสรายุตร์ สวัสดิ์วงษ์ชัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง"การทดลองปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์" โดยมี รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายบุญทัน สนั่นหนัก มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร.083-3753-5528

ที่ ศธ 0524.04/ 3238

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

๒๔ สิงหาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน นายอสงกรณ์ อัมพุช

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก นักศึกษาระดับบริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง"การทดลองปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์" โดยมี รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายบุญทัน สนั่นหนัก มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร.083-3753-5528

ที่ ศธ 0524.04/ 3241

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

26 สิงหาคม 2554

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบทดสอบเพื่อการวิจัย

ด้วย นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองเชิงปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์" โดยมี รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2553 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-4836
ติดต่อนักศึกษา โทร. 083-375-3528

ภาคผนวก ข

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ผศ. ประเสริฐ เคนพันค้อ
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. นายสรายุตร์ สวัสดิ์วงษ์ชัย
   หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
   เทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์
3. นายอลงกรณ์ อัมพุช
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์
4. นายอำนวย สุปะติ
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์
5. นายบุญเลิศ สุขประเดิม
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพของใบงานปฏิบัติการ

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ(ด้านรูปแบบของใบงานปฏิบัติการ) การทดลองการปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์ บนโปรแกรม คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์

คำชี้แจง รูปแบบของใบงานปฏิบัติที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีคุณภาพอยู่ในระดับใด
โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน
คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4 , ปานกลาง = 3, น้อย = 2 , ควรปรับปรุง = 1

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

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ(ด้านเนื้อหา)
การทดลองการปฏิบัติการวงจรขยายทรานซิสเตอร์ บนโปรแกรม คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์

<u>คำชี้แจง</u> เนื้อหาของใบงานปฏิบัติที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีคุณภาพอยู่ในระดับใด
โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน
คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4 , ปานกลาง = 3, น้อย = 2 , ควรปรับปรุง = 1

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

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

ภาคผนวก ง

แบบประเมินการวัดภาคปฏิบัติ

แบบประเมินการวัดภาคปฏิบัติ

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาระดับ ปวส. 2 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

คำชี้แจงโปรดใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
2.ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 รูปสัญญาณทีวัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.8 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
คะแนนรวมทั้งหมด	40			

ภาคผนวก จ

แบบสังเกตพฤติกรรม

แบบบันทึกคะแนนความเที่ยงตรงตามเนื้อหากับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ

ระดับคะแนน +1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าจำเป็นต้องวัดตัดทิ้งไม่ได้

ระดับคะแนน 0 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นไม่แน่ใจว่าจำเป็นต้องวัดหรือไม่

ระดับคะแนน -1 เมื่อพฤติกรรมของนักศึกษาที่เกิดขึ้น ท่านเห็นว่าไม่จำเป็นต้องวัดตัดทิ้งได้

พฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
	+1	0	-1
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics			
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร			
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด			
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสจุดต่างๆ			
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ			
ใช้โปรแกรม วัดรูปสัญญาณของวงจร			
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน			
ประกอบวงจรได้ถูกต้อง			
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง			
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง			
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง			
รูปสัญญาณทีวัดได้ถูกต้อง			
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง			
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง			
การแปลความหมายของผลที่วัดได้			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ภาคผนวก ฉ

ใบงานรวมจำนวน 1 ใบงานพร้อมเฉลย

ใบงานรวม(ภาคปฏิบัติ)

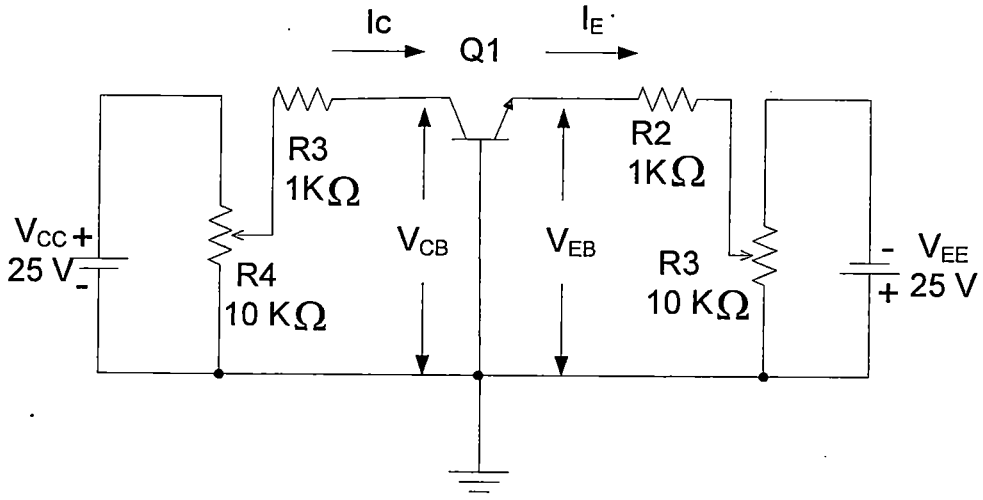
วิชา อิเล็กทรอนิกส์

เรื่อง การปฏิบัติการทดลองวงจรขยายทรานซิสเตอร์

นักศึกษาชั้น ปวส. 2 สาขาวิชาไฟฟ้า เวลา 3 ชั่วโมง

<u>ตอนที่1</u> คุณลักษณะทางอินพุทและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนเบส

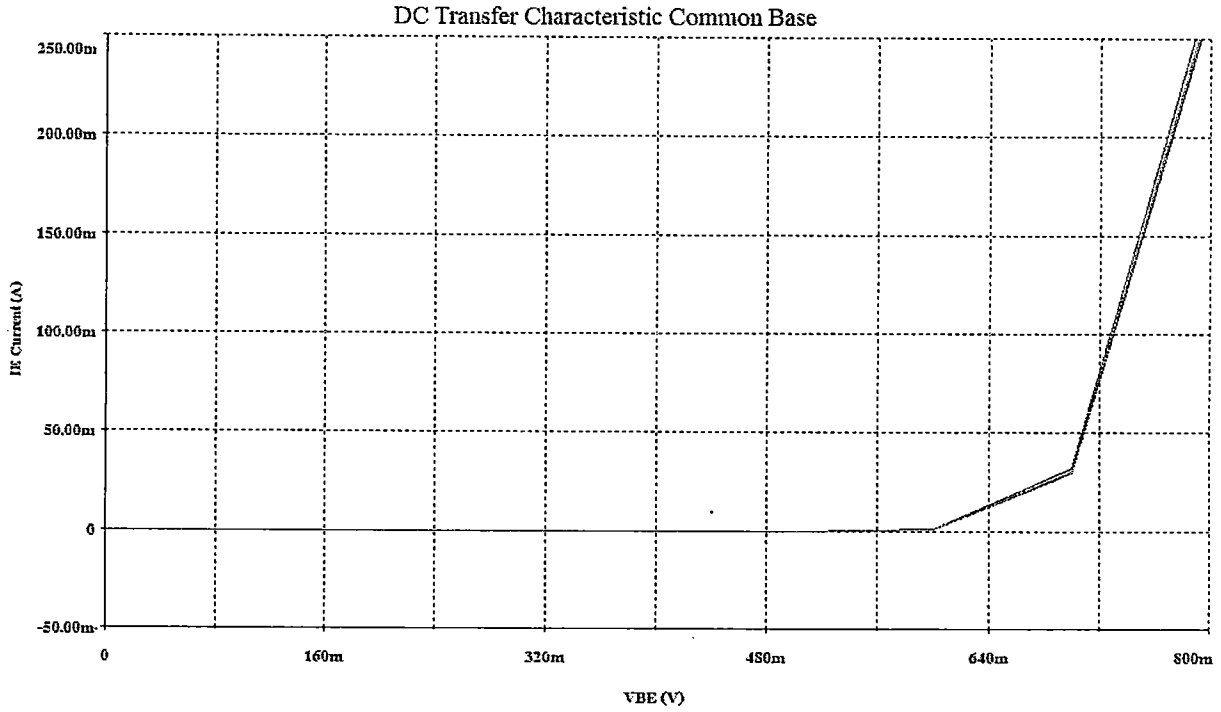
1.1 จงประกอบวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนเบส ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 1

1.2 ให้ใช้โปรแกรม Simulate ทำการวิเคราะห์แบบ DC Sweep แสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนเบส ทางด้านอินพุท แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 1

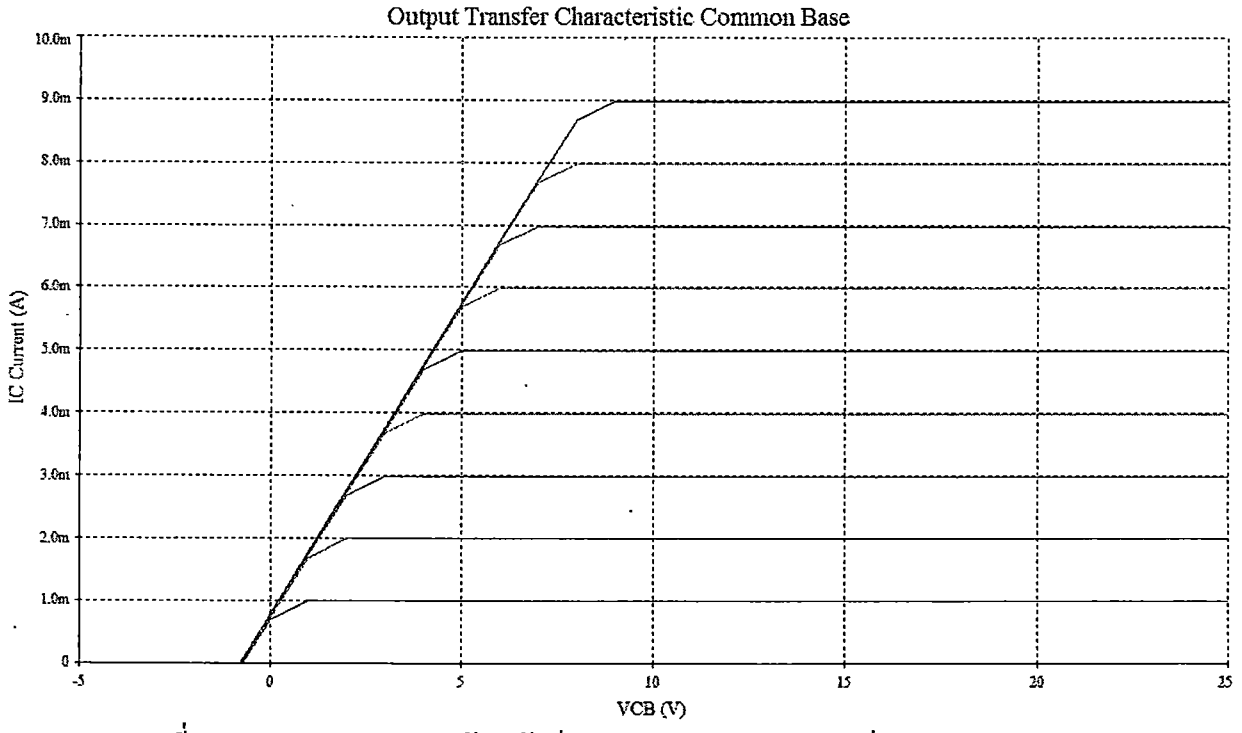
——— VCB 25 V
——— VCB 0 V
——— VCB 10 V



ตารางที่1 กราฟแสดงคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรคอมมอนเบส

1.3 ให้ใช้โปรแกรม Simulate ทำการวิเคราะห์แบบ DC Sweep แสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนเบส ทางด้านเอาต์พุต แล้วบันทึกผลลงใน ตารางที่ 2

———— IE 1 mA
———— IE 3 mA
———— IE 4 mA
———— IE 5 mA
———— IE 6 mA
———— IE 7 mA
———— IE 8 mA
———— IE 9 mA
———— IE 2 mA



ตารางที่ 2 แสดงคุณลักษณะทางด้านเอ้าท์พุทของวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนเบส

1.4 จงอธิบายถึงคุณลักษณะสมบัติทางด้านอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนเบส

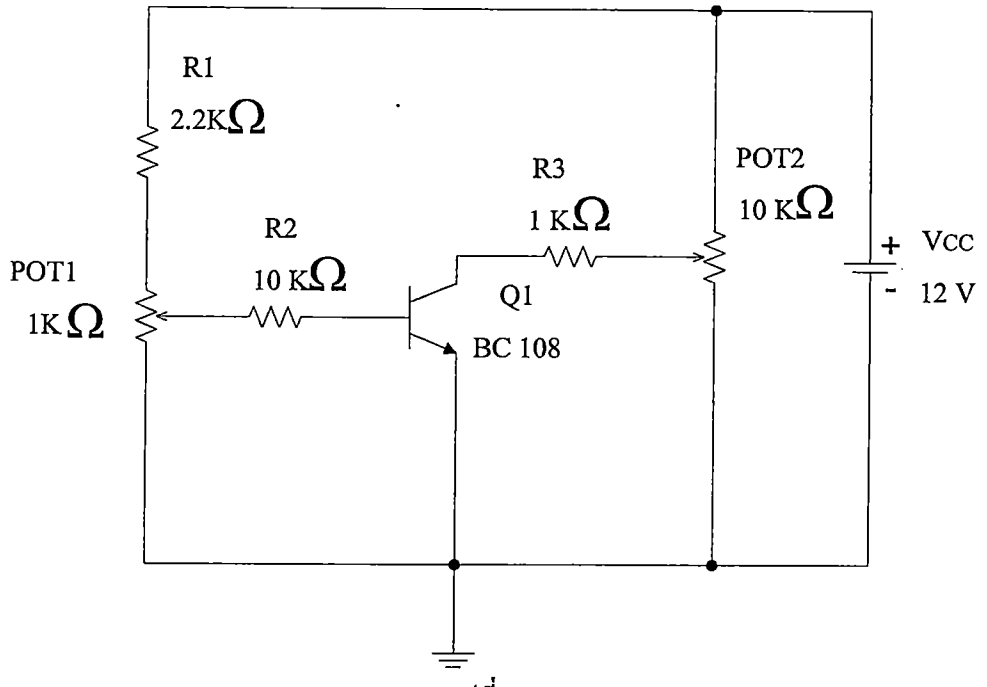
จากการทดลองเรื่องคุณลักษณะทางอินพุทของวงจรแบบเบสร่วม จะได้ว่า เมื่อเราให้แรงดัน V_{CB} คงที่ที่แต่ละค่าของแรงดัน เช่น 0 V 10V และ 25 V แล้วปรับแรงดัน V_{BE} ขึ้น ตั้งแต่ 0-800mV กระแส I_E จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับแรงดัน V_{CE} จากการทดลองจะพบว่าที่ระดับแรงดัน $V_{CE} = 0$ V เราจะพบว่าสามารถปรับแรงดัน V_{BE} ได้หลายค่าจนกกระทั่งกระแส I_E ไหลสูงสุด และที่ระดับแรงดัน ที่มากว่า 0 V เราจะพบว่าเราสามารถปรับแรงดัน V_{BE} ได้น้อยกว่าระดับV_{CE}= 0 V ตามลำดับกระแส I_Eไหลสูงสุด

จากการทดลองคุณลักษณะทางด้านเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนเบส หมายถึง คุณลักษณะทางกระแส เอาต์พุต (I_C) และแรงดันเอาต์พุต (V_{CB}) ของวงจรเบสร่วม เมื่อกำหนดให้ค่ากระแสอินพุต (I_E) ของวงจรมีค่าคงที่ โดยต้องหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_C และ V_{CB} จากค่า I_E หลาย ๆ ค่า เพื่อจะเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสเอาต์พุต และแรงดันเอาต์พุตได้ถูกต้อง จึงสรุปได้ว่า เมื่อเราให้ค่ากระแส I_E มีค่าคงที่ แล้วปรับแรงดัน V_{CB} เพิ่มขึ้นจาก 0 V ไปจนกระทั่งถึง 25 V จะสังเกตเห็นว่ากระแส I_C จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นแต่จะไม่เกินค่ากระแส I_E ตามการเพิ่มขึ้นของแรงดัน V_{CB}

<u>ตอนที่2</u> คุณลักษณะทางอินพุทและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

2.1 จงประกอบวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ ตามรูปที่ 2 ในโปรแกรม

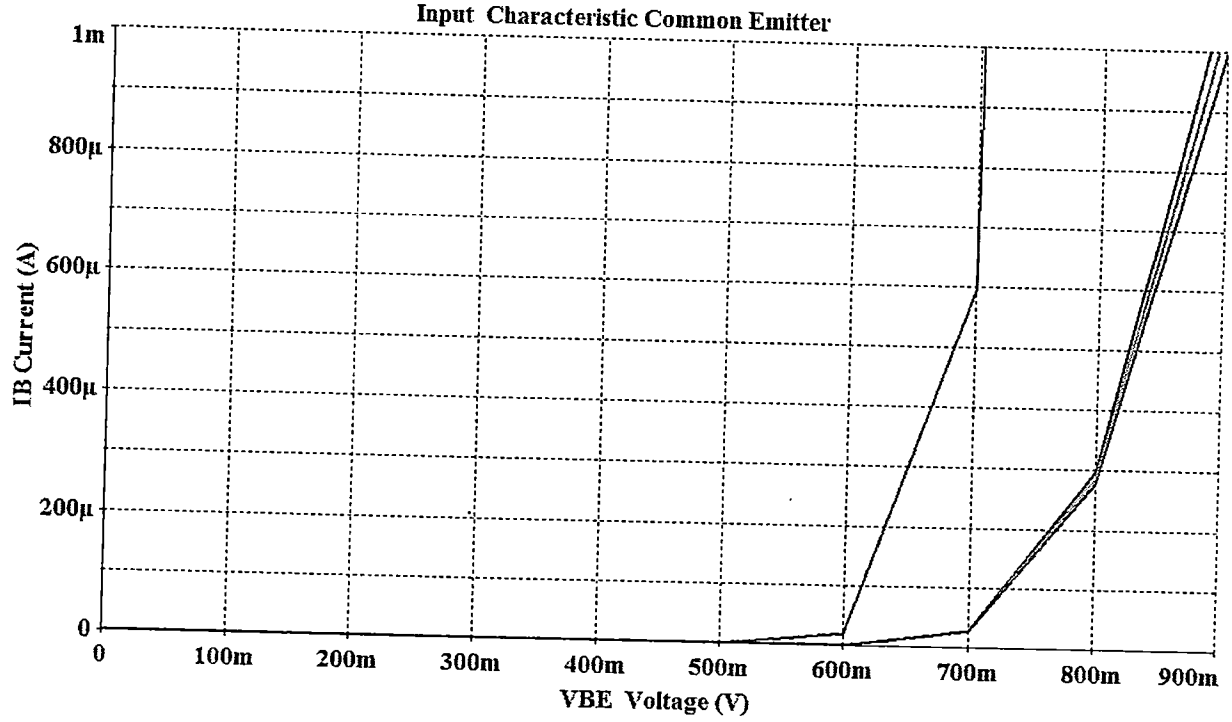
Schematics



รูปที่ 2

2.2 ให้ใช้โปรแกรม Simulate ทำการวิเคราะห์แบบ DC Sweep แสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ ทางด้านอินพุท แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 3

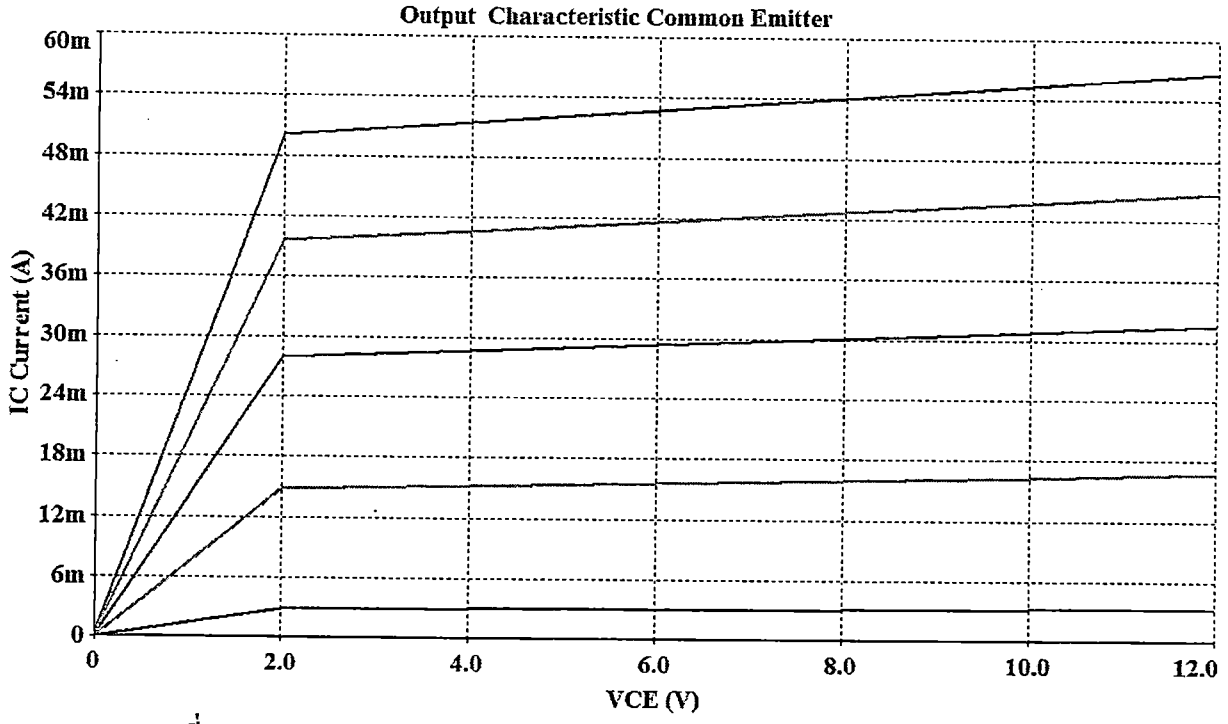
——— VCE = 0 V
——— VCE = 4 V
——— VCE = 8 V
——— VCE = 12 V



ตารางที่ 3 กราฟแสดงคุณสมบัติทางด้านอินพุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

2.3 ให้ใช้โปรแกรม Simullate ทำการวิเคราะห์แบบ DC Sweep แสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ ทางด้านเอาต์พุต แล้วบันทึกผลลงใน ตารางที่ 4

Ib = 0 uA
Ib = 10 uA
Ib = 50 uA
Ib = 100 uA
Ib = 150 uA
Ib = 200 uA



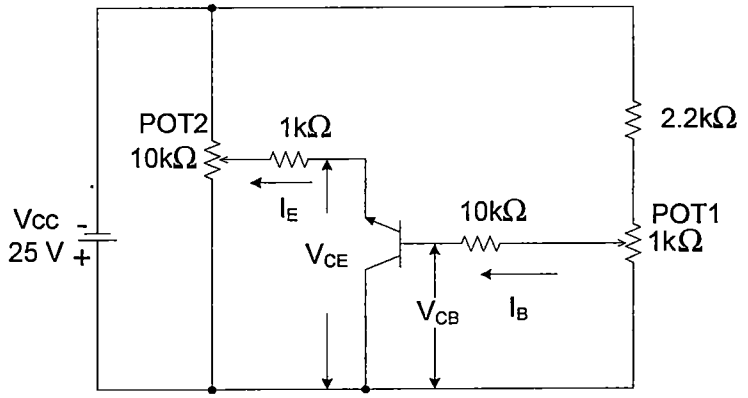
ตารางที่ 4 กราฟแสดงคุณลักษณะทางด้านเอาท์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

2.4 จงอธิบายถึงคุณลักษณะสมบัติทางด้านอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ มาพอเข้าใจ

จากผลการทดลองหาคุณลักษณะทางอินพุท เมื่อแรงดัน V_{CE} มีค่าน้อย จะทำให้กระแส I_B ไหลเพิ่มมากขึ้น และแรงดันคร่อม V_{BE} จะมีค่าน้อยลง แต่ถ้า แรงดัน V_{CE} มีค่ามากขึ้น กระแส I_B ก็จะไหลมากขึ้น แต่แรงดัน V_{BE} ก็เพิ่มมากขึ้นด้วยจากผลการทดลองหาคุณลักษณะทางด้านเอ้าท์พุท เมื่อกระแส I_B เป็นศูนย์ กระแส I_C ก็จะเป็น ศูนย์ด้วย เมื่อกระแส I_B เพิ่มขึ้น แรงดัน V_{CE} เพิ่มขึ้น กระแส I_C ก็เพิ่มขึ้นด้วย จึงสรุปได้ว่า กระแส I_C ไหลมากขึ้นตาม กระแส I_B และแรงดัน V_{CE}

<u>ตอนที่3</u> คุณลักษณะทางอินพุทและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

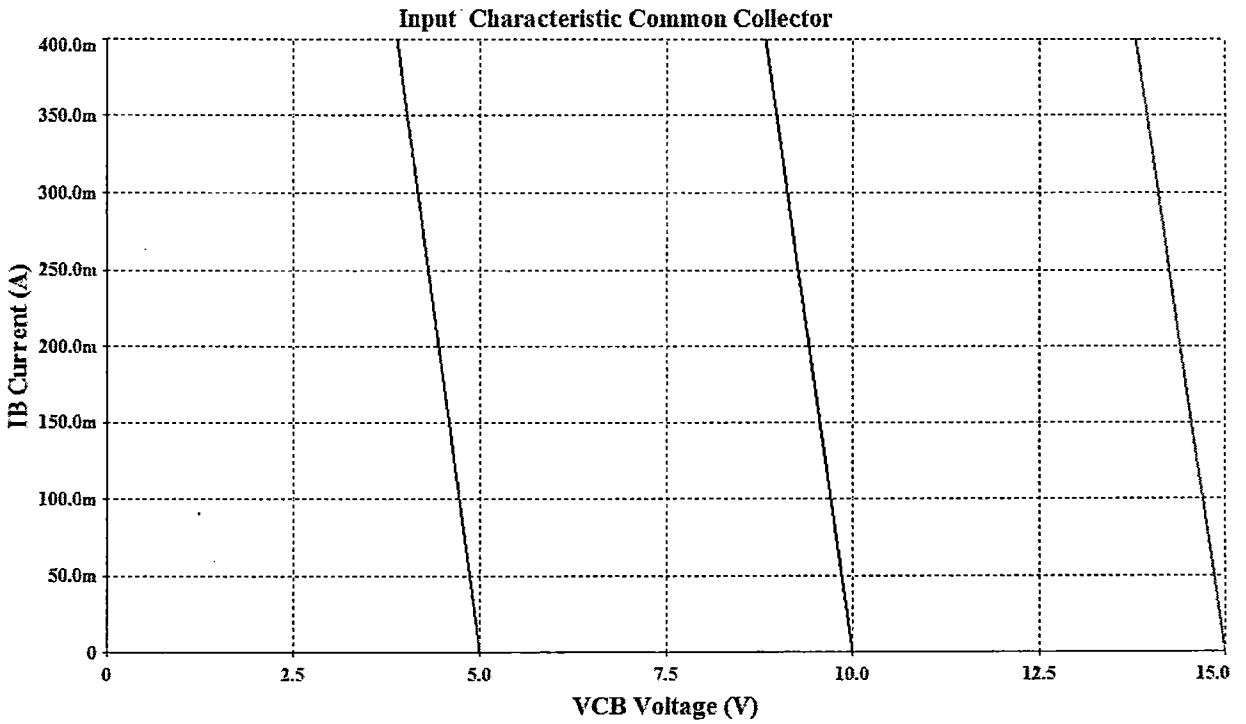
3.1 จงประกอบวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนคอลเล็กเตอร์ ตามรูปที่ 3 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 3

3.2 ให้ใช้โปรแกรม Simullate ทำการวิเคราะห์แบบ DC Sweep แสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์ ทางด้านอินพุท แล้วบันทึกผลลงในตารางที่5

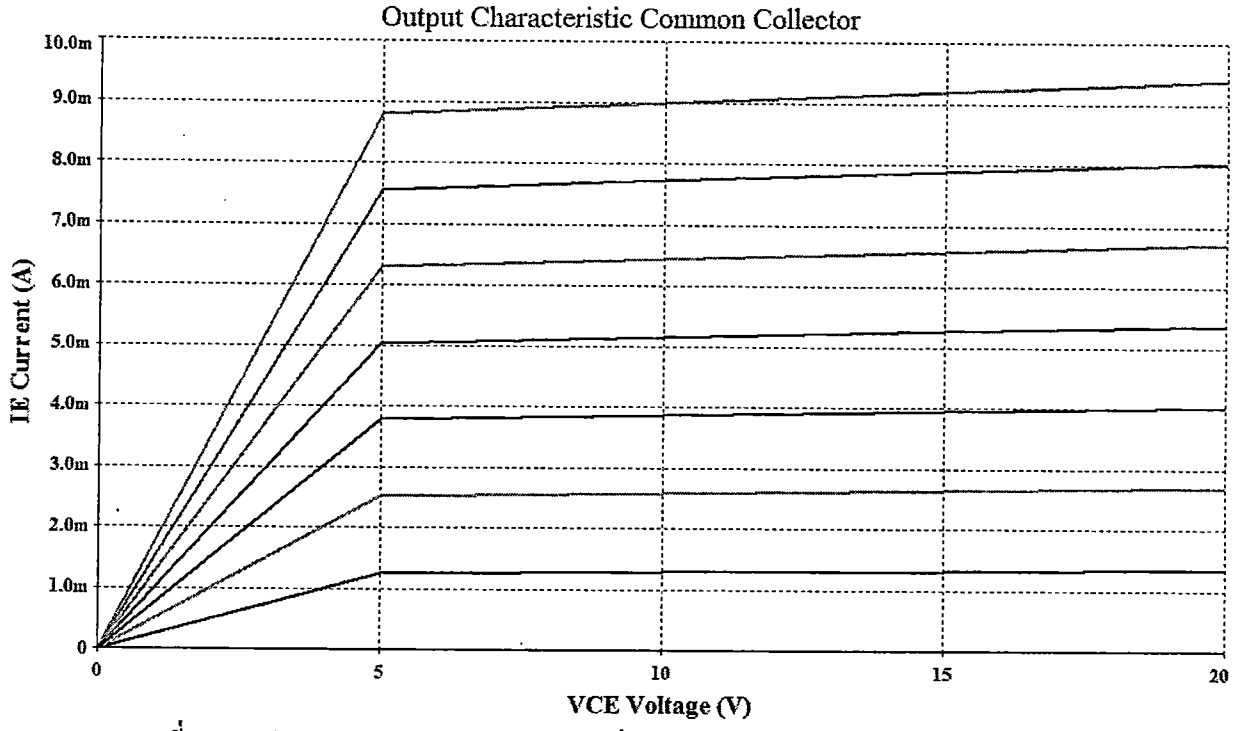
——— VCE = 5 V
——— VCE = 10V
——— VCE = 15V



ตารางที่ 5 กราฟแสดงคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

3.3 ให้ใช้โปรแกรม Simullate ทำการวิเคราะห์แบบ DC Sweep แสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์ ทางด้านอินพุท แล้วบันทึกผลลงในตารางที่6

IB = 0 uA
IB = 10 uA
IB = 20 uA
IB = 40 uA
IB = 50 uA
IB = 60 uA
IB = 70 uA
IB = 30 uA



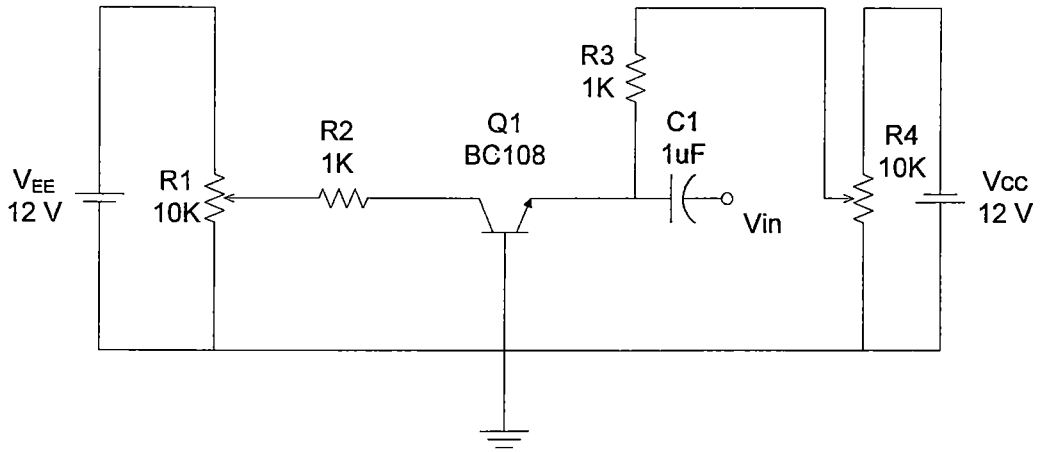
ตารางที่ 6 กราฟแสดงคุณลักษณะทางด้านเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

3.4 จงอธิบายถึงคุณลักษณะสมบัติทางด้านอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนคอลเล็กเตอร์ มาพอเข้าใจ

จากผลการทดลองคุณลักษณะทางอินพุต สรุปได้ว่า เมื่อเราปรับค่าแรงดัน V_{CB} น้อยกว่าแรงดัน V_{CE} ที่กำหนด จะทำให้กระแส I_B หรือกระแสอินพุตมีค่าสูงสุด แต่เมื่อเราเพิ่มค่าแรงดัน V_{CB} เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงค่าถึงค่าแรงดัน V_{CE} ที่กำหนด จะเห็นได้ว่า กระแสอินพุตจะลดลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึง 0 uA ที่แรงดัน V_{CB} เท่ากับ แรงดัน V_{CE} และ จากการทดลองคุณลักษณะทางเอ้าท์พุทกับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เมื่อควบคุมค่า I_B ให้คงที่ที่ 0 uA 10uA uA... 70 uA ตามลำดับและค่อย ปรับแรงดันเอาต์พุต V_{CE} ตั้งแต่ 0 V ถึง 20 V จะได้กระแส I_C ที่เพิ่มขึ้น

<u>ตอนที่4</u> วงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนเบส

4.1 จงประกอบวงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ตามรูปที่ 4 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 4

4.2 จากวงจรให้วัดค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

กระแส I_B = 7.20 μA.

กระแส I_C = 0.72 mA.

กระแส I_E = 0.73 mA.

แรงดัน V_{BE} = 0.765 V.

แรงดัน V_{CE} = 6.688 V.

แรงดัน V_B = 1.493 V.

แรงดัน V_C = 7.416 V.

แรงดัน V_E = 0.727 V.

4.3 คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

แรงดัน V_B = ...1.44..... V.

กระแส I_C = ...0.72..... mA

กระแส I_E = ... 0.74 .....mA

แรงดัน V_E =.....0.74 .....V.

แรงดัน V_{BE} =..... 0.7..... V.

แรงดัน V_{CE} = ...6.6..... V.

แรงดัน V_C = ...7 .....V.

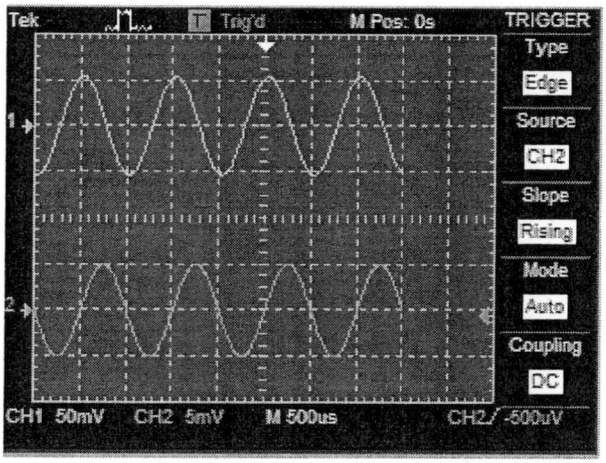
แรงดัน V_E =..... 0.7.....V.

4.4 คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

Zi = ...**33.78** .....kΩ

Zo = ... **1.8** .....kΩ

4.5 ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4



ตารางที่4

4.6 จากรูปสัญญาณที่วัดได้

Vin = ...10.....mV.

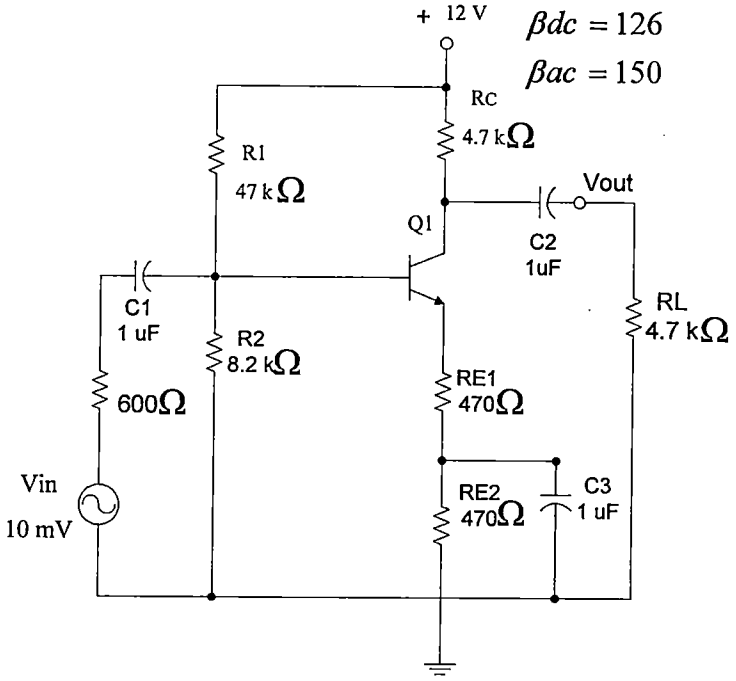
Vout = ...100.....mV.

4.7 จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรที่วัดได้

จากผลการทดลอง เรื่องวงจรขยายคอมมอนเบส จะสังเกตเห็นว่ารูปร่างของสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทจะมีเฟสเหมือนกัน แต่สัญญาณเอ้าท์พุทจะมีขนาดใหญ่กว่าสัญญาณทางอินพุท จึงสรุปได้ว่า วงจรขยายคอมมอนเบส สัญญาณทางอินพุทและเอาท์พุทจะมีเฟสตรงกัน วงจรขยายคอมอมเบสนี้จะไม่ขยายกระแสเพราะอัตราขยายกระแสมีค่าเท่ากับ 1 แต่จะขยายเฉพาะแรงดัน ดังนั้นอัตราขยายกำลัง จึงมีค่าเท่ากับอัตราขยายแรงดัน

<u>ตอนที่5</u> วงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์

5.1 จงประกอบวงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ตามรูปที่ 5 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 5

5.2 จากวงจรให้วัดค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

กระแส I_B = ...9.31..... μA .

กระแส I_E = ...1.18.....mA.

แรงดัน V_B = ...1.72.....V.

แรงดัน V_C = ...6.52.....V.

แรงดัน V_E = ...1.11.....V.

5.3 คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

กระแส I_B = ...9.04.....μA.

กระแส I_E = ...1.14.....mA.

แรงดัน V_B = ...1.78.....V.

แรงดัน V_C = ...6.60.....V.

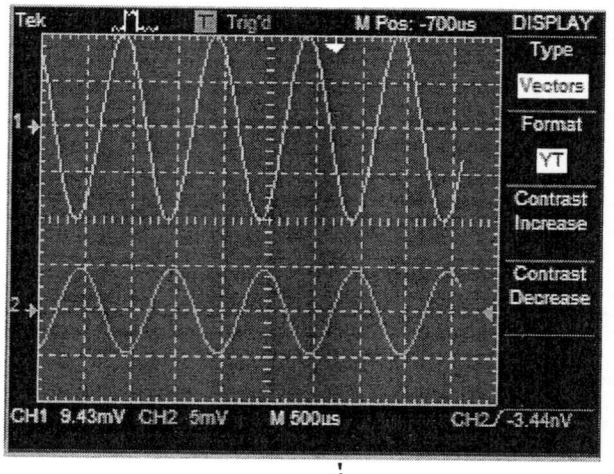
แรงดัน V_E = ...1.08.....V.

5.4 คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

Zi = ...6.47.....kΩ

Zo = ...4.27.....Ω

5.5 ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 5



ตารางที่5

5.6 จากรูปสัญญาณที่วัดได้

Vin = ...10.....mV.

Vout = ...40.....mV.

5.7 จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรที่วัดได้

จากการทดลองเรื่องวงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ จะพบว่าอัตราขยายแรงดันมีค่าสูงมาก อัตราขยายกระแสก็มีค่าสูงมากเหมือนกัน ดังนั้นอัตราขยายกำลังจึงมีค่าสูงตามไปด้วย แต่สัญญาณเอ้าท์พุทที่ได้จะมีการกลับเฟสกันกับสัญญาณอินพุท 180 องศา

.....

.....

.....

.....

.....

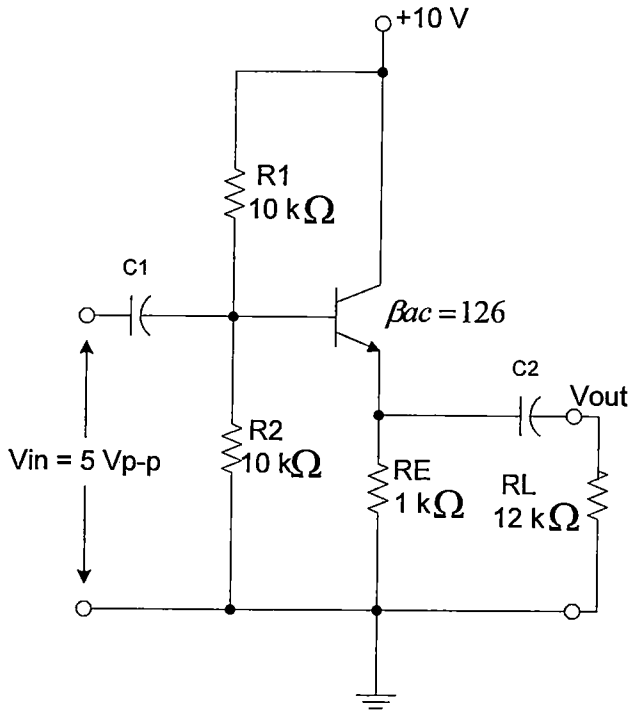
.....

.....

.....

<u>ตอนที่6</u> วงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนคอลเล็กเตอร์

6.1 จงประกอบวงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนคอลเล็กเตอร์ตามรูปที่ 6 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 6

6.2 จากวงจรให้วัดค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

กระแส I_B = ...33.1..... μA .

กระแส I_E =.....4.19.....mA.

แรงดัน V_B = ...4.83.....V.

แรงดัน V_E = ...4.19.....V.

6.3 คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันต่อไปนี้

กระแส I_B = ...33.85.....μA.

กระแส I_E =.....4.3.....mA.

แรงดัน V_B = ...5.....V.

แรงดัน V_E = ...4.3.....V.

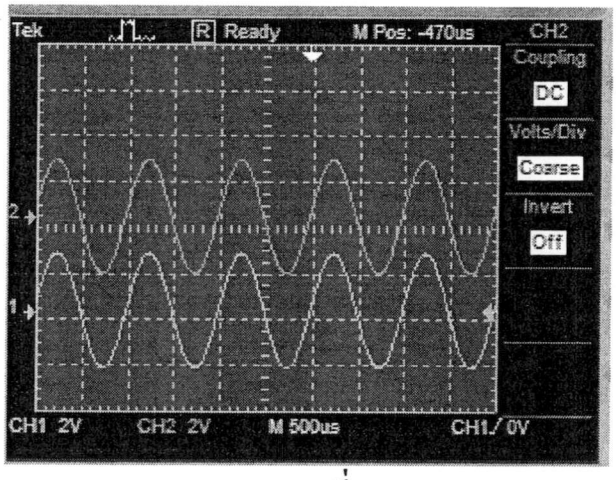
แรงดัน V_C = ...10.....V.

6.4 คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

Zi = ...4.82.....kΩ

Zo = ...0.999.....Ω

6.5 ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 6



ตารางที่6

6.6 จากรูปสัญญาณที่วัดได้

Vin = ...5.....mV.

Vout = ...5.....mV.

6.7 จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรที่วัดได้

สัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทที่วัดได้มีลักษณะเหมือนกัน คือ สัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทจะอินเฟสกัน และขนาดของสัญญาณอินพุท และเอ้าท์พุทมีขนาดเท่ากัน จึงอธิบายได้ว่า วงจรขยายสัญญาณแบบ คอมมอนคอลเล็กเตอร์มีอัตราขยายแรงดันเท่ากับ 1 คือไม่ขยายแรงดัน แต่อัตราขยายกระแสจะมีค่าสูงมาก จึงสรุปได้ว่า อัตราขยายกำลังมีค่าเท่ากับ อัตราขยายกระแส

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบบันทึกคะแนนทางการเรียนภาคปฏิบัติ

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

คำชี้แจงโปรดใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	2	.....	.....	.....
รวมคะแนน	18	.....	.....	.....
2.ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรได้ถูกต้อง	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			

เกณฑ์การให้คะแนน ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

1.การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจร ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าในอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดเกินกว่า 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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

2. ผลงาน

2.1 ต่อวงจรถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไมเกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตผิดไม่เกิน 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 คำนวณแรงดันจุดต่างๆ 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 คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุต ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุต ผิดเกิน 2 ค่า

2.8 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.9 ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.10 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดเกิน 2 ค่า

2.11 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 ค่า

ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ ซ1 แสดงคะแนนที่ได้จากการทำใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำนวน 6 ใบงาน เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานการทดลองปฏิบัติการการเลียนแบบการทำงานของวงจรขยายทรานซิสเตอร์

คนที่	ใบงานปฏิบัติการที่(คะแนนเต็ม)					
	1(40)	2(40)	3(40)	4(40)	5(40)	6(40)
1	36	34	35	37	36	36
2	37	36	38	36	35	38
3	35	37	37	37	34	37
4	36	35	33	35	38	34
5	33	37	38	34	35	35
6	36	34	35	37	38	36
7	35	35	37	35	36	36
8	34	33	36	36	39	37
9	37	35	34	34	37	35
10	33	34	35	35	34	36
11	34	33	37	36	35	34
12	35	35	35	33	34	35
13	32	37	37	37	32	36
14	34	35	36	36	37	37
15	35	36	37	34	36	35
16	34	34	33	35	37	36
17	36	35	36	33	33	33
18	32	36	34	34	36	34
19	35	35	38	36	33	36
20	34	37	37	35	35	37
21	37	35	35	37	37	38
22	36	33	36	35	34	33
23	37	36	38	36	37	36
24	35	34	35	36	37	37
25	37	36	33	33	38	32

ตารางที่ ช 1 (ต่อ)

คนที่	ใบงานปฏิบัติการที่(คะแนนเต็ม)					
	1(40)	2(40)	3(40)	4(40)	5(40)	6(40)
26	36	32	36	35	36	35
27	37	35	37	37	34	38
28	36	34	37	36	37	36
29	35	37	38	35	36	33
30	36	35	34	34	35	37
รวม	1055	1050	1077	1059	1071	1068
เฉลี่ย	35.16	35	35.9	35.3	35.7	35.6
เฉลี่ยร้อยละ	87.91	87.5	89.75	88.25	89.25	89
เฉลี่ยร้อยละทั้งหมด	$E_1 = 88.61$					

ตารางที่ ช 2 แสดงคะแนนที่ได้จากการทำใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน เพื่อหาประสิทธิภาพของใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน

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

ตารางที่ ช 2 (ต่อ)

คนที่	คะแนนสอบหลังการทดลอง 44 คะแนน
12	30
13	34
14	32
15	37
16	37
17	36
18	29
19	39
20	39
21	34
22	35
23	40
24	34
25	35
26	38
27	35
28	38
29	38
30	37
รวม	1080
เฉลี่ย	36
เฉลี่ยร้อยละ	81.82
เฉลี่ยร้อยละทั้งหมด	$E_2 = 81.82$

ตารางที่ ช 3 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง คุณสมบัติทางด้านอินพุทและและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนเบส

ใบงาน (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
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	0	1	4	0.8
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ช 4 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง คุณสมบัติทางด้านอินพุทและและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

ใบงาน (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
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

ตารางที่ ช 5 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง คุณสมบัติทางด้านอินพุทและและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

ใบงาน (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
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

ตารางที่ ช 6 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม

ใบงาน (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
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

ตารางที่ ช 7 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาอิมิตเตอร์ร่วม

ใบงาน (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
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

ตารางที่ ช 8 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอลเล็กเตอร์ร่วม

ใบงาน (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
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

ตารางที่ ช 9 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานรวมจำนวน 1 ใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ

ใบงาน		ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
ตอนที่	ข้อที่	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
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
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
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
	4.6	1	1	1	1	1	5	1
	4.7	1	1	1	1	1	5	1
	4.8	1	1	1	1	1	5	1
5	5.1	1	1	1	1	1	5	1
	5.2	1	1	1	1	1	5	1
	5.3	1	1	1	1	1	5	1
	5.4	1	1	1	1	1	5	1
	5.5	1	1	1	1	1	5	1
	5.6	1	1	1	1	1	5	1
	5.7	1	1	1	1	1	5	1

	5.8	1	1	1	1	1	5	1
6	6.1	1	1	1	1	1	5	1
	6.2	1	1	1	1	1	5	1
	6.3	1	1	1	1	1	5	1
	6.4	1	1	1	1	1	5	1
	6.5	1	1	1	1	1	5	1
	6.6	1	1	1	1	1	5	1
	6.7	1	1	1	1	1	5	1
	6.8	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ช 10 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนเบส

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 Dc Sweep วัดรูปกราฟวงจรคอมมอนเบส	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
รูปกราฟคุณลักษณะของวงจรคอมมอนเบส ได้ถูกต้อง	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

ตารางที่ ช 11 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

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 Dc Sweep วัดรูปกราฟวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์	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	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปกราฟคุณลักษณะของวงจรคอมมอนเบส ได้ถูกต้อง	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

ตารางที่ ช 12 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

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 Dc Sweep วัดรูปกราฟวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	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	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปกราฟคุณลักษณะของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์ ได้ถูกต้อง	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

ตารางที่ ช 13 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรคอมมอนเบส

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 Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	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	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปกราฟของวงจรขยายที่วัดได้ถูกต้อง	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

ตารางที่ ช 14 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

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 Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	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	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปกราฟของวงจรขยายที่วัดได้ถูกต้อง	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

ตารางที่ ช 15 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

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 Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	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	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปกราฟของวงจรขยายที่วัดได้ถูกต้อง	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

ตารางที่ ช 16 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไปของใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน (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
ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	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	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอ้าท์พุทถูกต้อง	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
คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุทและเอ้าท์พุทได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุทและเอ้าท์พุทถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทได้ถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ช 17 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนเบส

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอ้าท์พุทถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ช 18 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอ้าท์พุทถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ช 19 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติทางอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอ้าท์พุทถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ช 20 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กวงจรขยายคอมมอนเบส

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอ้าท์พุทถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ช 21 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กวงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอ้าท์พุทถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ช 22 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	0	1	1	1	1	4	0.8
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอ้าท์พุทถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ ช 23 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์น้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไปของใบงานรวมจำนวน 1 ใบงาน (ภาคปฏิบัติ)

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics	4	0	1	1	1	1	4	0.8
กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด	4	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่ากระแสที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้เครื่องมือของโปรแกรมวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
ใช้โปรแกรม Oscilloscope วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	1	1	1	1	1	5	1
ประกอบวงจรถูกต้อง	4	0	1	1	1	1	4	0.8
ค่าแรงดันไฟฟ้าเอ้าท์พุทถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
คำนวณค่ากระแสได้ถูกต้อง	2	1	0	1	1	1	4	0.8
คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	2	1	0	1	1	1	4	0.8
คำนวณค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	1	0	1	1	1	4	0.8
รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
แปลความหมายของผลที่วัดได้	4	1	1	1	1	1	5	1

ภาคผนวก ซ

ตัวอย่างใบงานปฏิบัติการพร้อมเฉลย

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	**เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม**	**3 ชั่วโมง**

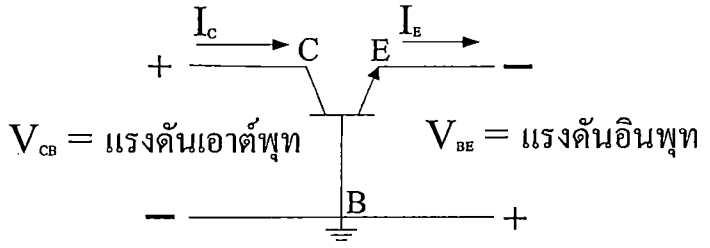
1. <u>จุดประสงค์</u>

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถประกอบวงจรทรานซิสเตอร์แบบเบสร่วมได้
2. เขียนกราฟแสดงคุณสมบัติทางอินพุทและเอาท์พุทของวงจรแบบเบสร่วมได้
3. วัดหาค่าของกระแสและแรงดันที่จุดต่างๆ ในวงจรได้
4. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันที่จุดต่างๆ ในวงจรได้

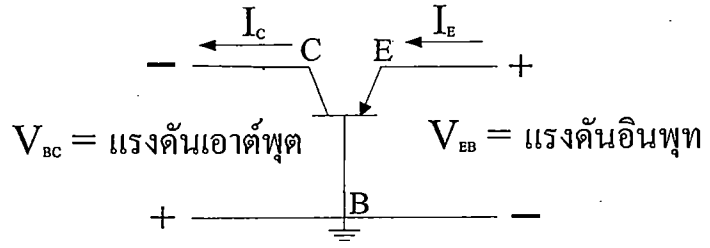
2. <u>ทฤษฎีพื้นฐาน</u>

วงจรเบสร่วม (Common Base)

วงจรเบสร่วม คือ วงจรทรานซิสเตอร์ที่ต่อขาเบส เป็นจุดอ้างอิงหรือจุดดิน โดยอินพุตของวงจรเข้าทางขั้ว B และ E เรียก V_{BE} เอาท์พุทของวงจรออกทางขั้ว C และ B เรียกว่า V_{CB} สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ต่อ วงจรเบสร่วมดังรูปที่ 1(a) และทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ต่อวงจรเบสร่วมได้ดังรูปที่ 1(b)



(a) NPN



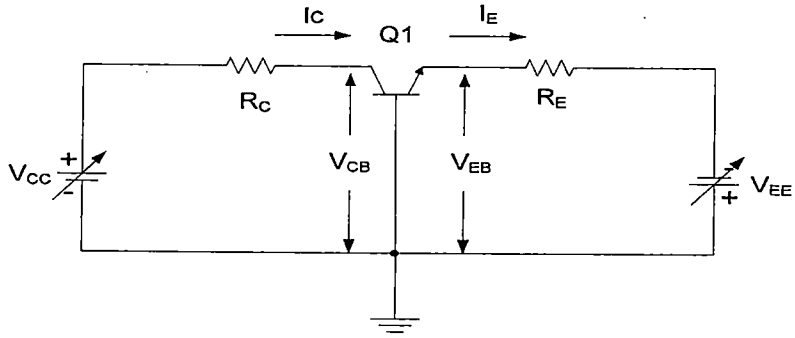
(b) PNP

รูปที่ 1 แสดงแรงดันอินพุทและเอาต์พุตของวงจรเบสร่วม สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และชนิด PNP

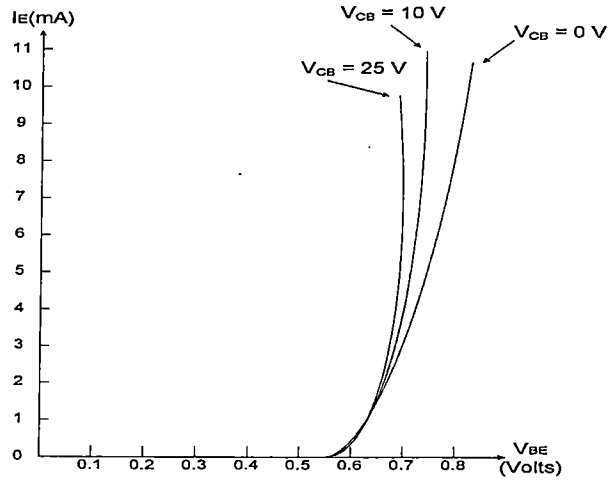
หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม	3 ชั่วโมง

คุณลักษณะทางอินพุตของวงจรเบสร่วม

เนื่องจากทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เมื่อนำมาต่อวงจรเบสร่วมจะเข้าใจการทำงานได้ง่ายกว่าชนิด PNP จึงขอยกตัวอย่างทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ในการหาคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรเบสร่วม คือการต่อวงจรดังรูปที่2 (a) โดยต่อแหล่งจ่ายอินพุตปรับค่าได้ (V_{EE}) เข้าที่เบสและอิมิตเตอร์ โดยให้ขั้วบวกของแหล่งจ่ายต่อกับขั้ว B และขั้วลบของแหล่งจ่ายต่อกับขั้ว E และต่อแหล่งจ่าย V_{CC} ที่คอลเล็กเตอร์และเบส โดยขั้วบวกของแหล่งจ่ายเข้าที่ C และขั้วลบเข้าที่ B ดังรูปที่ 2(a) ในการหากราฟคุณลักษณะของวงจรเบสร่วมต้องทดลองปรับค่าแรงดัน V_{CB} หลายๆ ค่า เช่น V_{CB} = 0 V,V_{CB} = 10 V ,V_{CB} = 25 V เป็นต้น และค่อยๆ ปรับค่าแรงดันอินพุต (V_{BE}) เพื่อให้ค่าแรงดันอินพุตคือ V_{BE} มีค่าตั้งแต่ 0 V ถึงค่าสูงสุด จนกระทั่ง V_{BE} คงที่ ในการปรับค่าแรงดันแหล่งจ่าย (V_{EE}) แต่ละค่าให้บันทึกกระแสอินพุต (I_E) นำค่ากระแส I_E และ V_{BE} ที่ได้มาพล็อตกราฟคุณลักษณะทางอินพุตเมื่อแรงดันเอาต์พุต (V_{CB}) คงที่ได้ดังรูปที่ 2(b)



(a) วงจรทดลองหากราฟคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรเบสร่วมทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



(b) **กราฟแสดงคุณสมบัติทางอินพุตของวงจรเบสร่วมทรานซิสเตอร์ชนิด NPN**

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม	3 ชั่วโมง

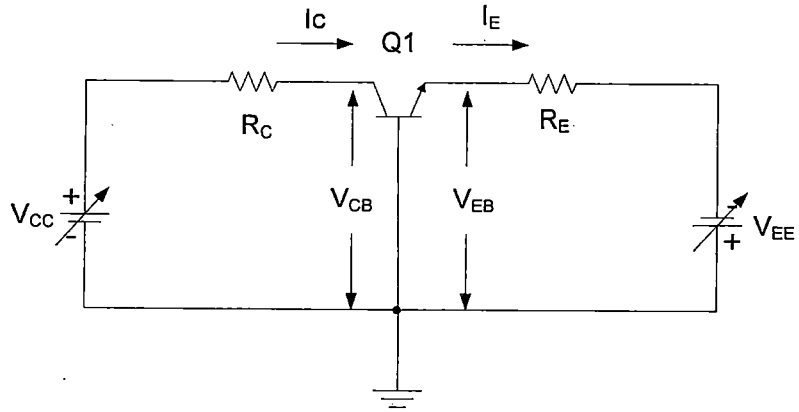
คุณลักษณะทางเอาต์พุตของวงจรเบสร่วม

หมายถึง คุณลักษณะทางกระแสเอาต์พุต (I_C) และแรงดันเอาต์พุต (V_{CB}) ของวงจรเบสร่วม เมื่อกำหนดให้ค่ากระแสอินพุต (I_E) ของวงจรมีค่าคงที่ โดยต้องหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_C และ V_{CB} จากค่า I_E หลายๆ ค่า เพื่อจะได้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสเอาต์พุต และแรงดันเอาต์พุตได้อย่างถูกต้อง โดยใช้วงจรการทดลองหาคุณลักษณะเอาต์พุตของวงจรเบสร่วมดังรูปที่ 3(a) ในการทดลองหาคุณลักษณะทางเอาต์พุตของวงจรเบสร่วมนี้ กำหนดให้ค่า I_E คงที่ที่ 1mA,2 mA ,3mA ...9 mA และปรับค่าแรงดันเอาต์พุต V_{CB} จากค่า -1 V ถึง 20 V ตามตารางในรูปที่ 3(b) จะได้ค่ากระแส I_C ที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่า V_{CB} แสดงว่าจะได้ตารางทั้งสิ้น 9 ตาราง

เมื่อนำข้อมูลผลของ I_C ที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่า V_{CB} มาพล็อตลงในกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_C และ V_{CB} เมื่อ I_E คงที่จะได้กราฟคุณลักษณะทางเอาต์พุตของวงจรเบสร่วมที่ใช้ทรานซิสเตอร์ดังรูปที่ 3(c) เส้นกราฟระหว่างความสัมพันธ์ระหว่าง I_C และ V_{CB} คือ เส้นล่างสุด เมื่อ $I_E = 0$ mA และเส้นกราฟบนสุดคือ กราฟที่ $I_E = 9$ mA จะสังเกตเห็นว่ากราฟทุกเส้นจะแสดงให้เห็นค่ากระแส I_C น้อยกว่า I_E นั่นคือกระแสเอาต์พุตน้อยกว่ากระแสอินพุต หมายความว่าอัตราขยายกระแสของวงจรเบสร่วมมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ เมื่ออัตราขยายกระแสคือ $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ ที่กราฟเส้น $I_E = 0$ จะพบว่ามีกระแสรั่วไหลระหว่างคอลเล็กเตอร์กับเบส (I_{CEO}) จำนวนเล็กน้อย ในสภาวะนี้ $I_C = I_{CBO}$ เป็นย่านคัตออฟของทรานซิสเตอร์ เมื่อ I_E มากกว่า 0 ทรานซิสเตอร์จะอยู่ในย่านขยายสัญญาณ (Active Region) สำหรับย่านอิ่มตัวคือ ย่านที่แรงดันเอาต์พุตต่ำกว่า 0 V

ในการควบคุมแรงดันด้านเอาต์พุตของวงจร (V_{CB}) ต้องระวังเนื่องจากเป็นการให้ไบแอสกลับระหว่างรอยต่อพีเอ็นของ C กับ B หากเพิ่มแรงดัน V_{CB} ให้มากยิ่งขึ้นจะถึงจุดพังทลาย (Breakdown) แรงดัน V_{CB} จะคงที่ และกระแส I_C จะสูงมากเป็นผลให้เกิดความร้อนกับทรานซิสเตอร์และทำให้รอยต่อพีเอ็นด้านเอาต์พุตทะลุได้

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม	3 ชั่วโมง



(a) วงจรหาคุณลักษณะเอาต์พุตของวงจรเบสร่วม

I_E	V_{CB}	I_C
1mA	-1	
1mA	0	
1mA	5	
1mA	10	
1mA	15	
1mA	20	

2mA	-1	
2mA	0	
2mA	5	
2mA	10	
2mA	15	
2mA	20	

-

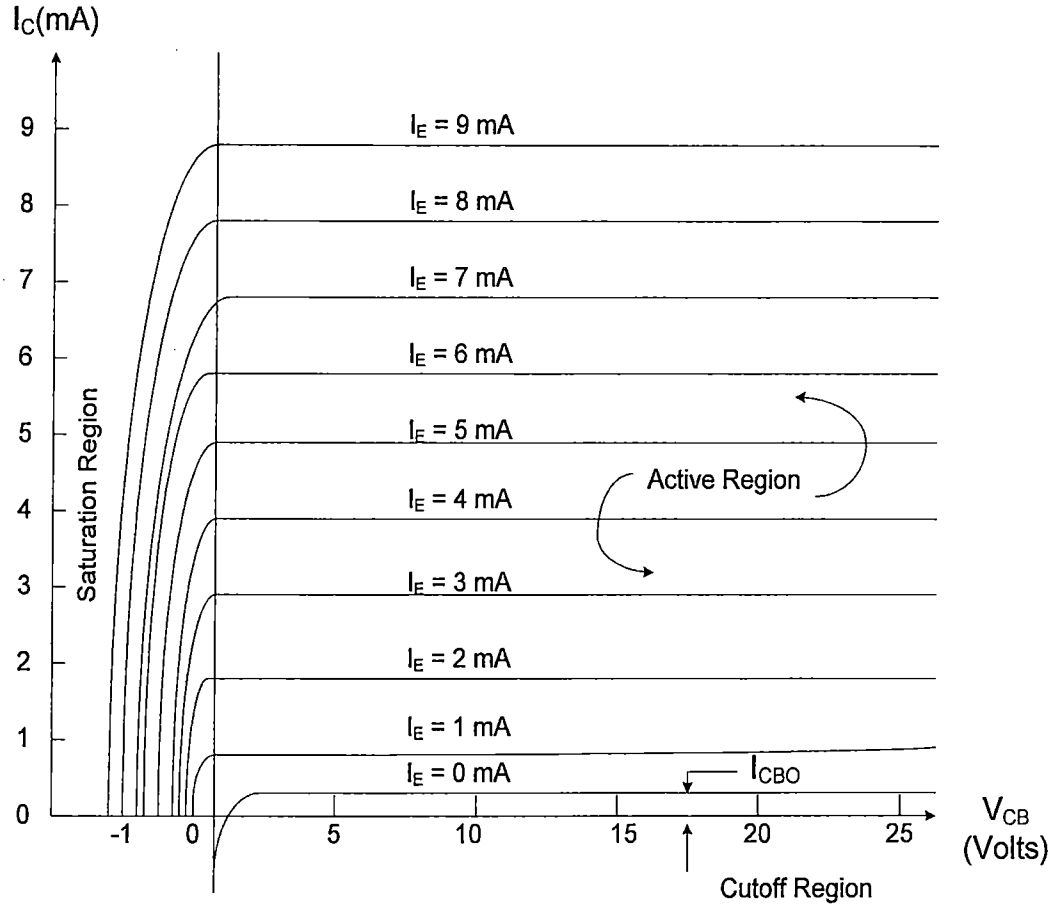
-

-

9mA	-1	
9mA	0	
9mA	5	
9mA	10	
9mA	15	
9mA	20	

(b)ตารางบันทึกค่ากระแสเอาต์พุต (IC) เมื่อ IE = 1mA ,2 mA,3 mA ... 9 mA

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม	3ชั่วโมง



(C) กราฟแสดงคุณลักษณะทางด้านเอาต์พุตของวงจรเบสร่วมทรานซิสเตอร์

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	**เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม**	**3 ชั่วโมง**

1.2 จากวงจรให้ปรับ R4 ให้คงที่ตามแรงดัน V_{CB} ที่กำหนด แล้วปรับ R3 เพิ่มขึ้น ตามแรงดัน V_{BE} ที่กำหนดและใช้ Measurement multimeterวัดค่ากระแสดังต่อไปนี้ แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตารางที่1

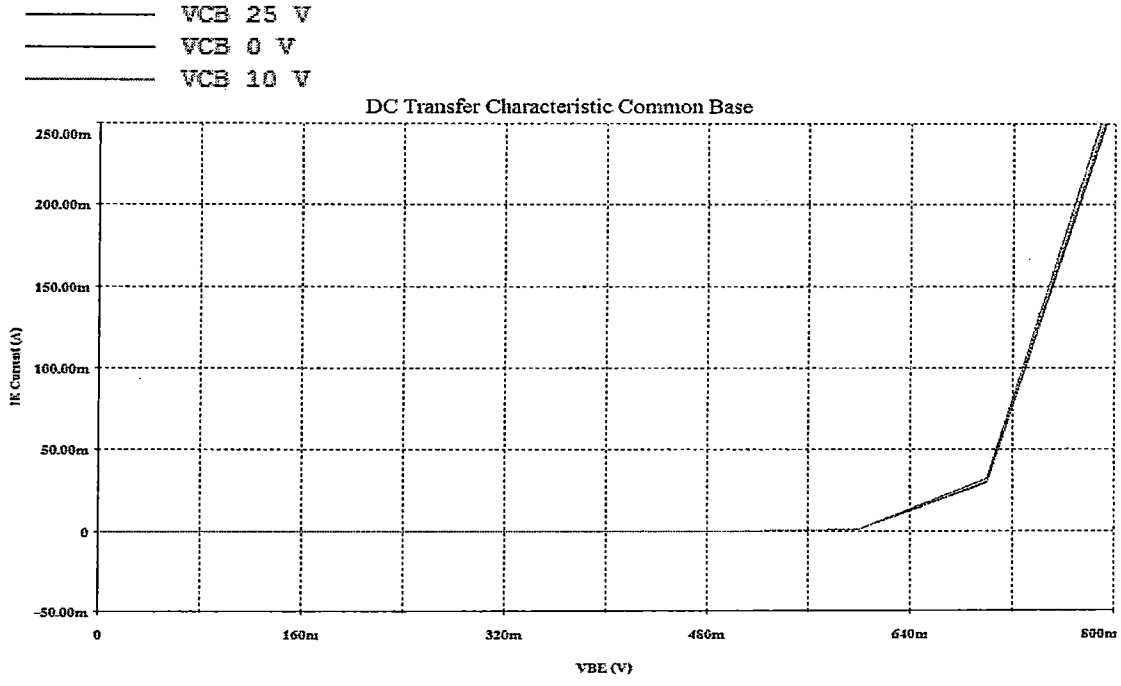
VCB	VBE	IE(mA)
0	0	0
0	0.10	0
0	0.20	0
0	0.30	0
0	0.40	0.0039
0	0.50	0.1275
0	0.60	0.4294
0	0.70	9.436
0	0.73	24.26

VCB	VBE	IE(mA)
10	0	0
10	0.1	0
10	0.2	0
10	0.3	0
10	0.4	0.0044
10	0.5	0.1296
10	0.6	0.2867
10	0.7	9.437
10	0.73	24.26

VCB	VBE	IE(mA)
25	0	0
25	0.10	0
25	0.20	0
25	0.30	0
25	0.40	0.0049
25	0.50	0.1324
25	0.60	0.4343
25	0.70	10.89
25	0.73	24.26

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะทางด้านอินพุทของวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนเบส

1.3 ให้ใช้โปรแกรมพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนเบส ทางด้านอินพุท จากหัวข้อ 1.2 ลงในตารางที่ 2



ตารางที่2 กราฟแสดงคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรคอมมอนเบส

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	**เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม**	**3 ชั่วโมง**

1.4 จากวงจรให้ปรับ R3 ให้กระแส I_Eคงที่ตามที่กำหนด แล้วปรับ R4 เพิ่มขึ้น ตามแรงดัน V_{CB} ที่กำหนดและ ใช้ Measurement multimeterวัดค่ากระแส I_C แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตารางที่ 3

IE	VCB	Ic
1 mA	0	0.996
1 mA	5	0.996
1 mA	10	0.996
1 mA	15	0.996
1 mA	20	0.997

IE	VCB	Ic
2 mA	0	1.993
2 mA	5	1.993
2 mA	10	1.993
2 mA	15	1.994
2 mA	20	1.993

IE	VCB	Ic
3 mA	0	2.989
3 mA	5	2.990
3 mA	10	2.990
3 mA	15	2.992
3 mA	20	2.991

IE	VCB	Ic
4 mA	0	3.986
4 mA	5	3.987
4 mA	10	3.987
4 mA	15	3.987
4 mA	20	3.991

IE	VCB	Ic
5 mA	0	4.982
5 mA	5	4.984
5 mA	10	4.985
5 mA	15	4.985
5 mA	20	4.986

IE	VCB	Ic
6 mA	0	5.978
6 mA	5	5.980
6 mA	10	5.980
6 mA	15	5.982
6 mA	20	5.982

IE	VCB	Ic
7 mA	0	6.975
7 mA	5	6.977
7 mA	10	6.978
7 mA	15	6.979
7 mA	20	6.980

IE	VCB	Ic
8 mA	0	7.973
8 mA	5	7.973
8 mA	10	7.975
8 mA	15	7.977
8 mA	20	7.978

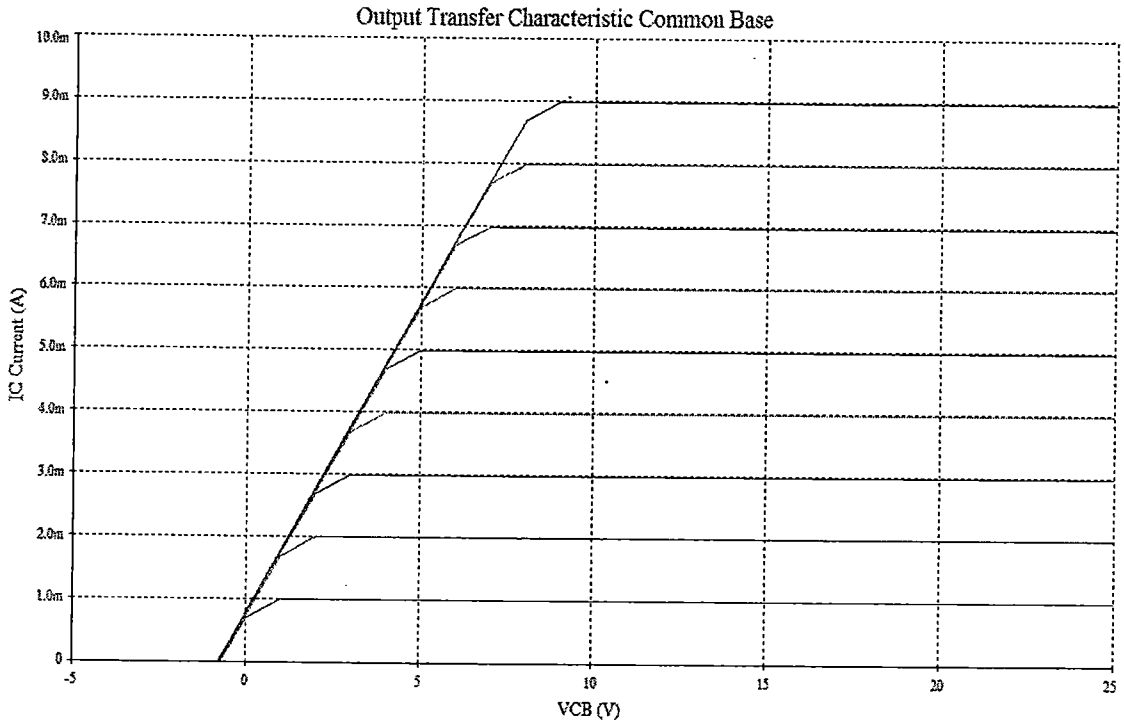
IE	VCB	Ic
9 mA	0	8.970
9 mA	5	8.971
9 mA	10	8.973
9 mA	15	8.973
9 mA	20	8.975

ตารางที่ 3

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่1	เรื่องคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม	3 ชั่วโมง

1.4 ให้ใช้โปรแกรมพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนเบส ทางด้านเอ้าท์พุท จากหัวข้อ 1.3 ลงในตารางที่ 4

IE 1 mA
IE 3 mA
IE 4 mA
IE 5 mA
IE 6 mA
IE 7 mA
IE 8 mA
IE 9 mA
IE 2 mA



ตารางที่4

1.5จงอธิบายถึงคุณลักษณะสมบัติทางด้านอินพุทและเอ้าท์พุทของวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนเบส

จากการทดลองเรื่องคุณลักษณะทางอินพุทของวงจรแบบเบสร่วม จะได้ว่า เมื่อเราให้แรงดัน V_{CB} คงที่ที่แต่ละค่าของแรงดัน เช่น 0 V 10V และ 25 V แล้วปรับแรงดัน V_{BE} ขึ้น ตั้งแต่ 0-800mV กระแส I_E จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับแรงดัน V_{CE} จากการทดลองจะพบว่าที่ระดับแรงดัน $V_{CE} = 0$ V เราจะพบว่าสามารถปรับแรงดัน V_{BE} ได้หลายค่าจนกกระทั่งกระแส I_E ไหลสูงสุด และที่ระดับแรงดัน ที่มากว่า 0 V เราจะพบว่าเราสามารถปรับแรงดัน V_{BE} ได้น้อยกว่าระดับV_{CE}= 0 V ตามลำดับกระแส I_E ก็ไหลสูงสุด

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	**เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม**	**3 ชั่วโมง**

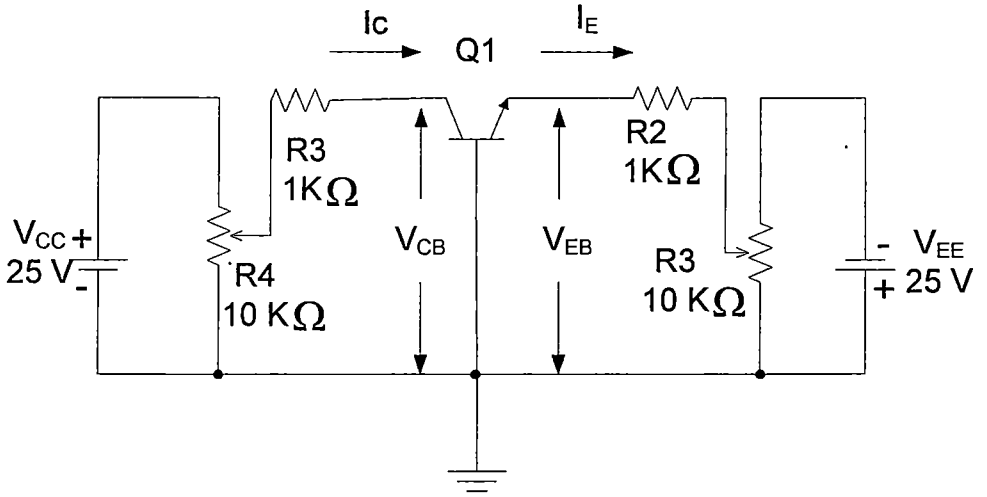
จากการทดลองคุณลักษณะทางด้านเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนเบส หมายถึง คุณลักษณะทางกระแส เอาต์พุต (I_C) และแรงดันเอาต์พุต (V_{CB}) ของวงจรเบสร่วม เมื่อกำหนดให้ค่ากระแสอินพุต (I_E) ของวงจรมีค่าคงที่ โดยต้องหาความสัมพันธ์ระหว่าง I_C และ V_{CB} จากค่า I_E หลาย ๆ ค่า เพื่อจะเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสเอาต์พุต และแรงดันเอาต์พุตได้ถูกต้อง จึงสรุปได้ว่า เมื่อเราให้ค่ากระแส I_E มีค่าคงที่ แล้วปรับแรงดัน V_{CB} เพิ่มขึ้นจาก 0 V ไปจนกระทั่งถึง 25 V จะสังเกตเห็นว่ากระแส I_C จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นแต่จะไม่เกินค่ากระแส I_E ตามการเพิ่มขึ้นของแรงดัน V_{CB}

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	**เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม**	**3 ชั่วโมง**

<u>แบบฝึกหัด</u>

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบมีทั้งหมด 8 ข้อ เวลา 40 นาที

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 1

2. จากวงจรให้ใช้เครื่องมือวัด มัลติมิเตอร์ของโปรแกรม Electronics Workbench วัดค่ากระแสดังต่อไปนี้ แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตารางที่ 1

V_{CB}	V_{BE}	I_E(mA)
0	0	0
0	0.10	0
0	0.20	0
0	0.30	0
0	0.40	0.0039
0	0.50	0.1275
0	0.60	0.4294
0	0.70	9.436
0	0.73	24.26

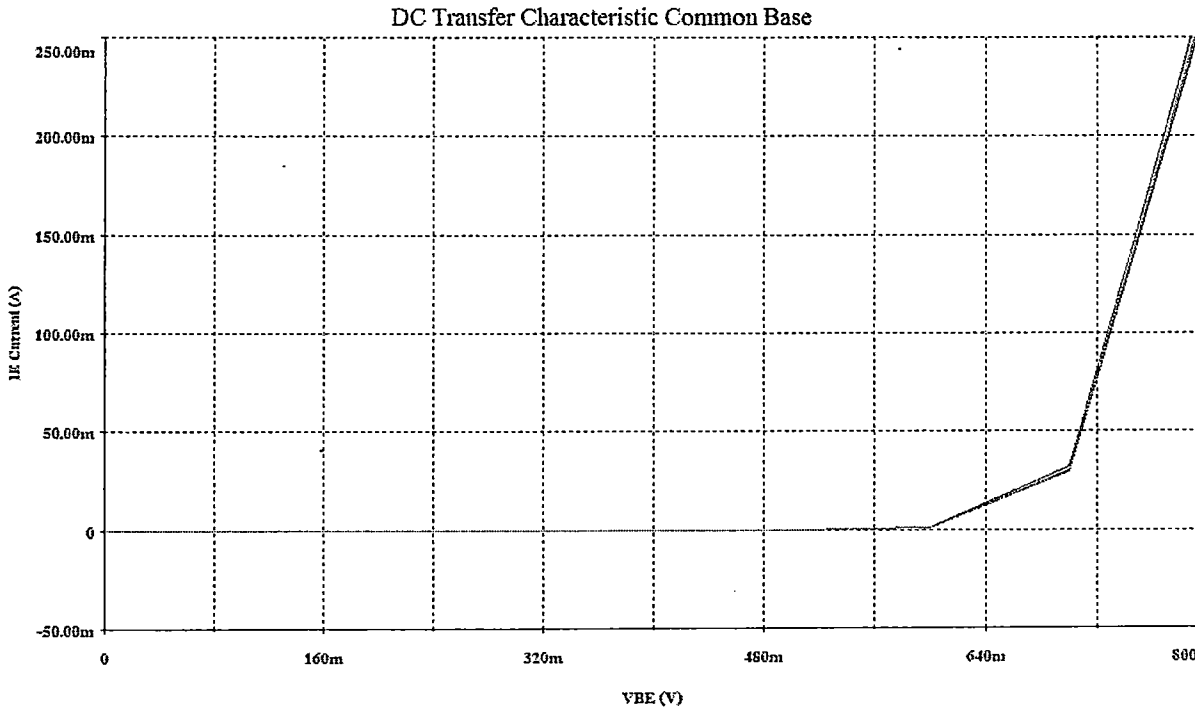
V_{CB}	V_{BE}	I_E(mA)
10	0	0
10	0.1	0
10	0.2	0
10	0.3	0
10	0.4	0.0044
10	0.5	0.1296
10	0.6	0.2867
10	0.7	9.437
10	0.73	24.26

V_{CB}	V_{BE}	I_E(mA)
25	0	0
25	0.10	0
25	0.20	0
25	0.30	0
25	0.40	0.0049
25	0.50	0.1324
25	0.60	0.4343
25	0.70	10.89
25	0.73	24.26

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะทางด้านอินพุทของวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนเบส

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม	3 ชั่วโมง

1. ทำการวิเคราะห์แบบ DC Sweep เพื่อพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนเบส ทางด้านอินพุท จากหัวข้อ 2 ลงในตารางที่ 2



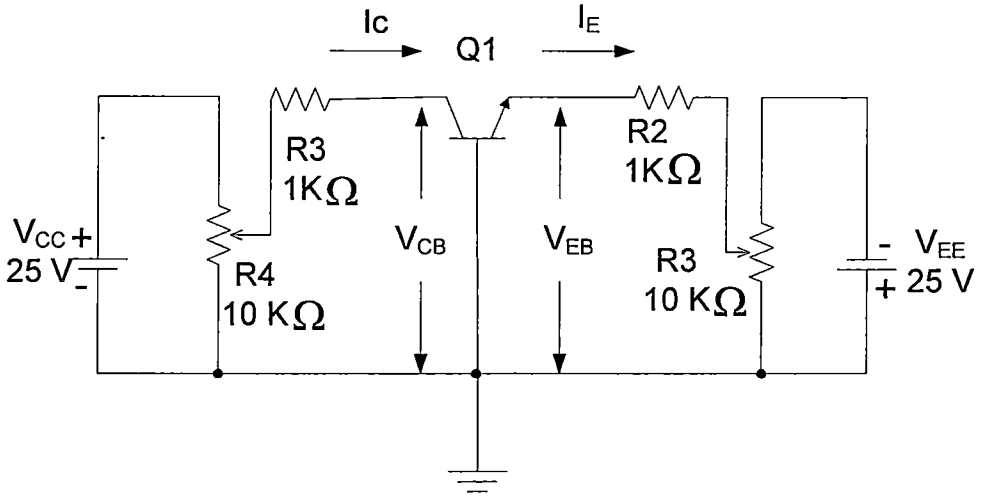
ตารางที่ 2 กราฟแสดงคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรทรานซิสเตอร์เบสร่วม

หน่วยที่ 4 เรื่องคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม	3 ชั่วโมง

2. จากผลการทดลอง จงอธิบายคุณสมบัติทางอินพุตของวงจรคอมมอนเบสมาพอเข้าใจ

จากการทดลองเรื่องคุณลักษณะทางอินพุทของวงจรแบบเบสร่วม จะได้ว่า เมื่อเราให้แรงดัน V_{CB} คงที่ที่แต่ละค่าของแรงดัน เช่น 0 V 10V และ 25 V แล้วปรับแรงดัน V_{BE} ขึ้น ตั้งแต่ 0-800mV กระแส I_E จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับแรงดัน V_{CE} จากการทดลองจะพบว่าที่ระดับแรงดัน V_{CE} = 0 V เราจะพบว่าสามารถปรับแรงดัน V_{BE} ได้หลายค่าจนกกระทั่งกระแส I_E ไหลสูงสุด และที่ระดับแรงดันที่มากว่า 0 V เราจะพบว่าเราสามารถปรับแรงดัน V_{BE} ได้น้อยกว่าระดับV_{CE}= 0 V ตามลำดับกระแส I_Eก็ไหลสูงสุดแล้ว จึงสรุปได้ว่า การไหลของกระแส I_E จะขึ้นอยู่กับระดับแรงดัน V_{CE}

3. ประกอบวงจรคอมมอนเบสตามรูปที่ 2 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 2

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม	3 ชั่วโมง

4. ทำการวัดค่ากระแส I_C เมื่อแทนค่ากระแส I_E และแรงดัน V_{CB} นำค่าที่ได้บันทึกลงในตารางที่ 3

I_E	V_{CB}	I_C
1 mA	0	0.996
1 mA	5	0.996
1 mA	10	0.996
1 mA	15	0.996
1 mA	20	0.997

I_E	V_{CB}	I_C
2 mA	0	1.993
2 mA	5	1.993
2 mA	10	1.993
2 mA	15	1.994
2 mA	20	1.993

I_E	V_{CB}	I_C
3 mA	0	2.989
3 mA	5	2.990
3 mA	10	2.990
3 mA	15	2.992
3 mA	20	2.991

I_E	V_{CB}	I_C
4 mA	0	3.986
4 mA	5	3.987
4 mA	10	3.987
4 mA	15	3.987
4 mA	20	3.991

I_E	V_{CB}	I_C
5 mA	0	4.982
5 mA	5	4.984
5 mA	10	4.985
5 mA	15	4.985
5 mA	20	4.986

I_E	V_{CB}	I_C
6 mA	0	5.978
6 mA	5	5.980
6 mA	10	5.980
6 mA	15	5.982
6 mA	20	5.982

I_E	V_{CB}	I_C
7 mA	0	6.975
7 mA	5	6.977
7 mA	10	6.978
7 mA	15	6.979
7 mA	20	6.980

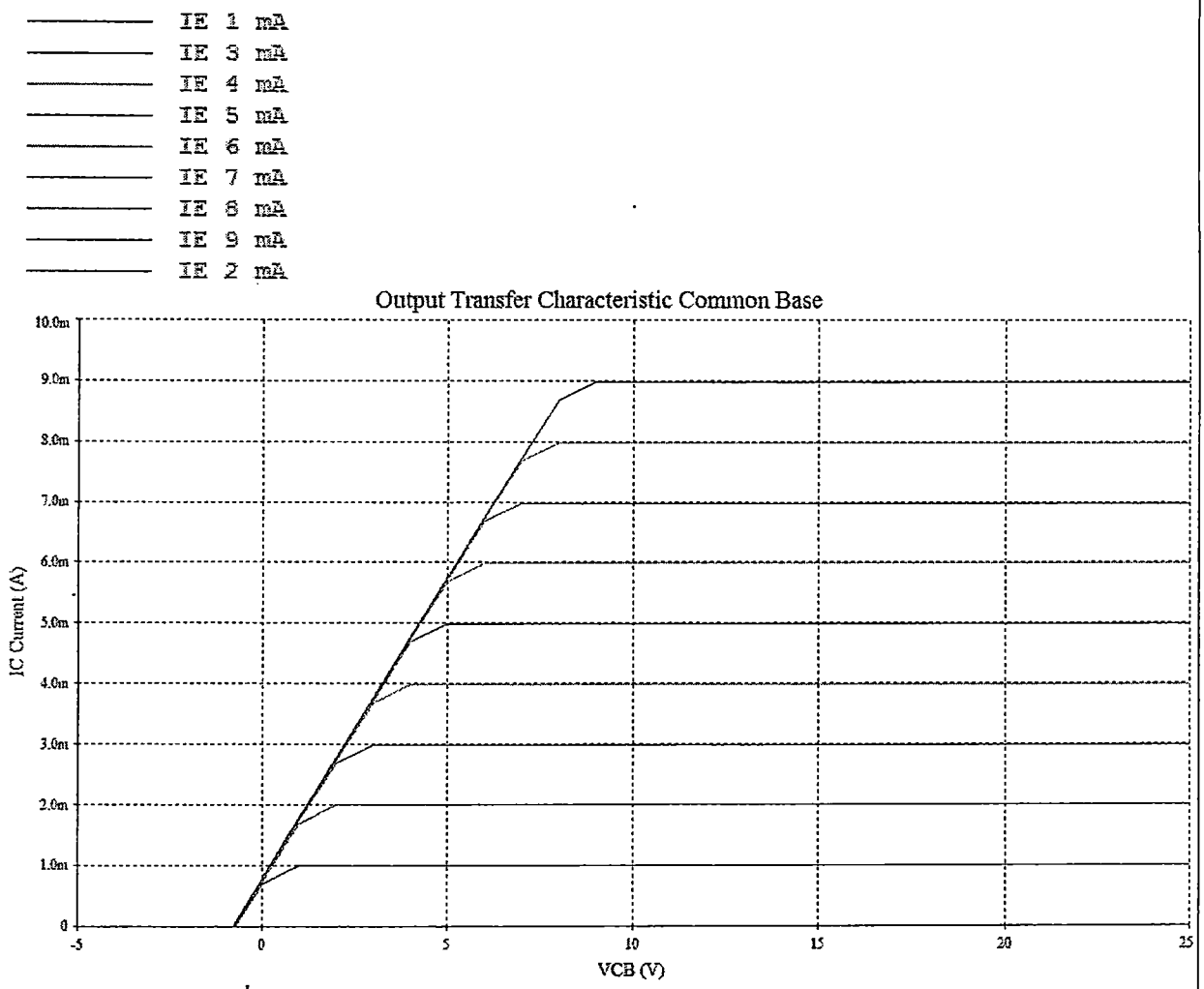
I_E	V_{CB}	I_C
8 mA	0	7.973
8 mA	5	7.973
8 mA	10	7.975
8 mA	15	7.977
8 mA	20	7.978

I_E	V_{CB}	I_C
9 mA	0	8.970
9 mA	5	8.971
9 mA	10	8.973
9 mA	15	8.973
9 mA	20	8.975

ตารางที่ 3

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	**เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรเบสร่วม**	**3 ชั่วโมง**

7. ทำการวิเคราะห์แบบ DC Sweepพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนเบส ทางด้านเอ้าท์พุท จากหัวข้อ 6 ลงในตารางที่ 4



ตารางที่ 4 กราฟแสดงคุณลักษณะทางเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์วงจรเบสร่วม

8. จากผลการทดลองจงอธิบาย คุณสมบัติทางด้านเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์คอมมอนเบส มาพอเข้าใจ

จากการทดลองคุณลักษณะทางด้านเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนเบสสรุปได้ว่า เมื่อเราให้ I_E มีค่าคงที่ที่ค่ากระแสต่างๆ แล้วเราปรับแรงดัน V_{CB} เพิ่มขึ้นจาก 0 V ไปจนกระทั่งถึง 25 V จะสังเกตเห็นว่ากระแส I_C จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นแต่จะไม่เกินค่ากระแส I_E ตามการเพิ่มขึ้นของแรงดัน V_{CB}

แบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ

เรื่อง คุณสมบัติทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนเบส

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาระดับ ปวส. 2 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

คำชี้แจงโปรดใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
2.ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.8 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
คะแนนรวมทั้งหมด	40			

เกณฑ์การให้คะแนน เรื่องคุณสมบัติทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรเบสร่วม

1.การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจร ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าในอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดเกินกว่า 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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรมOscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

2. ผลงาน

2.1 ต่อวงจรถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไมเกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตผิดไม่เกิน 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 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.6 ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดเกิน 2 ค่า

2.8 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 ค่า

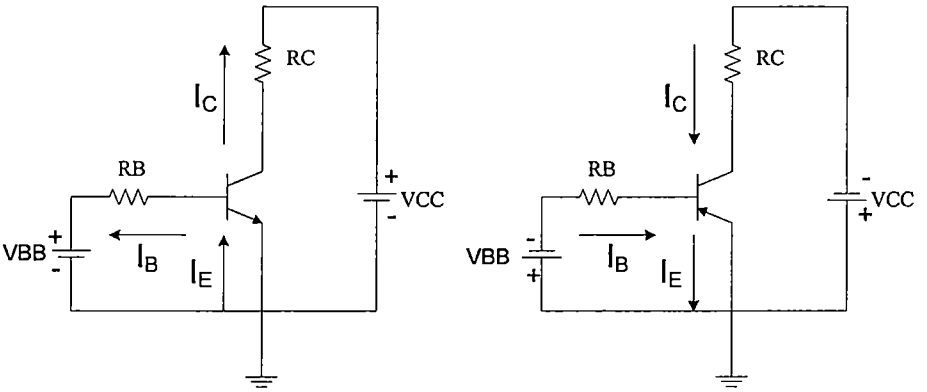
หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 2	**เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

1. จุดประสงค์

    1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถประกอบวงจรทรานซิสเตอร์แบบอิมิตเตอร์ร่วมได้
    2. เขียนกราฟแสดงคุณสมบัติทางอินพุทและเอาท์พุทของวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วมได้
    3. วัดหาค่าของกระแสและแรงดันที่จุดต่างๆ ในวงจรได้

2. ทฤษฎีพื้นฐาน

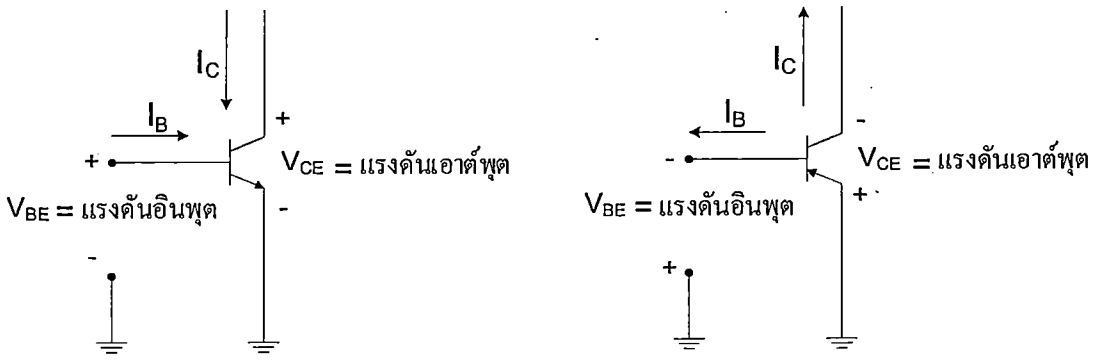
วงจรอิมิตเตอร์ร่วม (Common Emitter Circuit หรือ CE) เป็นการต่อชุดอิมิตเตอร์ลงกับจุดดิน ดังรูปที่ 1 (a) สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และรูปที่ 1(b) สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP การไบแอสวงจรอิมิตเตอร์ร่วมก็เช่นเดียวกับวงจรเบสร่วม คือ ไบแอสอินพุตด้วยไบแอสตรง และไบแอสเอาต์พุตด้วยไบแอสกลับ โดยแหล่งจ่ายแรงดันดันอินพุตไบแอส คือ V_{BB} และแหล่งจ่ายแรงดันเอาต์พุตไบแอสคือ V_{CC}



(a) ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN **(b) ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP**

รูปที่ 1 วงจรไบแอสทรานซิสเตอร์ในวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

ดังนั้นลักษณะการเกิดขั้วแรงดันที่คร่อมที่ขา B C และ E รวมทั้งทิศทางการไหลของกระแสอินพุต (I_B) และกระแสเอาต์พุต (I_C) ดังรูปที่ 2 (a) สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ต่อแบบอิมิตเตอร์ร่วม และรูปที่ 2 (b) สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ต่อแบบอิมิตเตอร์ร่วม



(a)NPN **(b)PNP**

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่2	เรื่องคุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

ค่าดีซี เบต้า (β_{DC}) และค่า ดีซี แอลฟา (α_{DC})

ค่าเบต้า หรือ β_{DC} หมายถึงอัตราส่วนระหว่างกระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) กับกระแสเบส (I_B)ดังสมการ

$$\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}$$

ค่าดีซี แอลฟา α_{DC} หมายถึง อัตราส่วนระหว่างกระแสคอลเล็กเตอร์(I_C) กับกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) ดังสมการ

$$\alpha_{DC} = \frac{I_C}{I_E}$$

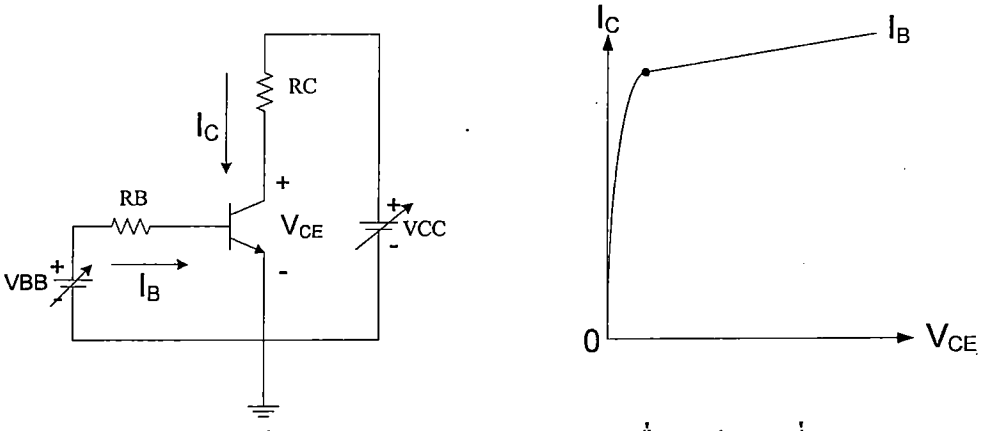
ทรานซิสเตอร์โดยทั่วไปจะมีค่า β_{DC} อยู่ระหว่าง 20 -200 หรือมากกว่า จากคู่มือของทรานซิสเตอร์อาจเรียกค่า β_{DC} ว่า h_{fe} ซึ่งหมายความถึงอัตราขยายทางกระแสระหว่างกระแสคอลเล็กเตอร์ I_C กับกระแสเบส I_B และอัตราขยายกระแส α_{DC} ปกติจะมีค่าไม่เกิน 1 คืออยู่ระหว่าง 0.95-0.99

คุณลักษณะทางเอาต์พุตของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

เส้นกราฟนี้จะแสดงคุณลักษณะของกระแสและแรงดันที่คอลเล็กเตอร์โดยที่มีกระแสเบสเป็นตัวควบคุมตามความสัมพันธ์ของสมการ

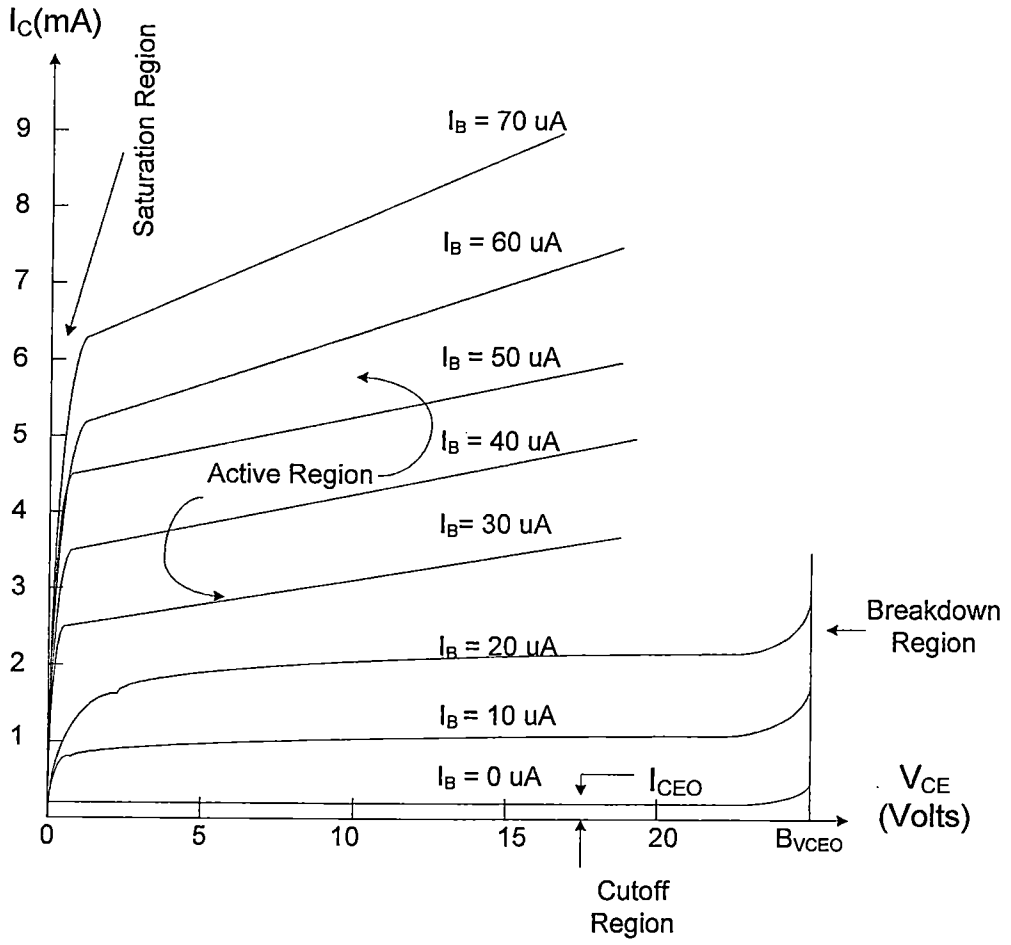
$$I_C = \beta_{DC} I_B$$

พิจารณาจากวงจรในรูปที่ 3(a) ให้แหล่งจ่าย V_{BB} เป็นแหล่งจ่ายปรับค่าได้ไบแอสตรงให้กับรอยต่อ B และ E การปรับค่า V_{BB} คือการปรับค่าของกระแส I_B ถ้าปรับค่า I_B ให้มีค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่ง $I_B > 0$ และค่อยๆ ปรับค่าแรงดัน V_{CC} เพิ่มมากขึ้นจาก 0 V จะปรากฏว่า I_C ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงจุด B ในรูปที่ 3(b) ค่า กระแส I จะคงที่และเป็นไปตามสมการ $I_C = \beta_{DC} I_B$



(a)วงจรไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN (b)กราฟแสดงค่า I_Cเมื่อ I_B มีค่าคงที่และแรงดันV_{CE}เปลี่ยนไป

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่2	เรื่องคุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง



(c) กราฟแสดงคุณลักษณะทางเอาต์พุตของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม โดยแสดงค่ากระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) ตามค่ากระแส (I_B)ที่เปลี่ยนแปลงไป

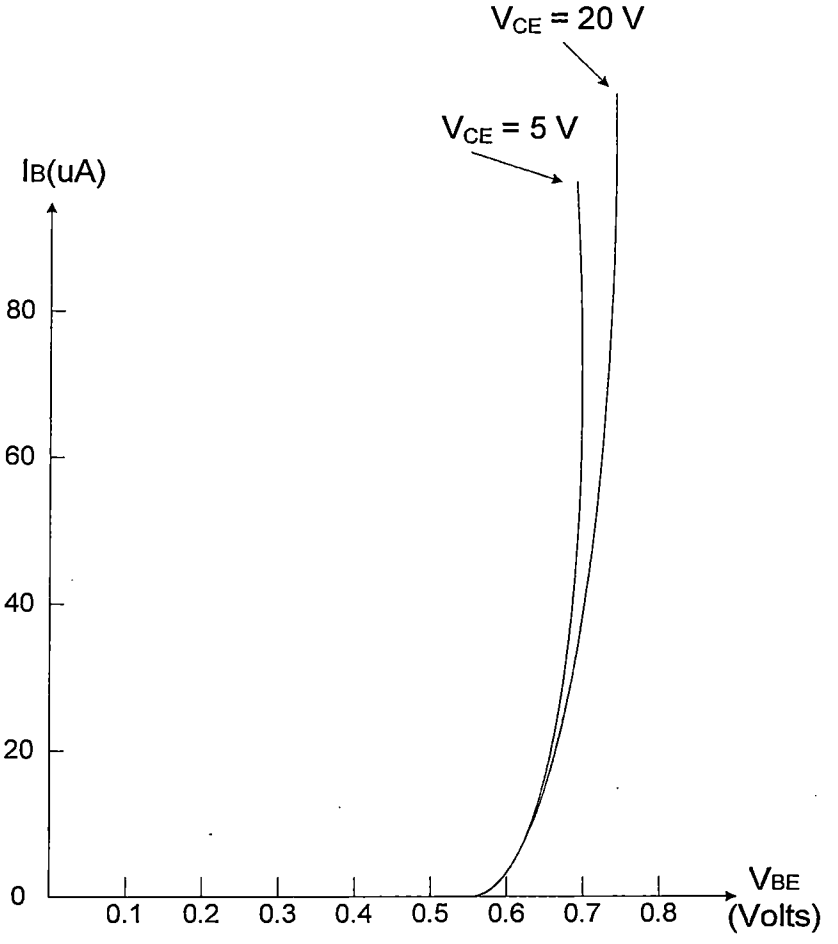
รูปที่3 แสดงการหากราฟคุณลักษณะทางเอาต์พุตของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

เมื่อกระแสอินพุต (I_B) เป็นศูนย์คือย่านคัตออฟ เพราะว่ากระแสเอาต์พุต (I_C) จะเป็นศูนย์ด้วย แต่ในทางปฏิบัติจะเกิดกระแสรั่วไหลที่รอยต่อคอลเล็กเตอร์กับอิมิตเตอร์ (I_{CEO}) จำนวนเล็กน้อย เมื่อเพิ่ม I_B ขึ้นไปเป็น 10 uA I_C จะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.8 mA และที่ย่านอิ่มตัวคือ ย่านที่แรงดัน V_{CE} ใกล้เคียงกับ 0 V ดังรูปที่ 3 (c)

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่2	**เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

คุณลักษณะทางอินพุตของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

เมื่อพิจารณาวงจรไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่ต่อวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วมดังรูปที่ 1(a) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอินพุต (I_B) และแรงดันอินพุต (V_{BE}) เมื่อแรงดันเอาต์พุต (V_{CE}) คงที่ เมื่อปรับแรงดันเอาต์พุต V_{CE} = 5 V และค่อยปรับแหล่งจ่ายอินพุต (V_{EE}) จะได้กราฟความสัมพันธ์ของ I_B และ V_{BE} ดังรูปที่3 ในทำนองเดียวกัน เมื่อเปลี่ยนค่า V_{CE} เป็น 20 V จะได้กราฟคุณลักษณะทางอินพุตที่ใกล้เคียงกัน จากกราฟคุณลักษณะทางอินพุตนี้ หากทราบค่า β ของทรานซิสเตอร์ จะสามารถหาค่ากระแสเอาต์พุตได้ เพราะว่าสามารถใช้ค่า I_B จากกราฟได้



รูปที่ 3 กราฟแสดง

คุณลักษณะทางอินพุตของทรานซิสเตอร์ NPN ต่อวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วม แสดงค่า I_B และ V_{BE} เมื่อ V_{CE} คงที

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 2	**เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

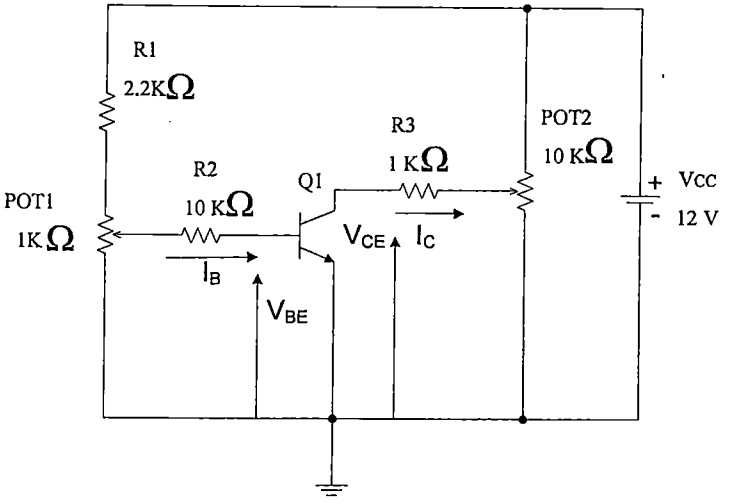
<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

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

<u>ลำดับขั้นการทดลอง</u>

1. คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

   1.1 จงประกอบวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 1

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์

การทดลองที่ 3	**เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

1.2 จากวงจรให้วัดค่ากระแสดังต่อไปนี้แล้วนำค่าที่วัดได้ใส่ลงในตารางที่ 1

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	0	0
0.5	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	10	0.007
0.5	10	2.85
1	10	2.87
2	10	2.91
3	10	2.95
4	10	2.99
5	10	3.02
6	10	3.06
7	10	3.10
8	10	3.14
9	10	3.17
10	10	3.21

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	50	0.075
0.5	50	14.5
1	50	14.6
2	50	14.7
3	50	14.9
4	50	15.1
5	50	15.3
6	50	15.5
7	50	15.7
8	50	15.9
9	50	16.1
10	50	16.3

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	100	0.176
0.5	100	27.3
1	100	27.5
2	100	27.9
3	100	28.3
4	100	28.6
5	100	29.0
6	100	29.3
7	100	29.7
8	100	30.1
9	100	30.4
10	100	30.8

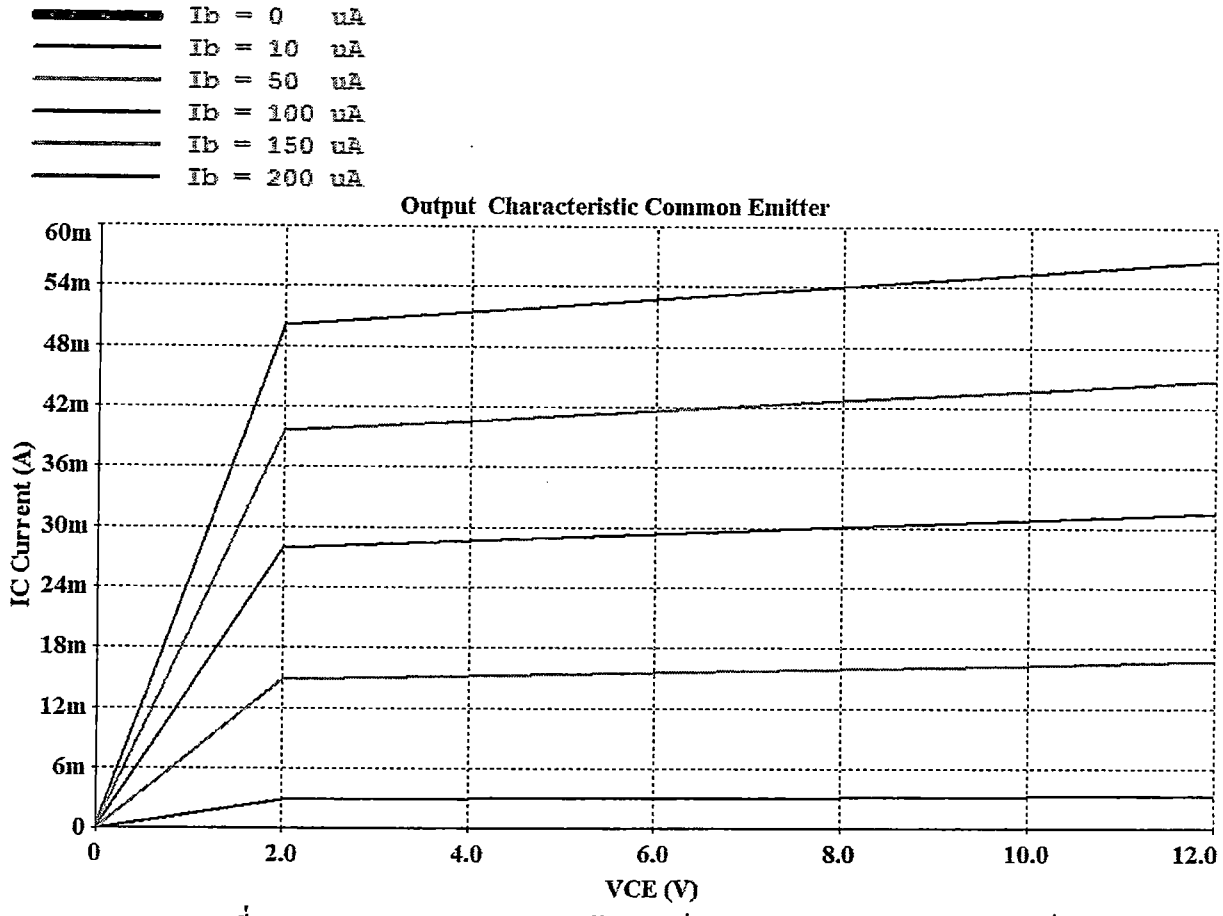
VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	150	0.279
0.5	150	38.8
1	150	39
2	150	39.6
3	150	40.1
4	150	40.6
5	150	41.1
6	150	41.6
7	150	42.1
8	150	42.7
9	150	43.2
10	150	43.7

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	200	0.378
0.5	200	49.2
1	200	49.5
2	200	50.1
3	200	50.8
4	200	51.5
5	200	52.1
6	200	52.8
7	200	53.4
8	200	54.1
9	200	54.7
10	200	55.4

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะทางด้านเอ้าท์พุทของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 2	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

1.3 ให้ใช้โปรแกรมพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ทางด้านเอาท์พุท จากหัวข้อ 1.2 ลงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 กราฟแสดงคุณลักษณะทางด้านเอาท์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 2	**เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

1.4 จากวงจรในรูปที่ 1 จงวัดค่ากระแสและแรงดันดังต่อไปนี้แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตารางที่ 3

VCE(V)	IB(uA)	VBE(V)
0	0	0
0	0.000004	0.1
0	0.000087	0.2
0	0.00179	0.3
0	0.0381	0.4
0	0.857	0.5
0	21.1	0.6
0	592	0.7
0	14100	0.8
0	83100	0.9

VCE(V)	IB(uA)	VBE(V)
4	0	0
4	0	0.1
4	0.000010	0.2
4	0.000146	0.3
4	0.00224	0.4
4	0.0401	0.5
4	0.987	0.6
4	28.4	0.7
4	296	0.8
4	1110	0.9

VCE(V)	IB(uA)	VBE(V)
8	0	0
8	0	0.1
8	0.000010	0.2
8	0.000146	0.3
8	0.00224	0.4
8	0.0404	0.5
8	0.986	0.6
8	28.2	0.7
8	286	0.8
8	1050	0.9

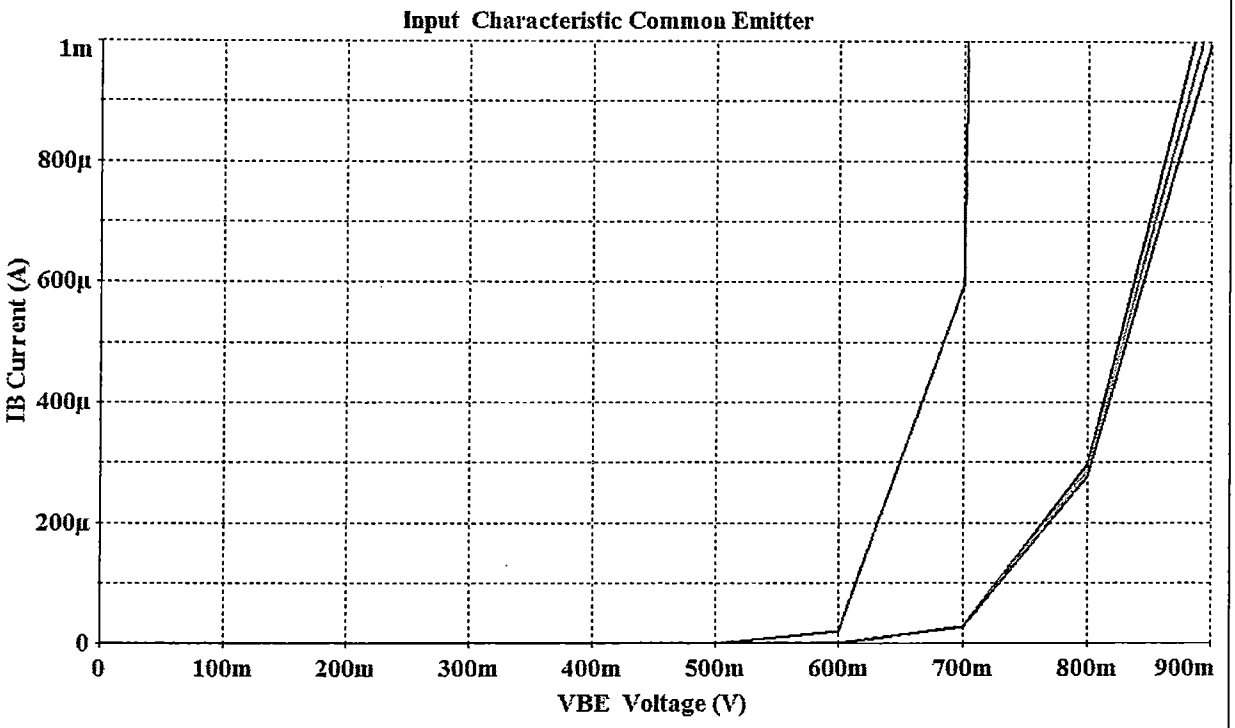
VCE(V)	IB(uA)	VBE(V)
12	0	0
12	0	0.1
12	0.000009	0.2
12	0.000146	0.3
12	0.00224	0.4
12	0.0404	0.5
12	0.986	0.6
12	28	0.7
12	276	0.8
12	996	0.9

ตารางที่ 4 แสดงคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 2	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

1.5 ให้ใช้โปรแกรมพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ทางด้านอินพุท จากหัวข้อ 1.4 ลงในตารางที่ 4

VCE = 0 V
VCE = 4 V
VCE = 8 V
VCE = 12 V



ตารางที่ 5 กราฟแสดงคุณสมบัติทางด้านอินพุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 2	**เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

1.6 จากผลการทดลองจงอธิบาย คุณสมบัติทางด้านอินพุทและเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ มาพอเข้าใจ

จากผลการทดลองหาคุณลักษณะทางอินพุท เมื่อแรงดัน V_{CE} มีค่าน้อย จะทำให้กระแส I_B ไหลเพิ่มมากขึ้น และแรงดันคร่อม V_{BE} จะมีค่าน้อยลง แต่ถ้า แรงดัน V_{CE} มีค่ามากขึ้น กระแส I_B ก็จะไหลมากขึ้น แต่แรงดัน V_{BE} ก็เพิ่มมากขึ้นด้วย

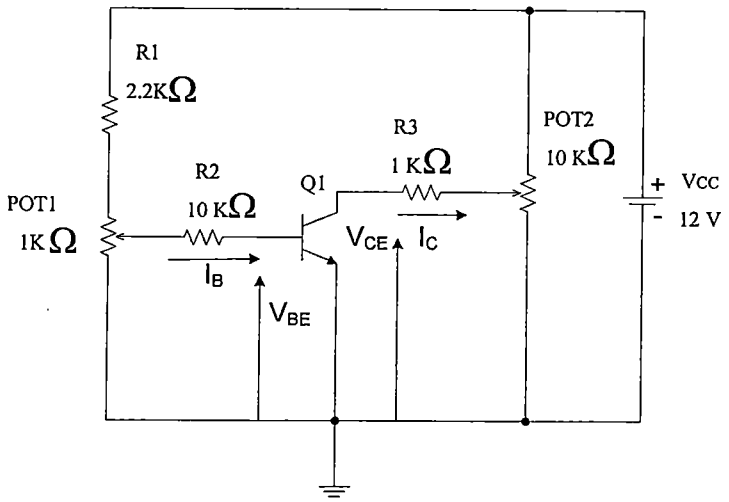
จากผลการทดลองหาคุณลักษณะทางด้านเอ้าท์พุท เมื่อกระแส I_B เป็นศูนย์ กระแส I_C ก็จะเป็น ศูนย์ด้วย เมื่อกระแส I_B เพิ่มขึ้น แรงดัน V_{CE} เพิ่มขึ้น กระแส I_C ก็เพิ่มขึ้นด้วย จึงสรุปได้ว่า กระแส I_C ไหลมากขึ้นตามกระแส I_B และแรงดัน V_{CE}

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 2	เรื่อง คุณสมบัติของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม	3 ชั่วโมง

แบบฝึกหัด

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 8 ข้อ เวลา 40 นาที

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่ 1

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่2	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม	3 ชั่วโมง

2. จากวงจรให้วัดค่ากระแสดังต่อไปนี้ แล้วนำค่าที่ได้บันทึกลงในตารางที่ 1

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	0	0
0.5	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	10	0.007
0.5	10	2.85
1	10	2.87
2	10	2.91
3	10	2.95
4	10	2.99
5	10	3.02
6	10	3.06
7	10	3.10
8	10	3.14
9	10	3.17
10	10	3.21

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	50	0.075
0.5	50	14.5
1	50	14.6
2	50	14.7
3	50	14.9
4	50	15.1
5	50	15.3
6	50	15.5
7	50	15.7
8	50	15.9
9	50	16.1
10	50	16.3

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	100	0.176
0.5	100	27.3
1	100	27.5
2	100	27.9
3	100	28.3
4	100	28.6
5	100	29.0
6	100	29.3
7	100	29.7
8	100	30.1
9	100	30.4
10	100	30.8

VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	150	0.279
0.5	150	38.8
1	150	39
2	150	39.6
3	150	40.1
4	150	40.6
5	150	41.1
6	150	41.6
7	150	42.1
8	150	42.7
9	150	43.2
10	150	43.7

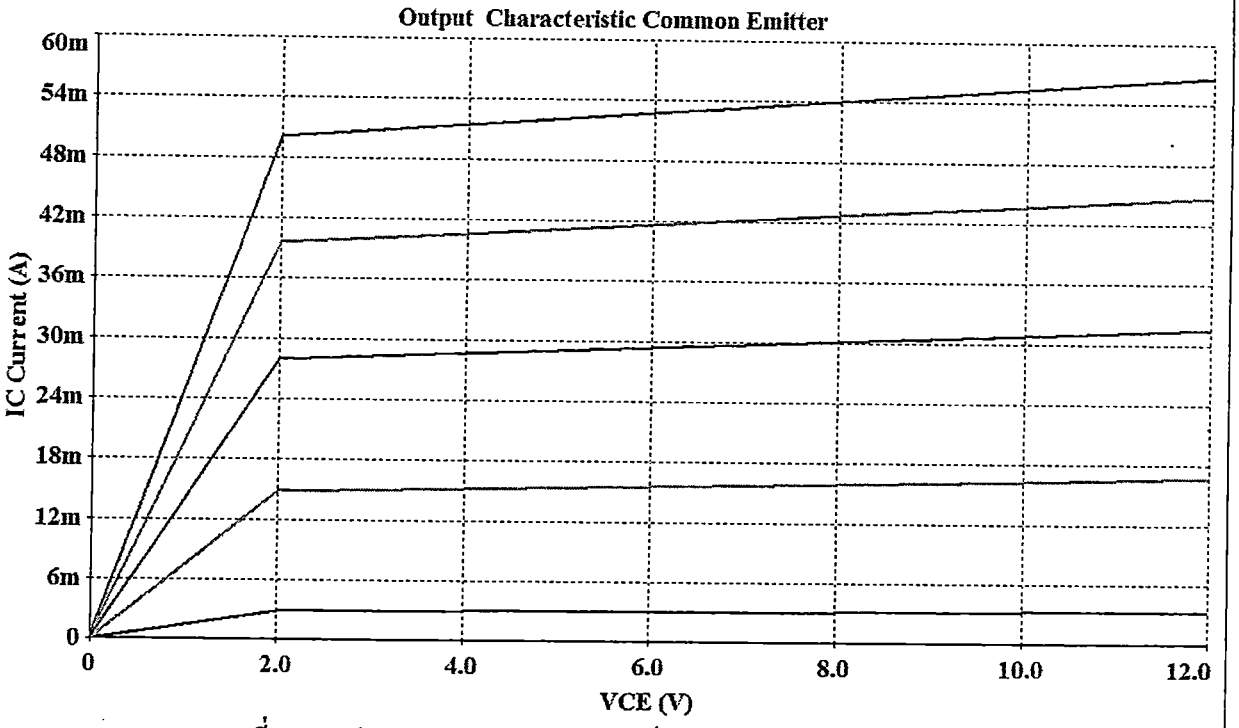
VCE(V)	IB(uA)	IC(mA)
0	200	0.378
0.5	200	49.2
1	200	49.5
2	200	50.1
3	200	50.8
4	200	51.5
5	200	52.1
6	200	52.8
7	200	53.4
8	200	54.1
9	200	54.7
10	200	55.4

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะทางด้านเอาท์พุทของวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ร่วม

หน่วยที่ 4 เรื่องคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม	2 ชั่วโมง

3. ให้ใช้โปรแกรมพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ทางด้านเอาท์พุท จากหัวข้อ 2 ลงในตารางที่ 2

Ib = 0 uA
Ib = 10 uA
Ib = 50 uA
Ib = 100 uA
Ib = 150 uA
Ib = 200 uA



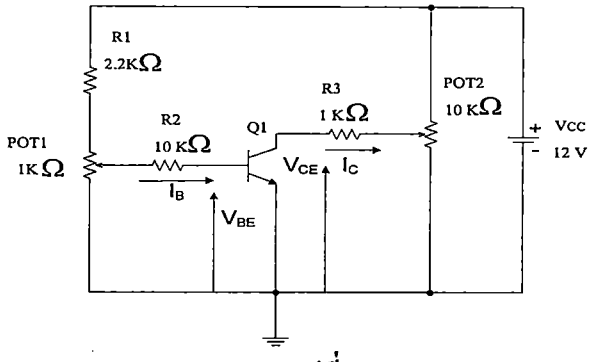
ตารางที่ 2 กราฟแสดงคุณลักษณะทางเอาท์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

4. จากผลการทดลอง จงอธิบายคุณสมบัติทางเอาท์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์มาพอเข้าใจ

จากผลการทดลองหาคุณลักษณะทางด้านเอ้าท์พุท เมื่อกระแส I_B เป็นศูนย์ กระแส I_C ก็จะเป็นศูนย์ด้วย เมื่อกระแส I_B เพิ่มขึ้น แรงดัน V_{CE} เพิ่มขึ้น กระแส I_C ก็เพิ่มขึ้นด้วย จึงสรุปได้ว่า กระแส I_C ไหลมากขึ้นตาม กระแส I_B และแรงดัน V_{CE}

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 2	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม	3 ชั่วโมง

5. ประกอบวงจรตามรูปที่ 2 ในโปรแกรม Schematic



รูปที่ 2

6. จากวงจรในรูปที่ 2 จงวัดค่ากระแสและแรงดันดังต่อไปนี้แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตารางที่ 3

V_{CE}(V)	I_B(uA)	V_{BE}(V)
0	0	0
0	0.000004	0.1
0	0.000087	0.2
0	0.00179	0.3
0	0.0381	0.4
0	0.857	0.5
0	21.1	0.6
0	592	0.7

V_{CE}(V)	I_B(uA)	V_{BE}(V)
4	0	0
4	0	0.1
4	0.000010	0.2
4	0.000146	0.3
4	0.00224	0.4
4	0.0401	0.5
4	0.987	0.6
4	28.4	0.7

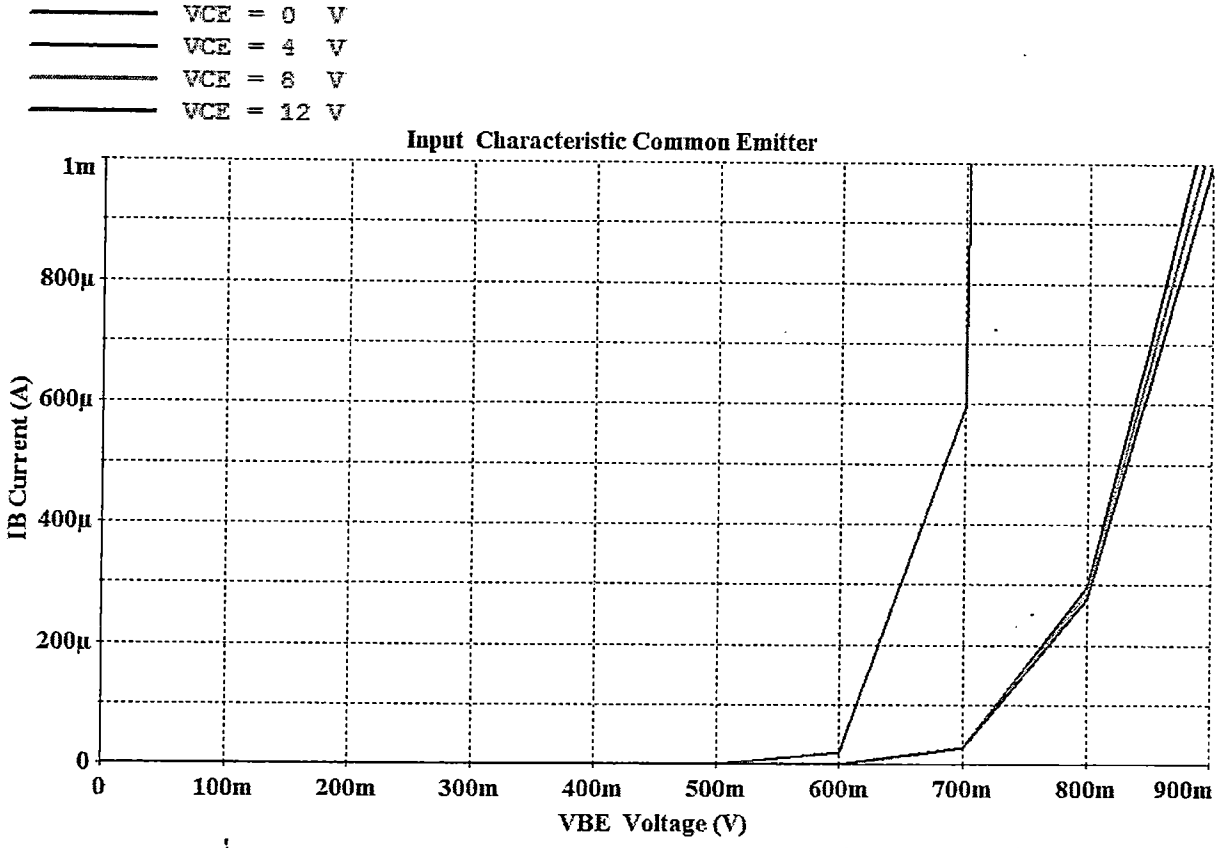
V_{CE}(V)	I_B(uA)	V_{BE}(V)
8	0	0
8	0	0.1
8	0.000010	0.2
8	0.000146	0.3
8	0.00224	0.4
8	0.0404	0.5
8	0.986	0.6
8	28.2	0.7

V_{CE}(V)	I_B(uA)	V_{BE}(V)
12	0	0
12	0	0.1
12	0.000009	0.2
12	0.000146	0.3
12	0.00224	0.4
12	0.0404	0.5
12	0.986	0.6
12	28	0.7

ตารางที่ 3 แสดงคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 1	เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม	3 ชั่วโมง

7. ให้ใช้โปรแกรมพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ทางด้านเอ้าท์พุท จากหัวข้อ 6 ลงในตารางที่ 4



ตารางที่ 4 กราฟแสดงคุณลักษณะทางอินพุตของทรานซิสเตอร์วงจรอิมิตเตอร์ร่วม

8. จากผลการทดลองจงอธิบาย คุณสมบัติทางด้านอินพุตของทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ มาพอเข้าใจ

จากผลการทดลองหาคุณลักษณะทางอินพุท เมื่อแรงดัน V_{CE} มีค่าน้อย จะทำให้กระแส I_B ไหลเพิ่มมากขึ้น และแรงดันคร่อม V_{BE} จะมีค่าน้อยลง แต่ถ้า แรงดัน V_{CE} มีค่ามากขึ้น กระแส I_B ก็จะค่อยๆ ไหลมากขึ้น แต่แรงดัน V_{BE} ก็เพิ่มมากขึ้นด้วย

แบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ

เรื่อง คุณสมบัติทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาระดับ ปวส. 2 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

<u>คำชี้แจง</u>โปรดใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
2.ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 รูปสัญญาณทีวัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.8 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
คะแนนรวมทั้งหมด	40			

เกณฑ์การให้คะแนน เรื่องคุณสมบัติทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

1.การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจร ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าในอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดเกินกว่า 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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

2. ผลงาน

2.1 ต่อวงจรถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไมเกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตผิดไม่เกิน 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 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.6 ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดเกิน 2 ค่า

2.8 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 ค่า

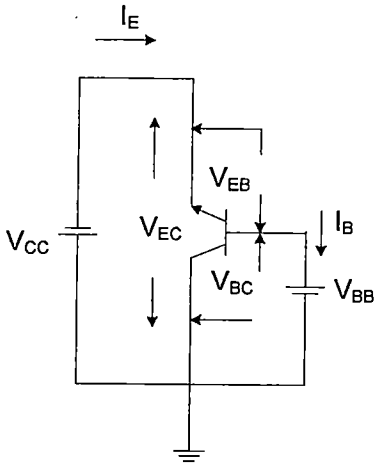
หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

1. จุดประสงค์

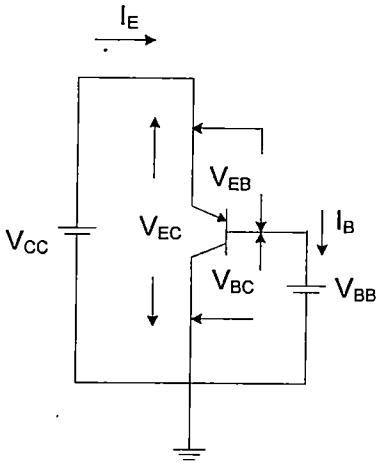
1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถประกอบวงจรทรานซิสเตอร์แบบคอลเล็กเตอร์ร่วมได้
2. เขียนกราฟแสดงคุณสมบัติทางอินพุทและเอาท์พุทของวงจรทรานซิสเตอร์แบบคอลเล็กเตอร์ร่วมได้
3. วัดหาค่าของกระแสและแรงดันที่จุดต่างๆ ในวงจรได้

2. ทฤษฎีพื้นฐาน

วงจรคอลเล็กเตอร์ร่วม (Common Collector หรือ CC) เป็นวงจรไบแอสทรานซิสเตอร์อีกวิธีหนึ่งที่ต่อคอลเล็กเตอร์ลงจุดดินของแหล่งจ่าย โดยมีเบสเป็นอินพุต และอิมิตเตอร์เป็นเอาต์พุต สำหรับวงจรของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ดังรูปที่ 1(a) และสำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ดังรูปที่ 1(b) จะเห็นว่ากระแสอินพุตของวงจร CC คือกระแส I_B กระแสเอาต์พุตของวงจร CC คือ กระแส I_E แรงดันอินพุตของวงจรคือ V_{CB} และแรงดันเอาต์พุตของวงจรคือ V_{CE}



(a) NPN



(b) PNP

รูปที่ 1 วงจรไบแอสทรานซิสเตอร์แบบคอลเล็กเตอร์ร่วม

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 จะพบว่า สภาวะของแรงดันของวงจรคือ

$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

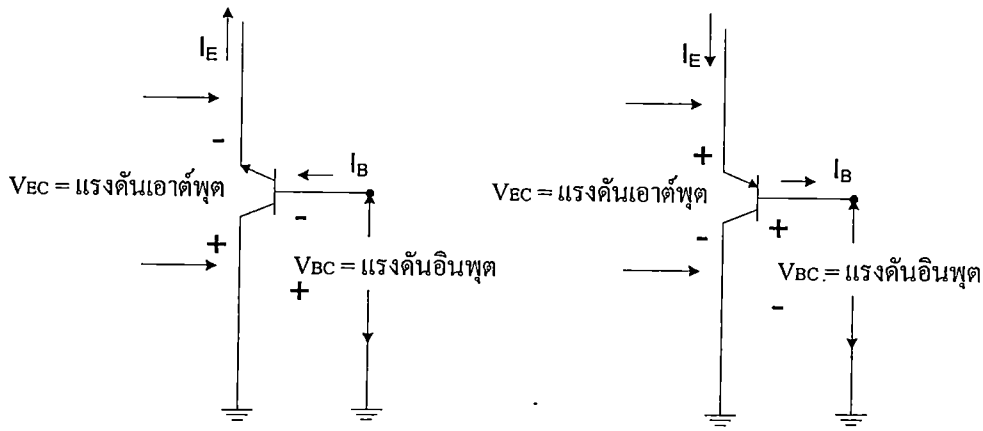
$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$$

อย่างไรก็ตาม ถ้า $V_{CE} = V_{CC}$ และ $V_{CB} = V_{BB}$

จะได้ว่า $V_{BB} = V_{CC} - V_{BE}$ แต่ $V_{BE} = 0.7$ V

ดังนั้น $V_{BB} = V_{CB} = V_{CC} - 0.7$ V

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

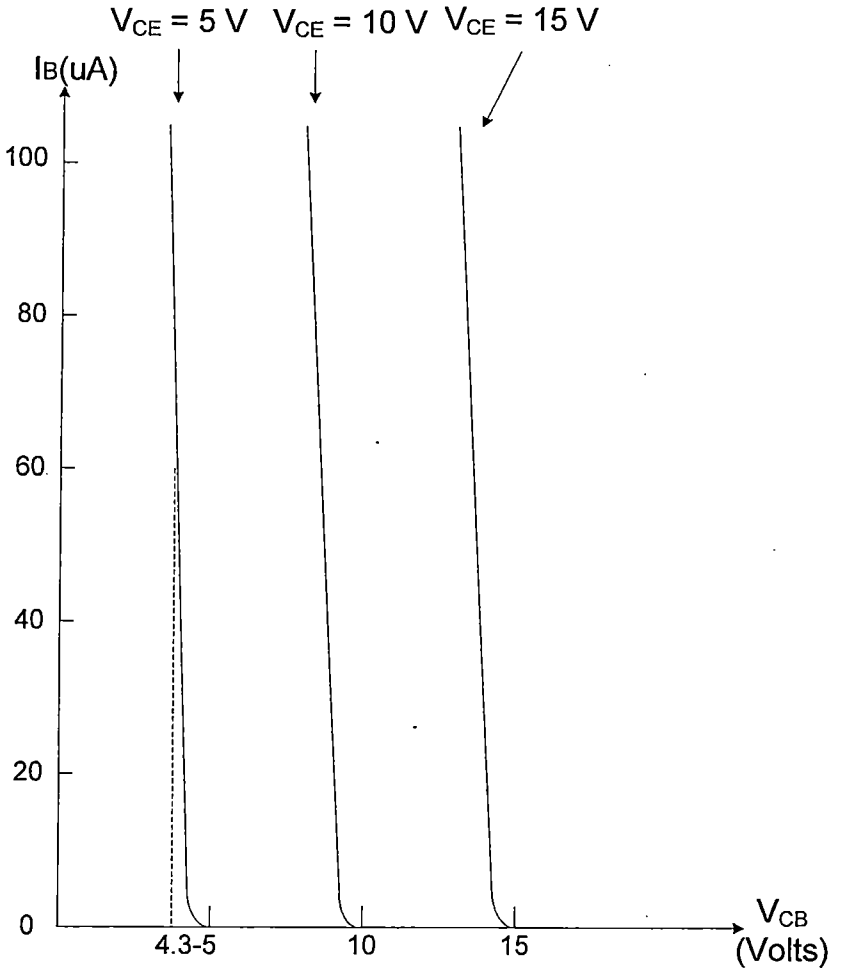


รูปที่ 2 แสดงแรงดันและกระแสอินพุต-เอาต์พุตของวงจรคอลเล็กเตอร์ร่วม

คุณลักษณะทางอินพุตของวงจรคอลเล็กเตอร์ร่วม

เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ของกระแสอินพุต (I_B) กับแรงดันอินพุต (V_{CB}) เมื่อแรงดันเอาต์พุต (V_{CE}) มีค่าคงที่ สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เมื่อทดลองหาคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรคอลเล็กเตอร์ร่วม เมื่อ V_{CE} คงที่ที่ 5 V 10 V และ 15 V แสดงเส้นกราฟในรูปที่ 3

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง



รูปที่ 3 กราฟแสดงคุณลักษณะทางอินพุตของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เมื่อต่อวงจรคอลเล็กเตอร์ร่วม แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_B กับ V_{CB} เมื่อ V_{CE} คงที่

จากกราฟรูปที่ 3 นี้จะใช้หาค่าแรงดัน V_{BE} ได้ เมื่อทราบค่าของ V_{CB} และ V_{CE} เพราะว่า $V_{BE} = V_{CE} - V_{CB}$ เช่น จากกราฟ $V_{CB} = 4.3$ V และ $V_{CE} = 5$ V นั่นคือ $V_{BE} = 5V - 4.3$ V $= 0.7$ V เป็นต้น

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

คุณลักษณะทางเอาต์พุตของวงจรคอลเล็กเตอร์ร่วม

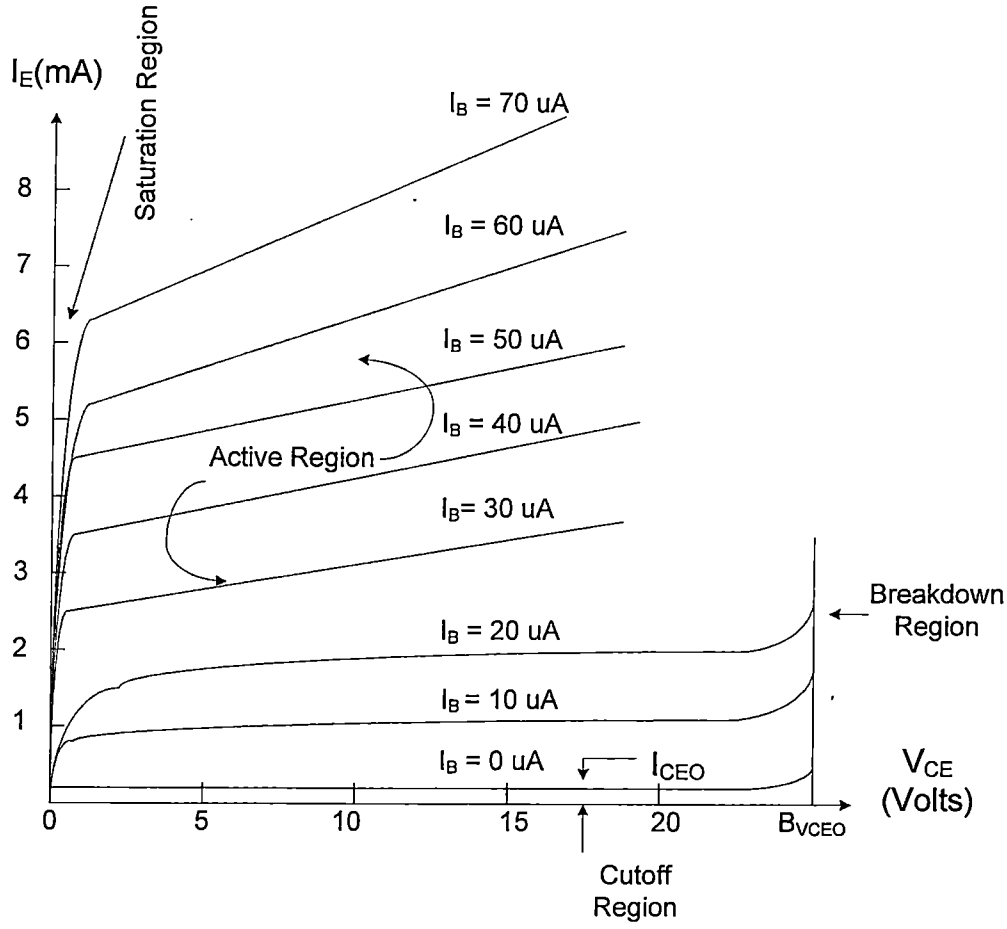
คือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเอาต์พุต (I_E) กับแรงดันเอาต์พุต (V_{CE}) กระแสอินพุต (I_B) มีค่าคงที่จากการทดลองกับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เมื่อควบคุมค่า I_B ให้คงที่ที่ 0 uA 10 uA 20uA .... 70 uA ตามลำดับ และค่อยๆ ปรับแรงดันเอาต์พุต (V_{CE}) ตั้งแต่ 0V ถึง 20 V จะได้ค่ากระแส I_C ที่เพิ่มขึ้น เมื่อละทิ้งค่ากระแสรั่วไหลทางเอาต์พุตคือ I_{CEO} จะได้ว่า

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_E = \beta I_B + I_B$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B$$



รูปที่ 4 กราฟคุณลักษณะทางเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เมื่อต่อวงจรคอลเล็กเตอร์ร่วมแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_E กับ V_{CE} เมื่อ I_B คงที่

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

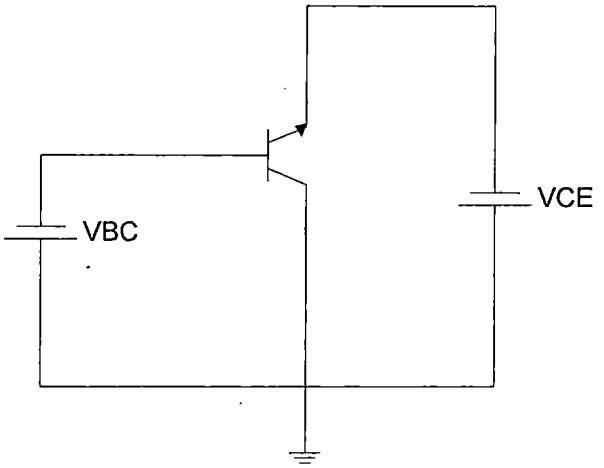
เครื่องมือและอุปกรณ์

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

ลำดับขั้นการทดลอง

คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

1. จงประกอบวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนคอลเล็กเตอร์ ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่1

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

2. จากวงจรให้กำหนดค่าแรงดัน V_{CE} และแรงดัน V_{CB} ดังต่อไปนี้ ให้วัดหาค่ากระแส I_B แล้วใส่ค่าลงในตารางที่ 1

V_{CE}(V)	V_{CB}(V)	I_B(mA)
5	3.1	195
5	3.5	92.7
5	3.6	72.5
5	3.8	39.1
5	4	0.24
5	4.2	0.0401
5	4.4	0.0058
5	4.6	0.0002
5	4.8	0
5	5	0

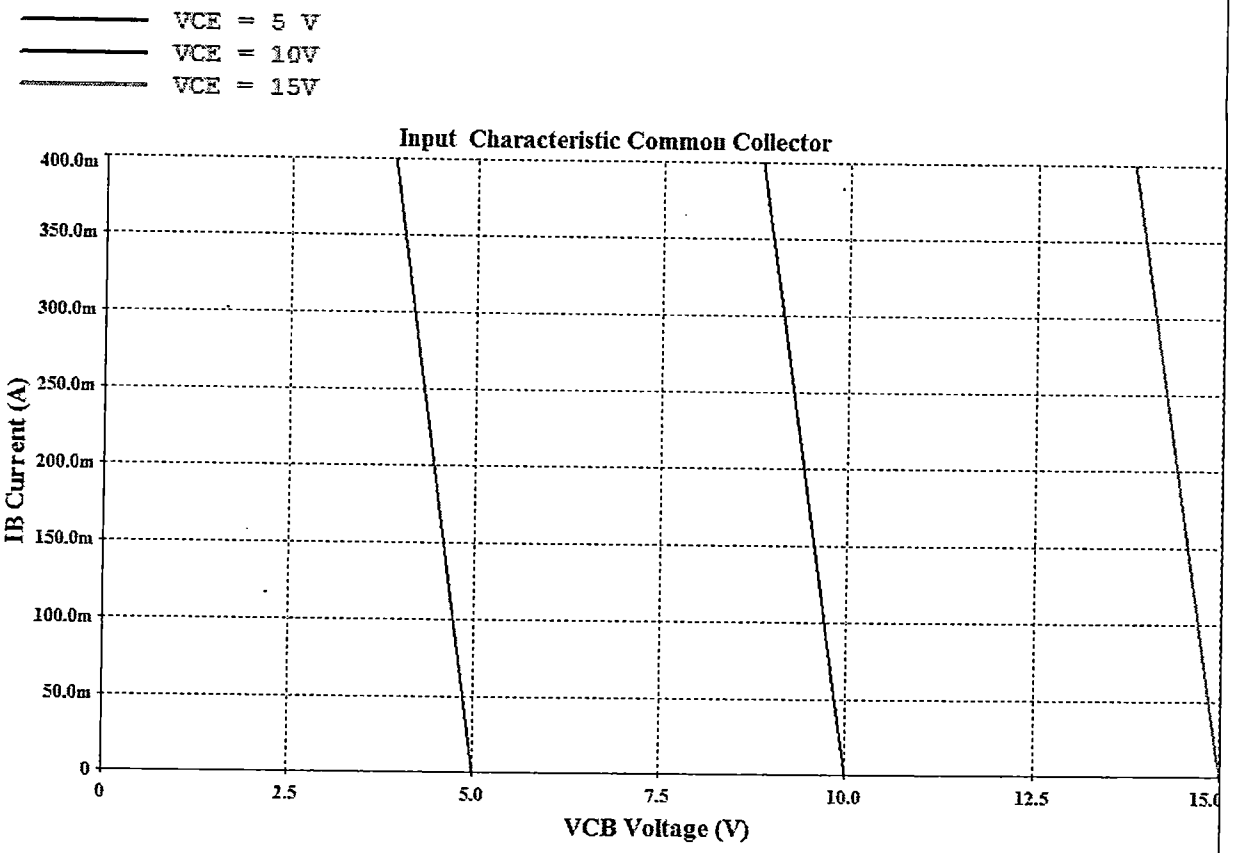
V_{CE}(V)	V_{CB}(V)	I_B(mA)
10	8.2	161
10	8.5	90
10	8.6	70.4
10	8.8	38
10	9	15.2
10	9.2	2.43
10	9.3	0.239
10	9.4	0.0058
10	9.5	0.000120
10	10	0

V_{CE}(V)	V_{CB}(V)	I_B(mA)
15	12.5	380
15	12.8	274
15	13	212
15	13.5	87.4
15	13.8	37
15	14	14.8
15	14.2	2.39
15	14.3	0.238
15	14.4	0.00586
15	15	0

ตารางที่1

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

3.ให้ใช้โปรแกรมพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนคอลเล็คเตอร์ทางด้านอินพุต จากหัวข้อ 2 ลงในตารางที่ 2



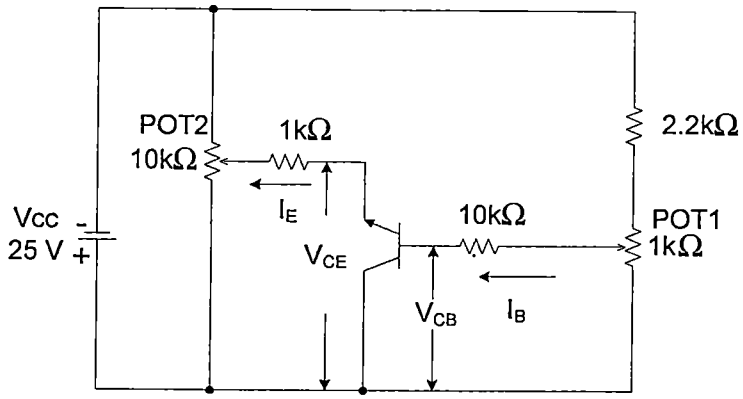
ตารางที่ 2 กราฟแสดงคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรคอมมอนคอลเล็คเตอร์

3. จากผลการทดลอง จงอธิบายคุณสมบัติทางอินพุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์มาพอเข้าใจ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเราปรับค่าแรงดัน V_{CB} น้อยกว่าแรงดัน V_{CE} ที่กำหนด จะทำให้กระแส I_B หรือกระแสอินพุตมีค่าสูงสุด แต่เมื่อเราเพิ่มค่าแรงดัน V_{CB} เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงค่าถึงค่าแรงดัน V_{CE} ที่กำหนด จะเห็นได้ว่า กระแสอินพุตจะลดลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึง 0 uA ที่แรงดัน V_{CB} เท่ากับ แรงดัน V_{CE}

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

4. ประกอบวงจรตามรูปที่ 2 ในโปรแกรม Schematic



รูปที่ 2

5. จากวงจรในรูปที่ 2 จงวัดค่ากระแสและแรงดันดังต่อไปนี้แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตารางที่ 3

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	0	0
10	0	0
15	0	0
20	0	0

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	10	1.261
10	10	1.29
15	10	1.316
20	10	1.346

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	20	2.522
10	20	2.578
15	20	2.633
20	20	2.679

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	30	3.782
10	30	3.865
15	30	3.949
20	30	4.032

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	40	5.04
10	40	5.151
15	40	5.262
20	40	5.3755

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	50	6.295
10	50	6.434
15	50	6.573
20	50	6.711

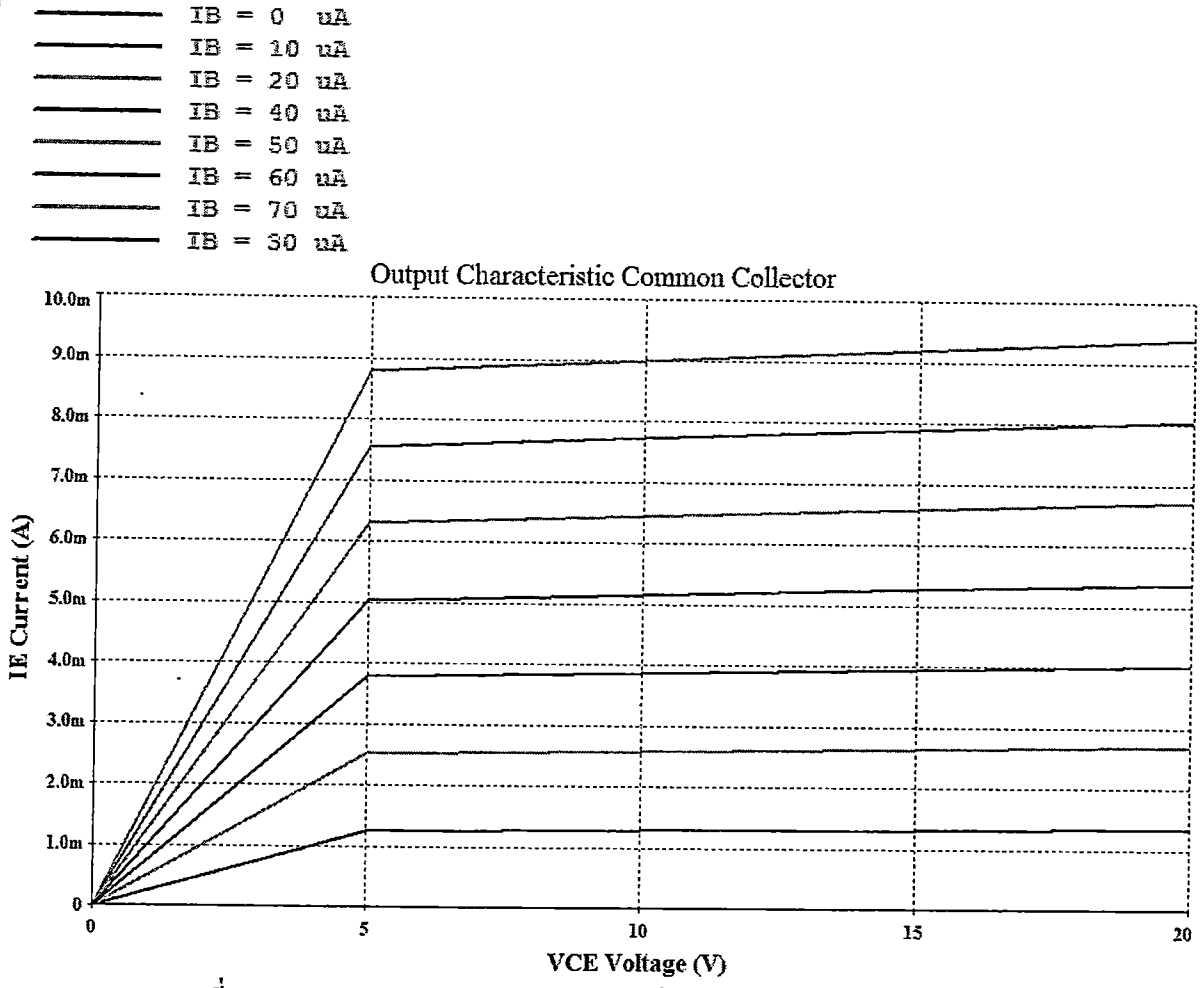
V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	60	7.549
10	60	7.715
15	60	7.882
20	60	8.05

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	70	8.8
10	70	8.994
15	70	9.18
20	70	9.383

ตารางที่ 3 แสดงคุณลักษณะทางเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

7. ให้ใช้โปรแกรมพล๊อททกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนคอลเล็คเตอร์ทางด้านเอาต์พุต จากหัวข้อ 6 ลงในตารางที่ 4



ตารางที่ 4 กราฟแสดงคุณลักษณะทางด้านเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

8. จากผลการทดลองจงอธิบาย คุณสมบัติทางด้านเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์คอมมอนคอลเล็กเตอร์มาพอเข้าใจ

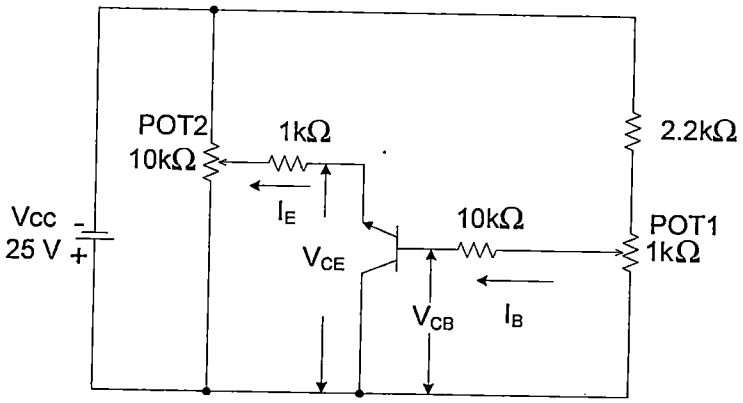
จากการทดลองกับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เมื่อควบคุมค่า I_B ให้คงที่ที่ 0 uA 10uA uA... 70 uA ตามลำดับและค่อย ปรับแรงดันเอาต์พุต V_{CE} ตั้งแต่ 0 V ถึง 20 V จะได้กระแส I_C ที่เพิ่มขึ้น

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

แบบฝึกหัด

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 8 ข้อ เวลา 40 นาที

1. จงประกอบวงจรทรานซิสเตอร์คอมมอนคอลเล็กเตอร์ ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่1

2. .จากวงจรให้วัดหาค่ากระแสดังต่อไปนี้แล้วใส่ค่าลงในตารางที่ 1

V_{CE}(V)	V_{CB}(V)	I_B(mA)
5	3.1	195
5	3.5	92.7
5	3.6	72.5
5	3.8	39.1
5	4	0.24
5	4.2	0.0401
5	4.4	0.00586
5	4.6	0.0000026
5	4.8	0
5	5	0

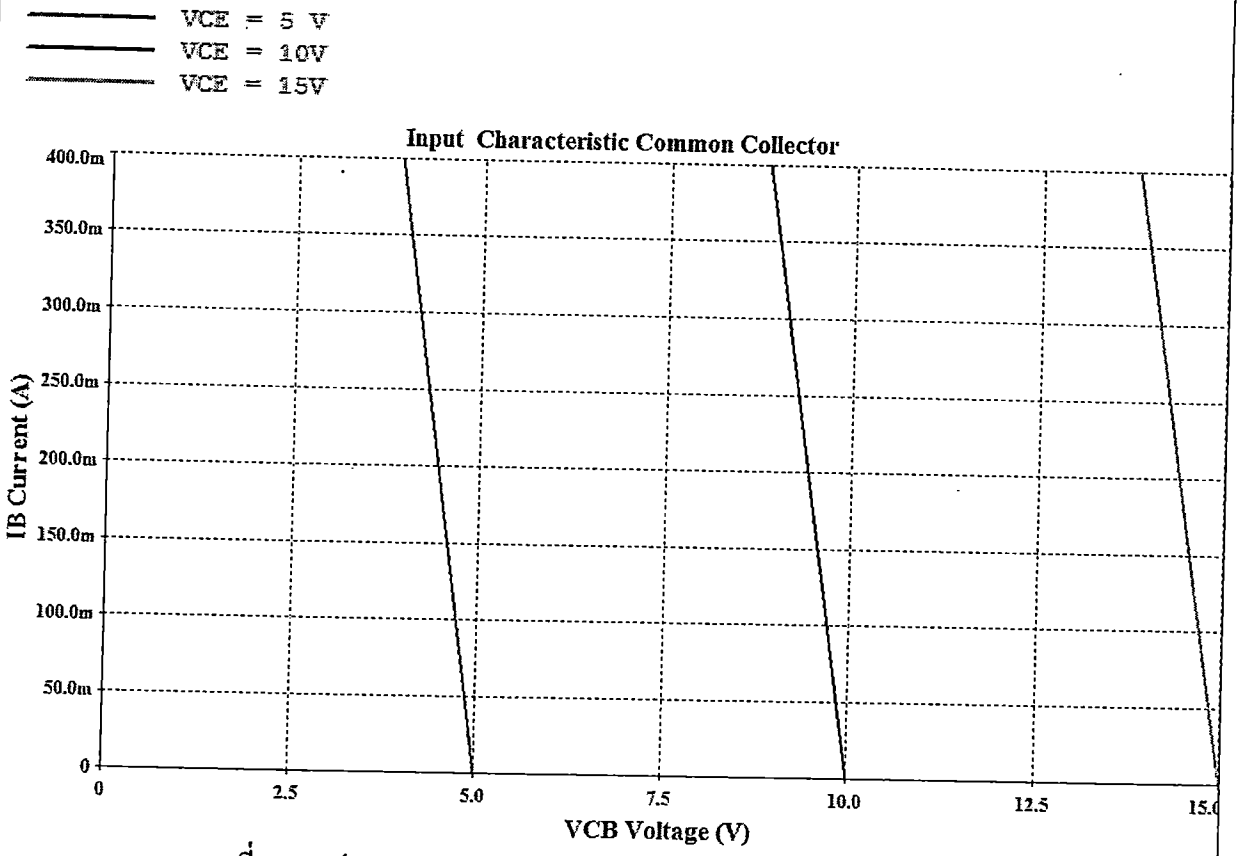
V_{CE}(V)	V_{CB}(V)	I_B(mA)
10	8.2	161
10	8.5	90
10	8.6	70.4
10	8.8	38
10	9	15.2
10	9.2	2.43
10	9.3	0.239
10	9.4	0.00586
10	9.5	0.00012
10	10	0

V_{CE}(V)	V_{CB}(V)	I_B(mA)
15	12.5	380
15	12.8	274
15	13	212
15	13.5	87.4
15	13.8	37
15	14	14.8
15	14.2	2.39
15	14.3	0.238
15	14.4	0.00586
15	15	0

ตารางที่1

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

3. ให้ใช้โปรแกรมพล๊อทกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนคอลเล็คเตอร์ทางด้านอินพุต จากหัวข้อ 2 ลงในตารางที่ 2



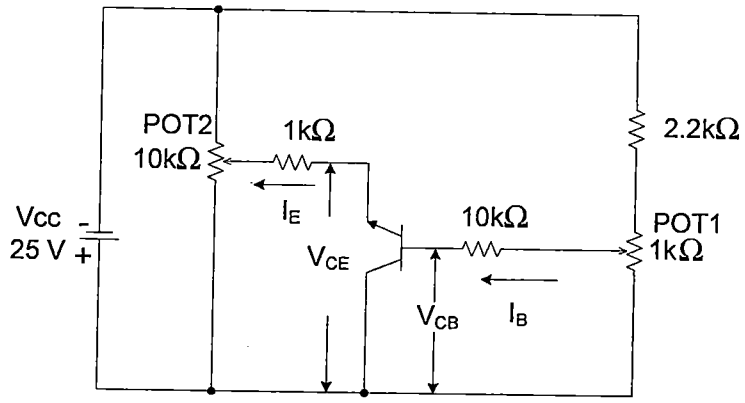
ตารางที่ 2 กราฟแสดงคุณลักษณะทางอินพุตของวงจรคอมมอนคอลเล็คเตอร์

4. จากผลการทดลอง จงอธิบายคุณสมบัติทางอินพุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์มาพอเข้าใจ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเราปรับค่าแรงดัน V_{CB} น้อยกว่าแรงดัน V_{CE} ที่กำหนด จะทำให้กระแส I_B หรือกระแสอินพุตมีค่าสูงสุด แต่เมื่อเราเพิ่มค่าแรงดัน V_{CB} เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงค่าถึงค่าแรงดัน V_{CE} ที่กำหนด จะเห็นได้ว่า กระแสอินพุตจะลดลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึง 0 uA ที่แรงดัน V_{CB} เท่ากับแรงดัน V_{CE}

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

5. ประกอบวงจรตามรูปที่ 2 ในโปรแกรม Schematic



รูปที่ 2

6. จากวงจรในรูปที่ 2 จงวัดค่ากระแสและแรงดันดังต่อไปนี้แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงในตารางที่ 3

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	0	0
10	0	0
15	0	0
20	0	0

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	10	1.261
10	10	1.29
15	10	1.316
20	10	1.346

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	20	2.522
10	20	2.578
15	20	2.633
20	20	2.679

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	30	3.782
10	30	3.865
15	30	3.949
20	30	4.032

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	40	5.04
10	40	5.151
15	40	5.262
20	40	5.3755

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	50	6.295
10	50	6.434
15	50	6.573
20	50	6.711

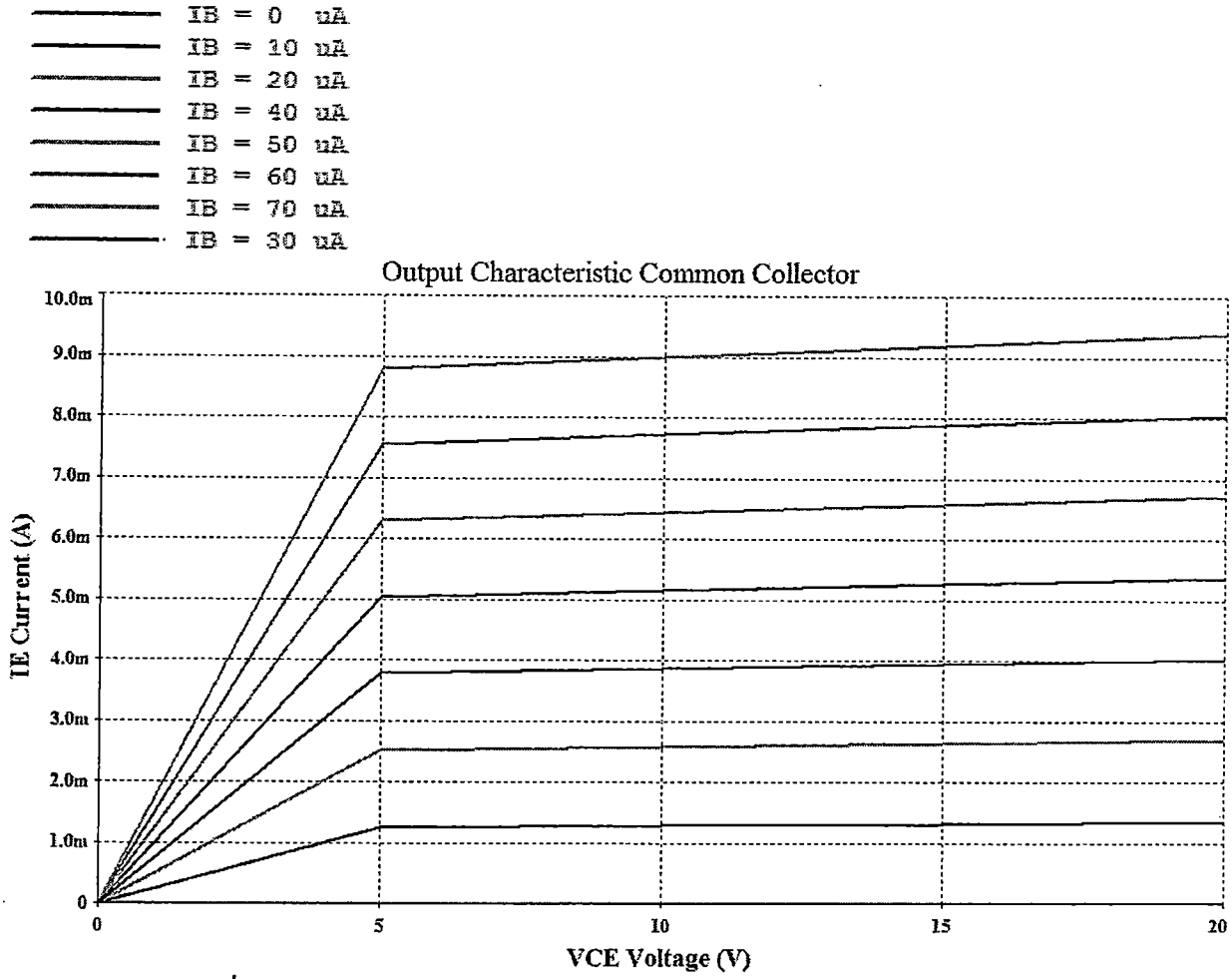
V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	60	7.549
10	60	7.715
15	60	7.882
20	60	8.05

V_{CE}(V)	I_B(uA)	I_E(mA)
5	70	8.8
10	70	8.994
15	70	9.18
20	70	9.383

ตารางที่ 3 แสดงคุณลักษณะทางเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

หน่วยที่ 4 เรื่อง คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์		
การทดลองที่ 3	เรื่อง คุณลักษณะทางอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

7. ให้ใช้โปรแกรมพล๊อททกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์วงจรคอมมอนคอลเล็คเตอร์ทางด้านเอาต์พุต จากหัวข้อ 6 ลงในตารางที่ 4



ตารางที่ 4 กราฟแสดงคุณลักษณะทางด้านเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

8. จากผลการทดลองจงอธิบาย คุณสมบัติทางด้านเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์คอมมอนคอลเล็กเตอร์ มาพอเข้าใจ

จากการทดลองกับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เมื่อควบคุมค่า I_B ให้คงที่ที่ 0 uA 10uA uA... 70 uA ตามลำดับและค่อย ปรับแรงดันเอาต์พุต V_{CE} ตั้งแต่ 0 V ถึง 20 V จะได้กระแส I_C ที่เพิ่มขึ้น เมื่อละทิ้ง กระแสรั่วไหล ทางด้านเอ้าท์พุทแล้ว จะได้ว่า $I_C = \beta I_B$ และ $I_E = (\beta+1)I_B$

แบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ

เรื่อง คุณสมบัติทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาระดับ ปวส. 2 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

คำชี้แจงโปรดใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
2.ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 รูปสัญญาณทีวัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.8 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
คะแนนรวมทั้งหมด	40			

เกณฑ์การให้คะแนน เรื่องคุณสมบัติทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรเบสร่วม

1.การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจร ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าในอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดเกินกว่า 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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

2. ผลงาน

2.1 ต่อวงจรถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไมเกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตผิดไม่เกิน 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 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.6 ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดเกิน 2 ค่า

2.8 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 ค่า

หน่วยที่ 4 เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 1	เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม	3 ชั่วโมง

1. จุดประสงค์

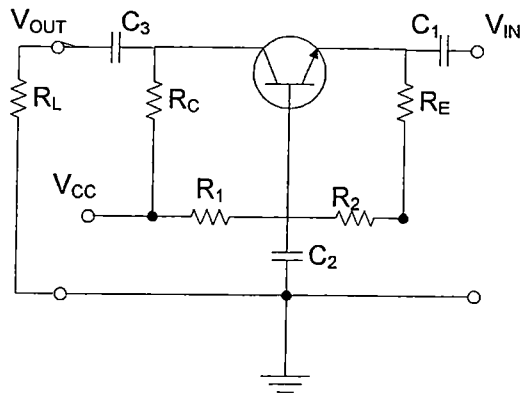
3 เพื่อให้นักศึกษาสามารถประกอบวงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบเบสร่วมได้

4 เขียนกราฟแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวงจรขยายแบบเบสร่วมได้

5 วัดหาค่าของกระแสและแรงดันที่จุดต่างๆ ในวงจรได้

2. ทฤษฎีพื้นฐาน

วงจรขยายแบบเบสร่วมนิยมใช้กันน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม และวงจรขยายคอลเล็กเตอร์ร่วม เนื่องจากวงจรขยายเบสร่วมมีอัตราขยายกระแสต่ำมาก และมีความต้านทานอินพุตและเอาต์พุตต่ำมาก แต่วงจรขยายเบสร่วมยังใช้กันมากในงานเกี่ยวกับวงจรขยายย่านความถี่สูง ลักษณะของวงจรเบสร่วม ดังรูปที่1 โดยมีตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ C1 ต่อทางอินพุต และ C2 ต่อทางเอาต์พุต



รูปที่ 1 วงจรขยายเบสร่วมไบแอสด้วยวิธีแบ่งแรงดัน

อัตราขยายแรงดัน อัตราขยายแรงดันของวงจรขยายแบบเบสร่วม

$$AV = \frac{R_C}{re}$$

$$re = \frac{25mV}{I_E}$$

ความต้านทานอินพุต ความต้านทานอินพุตของวงจรเบสร่วมจะพิจารณาทางด้านอินพุตอิมิตเตอร์ได้ว่า

$$Rin(emitter) = re$$

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 1	**เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม**	**3 ชั่วโมง**

ความต้านทานเอาต์พุต ความต้านทานเอาต์พุตของวงจรขยายเบสร่วม พิจารณาทางด้านวงจรคอลเล็กเตอร์ นั่นคือ rc ขนานกับ R_C แต่เนื่องจาก rc มีค่ามากกว่า R_C มากๆ ดังนั้นโดยประมาณแล้วความ ต้านทานเอาต์พุตคือ

$$Rout = R_C$$

อัตราขยายกระแส อัตราขยายกระแส หมายถึง อัตราส่วนระหว่างกระแสเอาต์พุตกับกระแสอินพุต และ Ie คือ กระแสอินพุต และ I_C คือกระแสเอาต์พุต สำหรับวงจรขยายเบสร่วม ค่า $I_C = Ie$ ดังนั้นอัตราขยายกระแสมีค่าประมาณ 1

$$Ai = 1$$

อัตราขยายกำลัง เนื่องจากวงจรขยายเบสร่วมมีอัตราขยายกระแสประมาณ 1 ดังนั้นผลคูณของอัตราขยายกระแสกับอัตราขยายแรงดันจะมีค่าเท่ากับ

$$Ap = Av$$

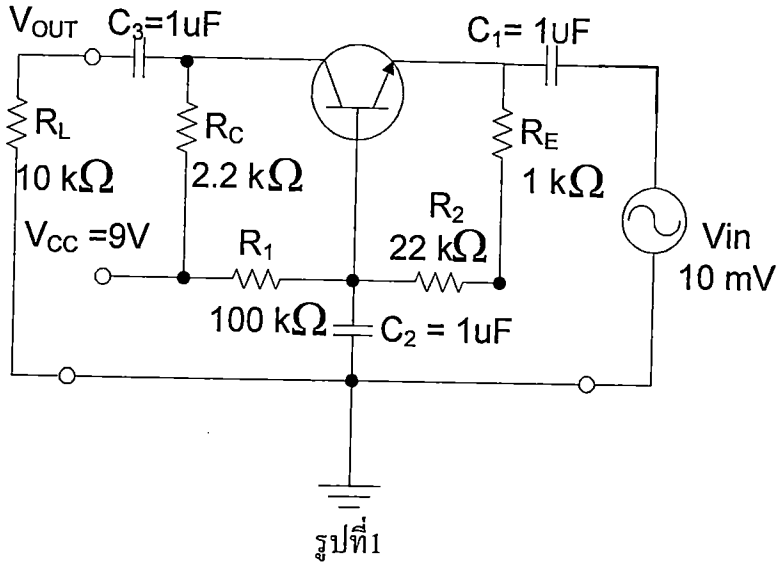
หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 1	เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม	3 ชั่วโมง

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

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

<u>ลำดับขั้นการทดลอง</u>

1. ประกอบวงจรทรานซิสเตอร์ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่1

2. จากวงจรให้ใช้เครื่องมือมัลติมิเตอร์ ในโปรแกรม Simulate วัดค่ากระแสและแรงดันดังต่อไปนี้

กระแส I_B = 7.20 μA

กระแส I_C = 720 μA

กระแส I_E = 727 μA

แรงดัน V_{BE} = -0.765 V.

แรงดัน V_{CE} = 6.688 V.

แรงดัน V_B = 1.493 V.

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 1	เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม	3 ชั่วโมง

แรงดัน V_C = 7.416 V.

แรงดัน V_E = 0.727 V.

3. จากวงจรให้คำนวณค่ากระแสและแรงดันดันดังต่อไปนี้

แรงดัน V_B = 1.44 V.

กระแส I_E = 0.74 mA

แรงดัน V_E = 0.74 V.

4. คำนวณหาค่าความต้านทานทางด้านอินพุทและเอาต์พุตของวงจร

Rin = 33.78 Ω

Rout = 1.8 $k\Omega$

5. คำนวณหาอัตราขยายแรงดัน อัตราขยายกระแส อัตราขยายกำลัง

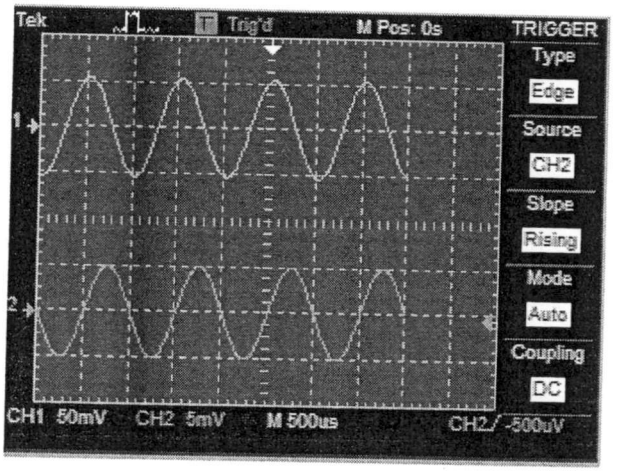
Ai = 1

AV = 53.28

Ap = 53.28

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 1	เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม	3 ชั่วโมง

6. ให้ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2

7. จากรูปสัญญาณที่วัดได้

V_{IN} = 10 mV.

V_{OUT} = 100 mV.

8. จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้

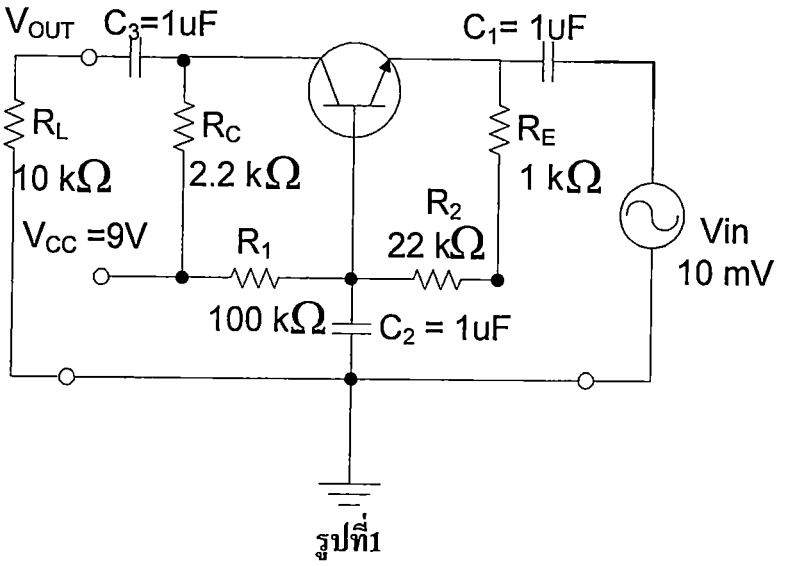
จากผลการทดลอง เรื่องวงจรขยายคอมมอนเบส จะสังเกตเห็นว่ารูปร่างของสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทจะมีเฟสเหมือนกัน แต่สัญญาณเอ้าท์พุทจะมีขนาดใหญ่กว่าสัญญาณทางอินพุท จึงสรุปได้ว่าวงจรขยายคอมมอนเบส สัญญาณทางอินพุทและเอาท์พุทจะมีเฟสตรงกัน วงจรขยายคอมอมเบสนี้จะไม่ขยายกระแสเพราะอัตราขยายกระแสมีค่าเท่ากับ 1 แต่จะขยายเฉพาะแรงดัน ดังนั้นอัตราขยายกำลัง จึงมีค่าเท่ากับอัตราขยายแรงดัน

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 1	เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม	3 ชั่วโมง

<u>แบบฝึกหัด</u>

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบมีทั้งหมด 8 ข้อ 10 คะแนน

1. ประกอบวงจรทรานซิสเตอร์ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่1

2. จากวงจรให้วัดค่ากระแสและแรงดันดันโดยใช้เครื่องมือจากโปรแกรม Simulate วัดค่า ดังต่อไปนี้

กระแส I_B = 7.20 μA

กระแส I_C = 720 μA

กระแส I_E = 727 μA

แรงดัน V_{BE} = -0.765 V.

แรงดัน V_{CE} = 6.688 V.

แรงดัน V_B = 1.493 V.

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 1	เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม	3 ชั่วโมง

แรงดัน V_C = 7.416 V.

แรงดัน V_E = 0.727 V.

3. จากวงจรให้คำนวณค่ากระแสและแรงดันดันดังต่อไปนี้

แรงดัน V_B = 1.44 V.

กระแส I_E = 0.74 mA

แรงดัน V_E = 0.74 V.

4. คำนวณหาค่าความต้านทานทางด้านอินพุทและเอาต์พุตของวงจร

Rin = 33.78 Ω

Rout = 1.8 kΩ

5. คำนวณหาอัตราขยายแรงดัน อัตราขยายกระแส อัตราขยายกำลัง

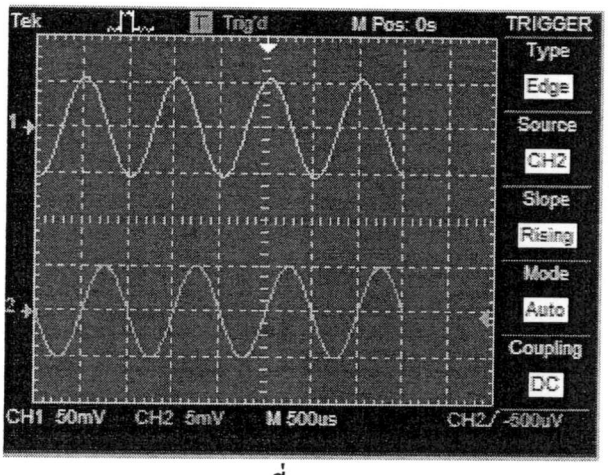
Ai = 1

AV = 53.28

Ap = 53.28

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 1	เรื่อง วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาเบสร่วม	3 ชั่วโมง

6. ให้ใช้เครื่องมือ Oscilloscobe ในโปรแกรม Simulateวัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2

7. จากรูปสัญญาณที่วัดได้

V_{IN} = 10 mV.

V_{OUT} = 100 mV.

8. จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้

จากผลการทดลอง เรื่องวงจรขยายคอมมอนเบส จะสังเกตเห็นว่ารูปร่างของสัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทจะมีเฟสเหมือนกัน แต่สัญญาณเอ้าท์พุทจะมีขนาดใหญ่กว่าสัญญาณทางอินพุท จึงสรุปได้ว่าวงจรขยายคอมมอนเบส สัญญาณทางอินพุทและเอาท์พุทจะมีเฟสตรงกัน วงจรขยายคอมอมเบสนี้จะไม่ขยายกระแสเพราะอัตราขยายกระแสมีค่าเท่ากับ 1 แต่จะขยายเฉพาะแรงดัน ดังนั้นอัตราขยายกำลัง จึงมีค่าเท่ากับอัตราขยายแรงดัน

แบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ

เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรขยายคอมมอนเบส

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาระดับ ปวส. 2 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

คำชี้แจงโปรดใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
2.ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 รูปสัญญาณทีวัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.8 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
คะแนนรวมทั้งหมด	40			

เกณฑ์การให้คะแนน เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กวงจรคอมมอนเบส

1.การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจร ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าในอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดเกินกว่า 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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

2. ผลงาน

2.1 ต่อวงจรถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไมเกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตผิดไม่เกิน 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 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.6 ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดเกิน 2 ค่า

2.8 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 ค่า

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

1. จุดประสงค์
   1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถประกอบวงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบอิมิตเตอร์ร่วมได้
   2. เขียนกราฟแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์ร่วมได้
   3. วัดหาค่าของกระแสและแรงดันที่จุดต่างๆ ในวงจรได้

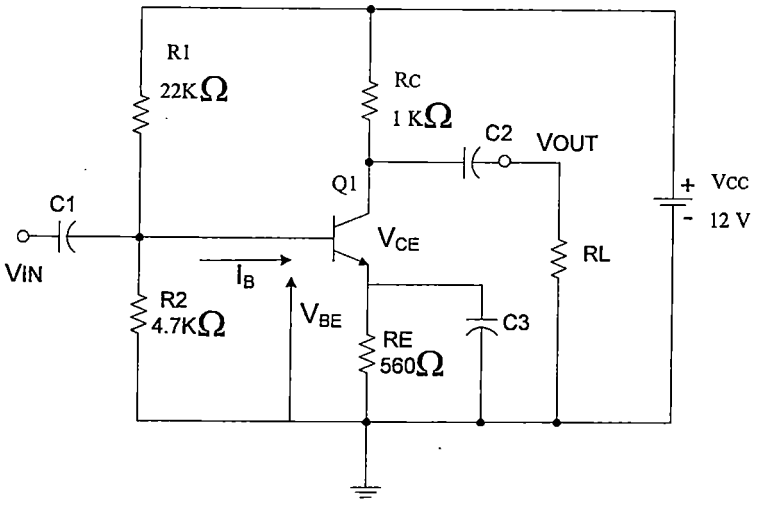
2. ทฤษฎีพื้นฐาน

จากวงจรขยายที่แสดงในรูปที่ 1 คือวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม ซึ่งมีการไบแอสด้วยวีแบ่งแรงดัน มีตัวเก็บประจุเชื่อมต่ออินพุต คือ C_1 และเอาต์พุตคือ C_2 มีตัวเก็บประจุบายพาสส์คือ C_3 ต่ออยู่ระหว่างอิมิตเตอร์กับจุดดิน วงจรดังกล่าวนี้ทำงานผสมกันระหว่างสัญญาณไฟสลับและไฟตรง

การวิเคราะห์ไฟตรง วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมในรูปที่ 1 เมื่อวงเคราะห์ไฟตรงจะต้องเปิดวงจรของตัวเก็บประจุทุกตัวออกจากวงจร ดังนั้นวงจรขยายดังกล่าวเมื่อวิเคราะห์ไฟตรงจะมีวงจรเปลี่ยนแปลงไปดังรูปที่ 1(b)

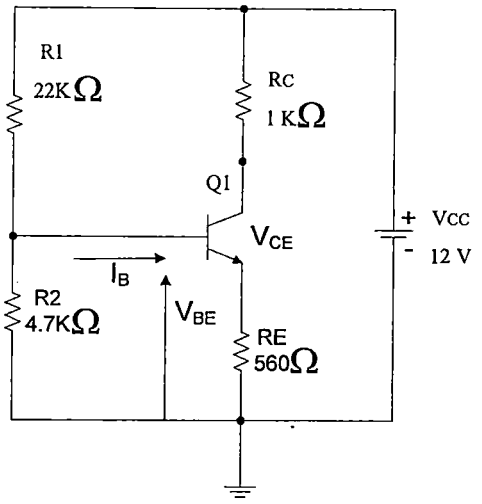
$\beta_{dc} = 150$

$\beta_{ac} = 160$



(a) วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง



(b) วงจรวิเคราะห์ไฟตรงของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

รูปที่ 1

จากวงจรในรูปที่ 1(a) และ (b)

$$R(inbase)=\beta dc R_E$$

เนื่องจาก Rin(base) มีค่ามากกว่า R2 มากกว่า 10 เท่า ดังนั้นอาจละทิ้งได้ในการคำนวณหาค่า แรงดันเบส

$$V_B = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) V_{CC}$$

$$V_E = V_B\text{-}0.7$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

โดยประมาณค่า $I_C = I_E$ ดังนั้น

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

ดังนั้น

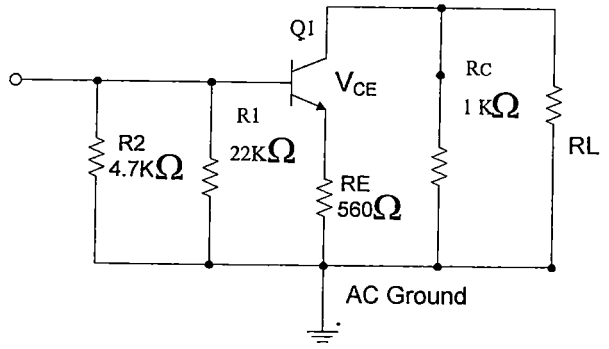
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

วงจรสมมูลไฟสลับ เมื่อวิเคราะห์การทำงานของสัญญาณไฟสลับ สำหรับวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม ดังรูปที่ 1(a) ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 จะทำงานในสภาวะลัดวงจร นั่นคือ $X_C = 0$ ที่ความถี่ใด ๆ ของสัญญาณไฟสลับอินพุต สำหรับ C_3 ก็เช่นกัน

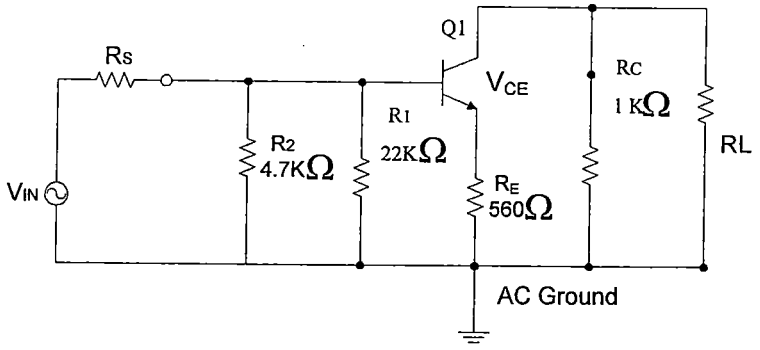
หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

แหล่งจ่ายไฟตรงที่ไบแอสวงจรถูกประมาณว่าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันที่มีความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายเป็น 0 โอห์ม ดังนั้นจึงไม่มีแรงดันไฟสลับตกคร่อมระหว่างขั้วทั้งสองของแหล่งจ่ายอย่างไรก็ตาม ขั้ว V_{CC} ของแหล่งจ่ายคือ จุดแรงดัน 0 V จะถูกเรียกว่าจุดดินของไฟสลับ

ดังนั้นวงจรสมมูลไฟสลับของวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมจะแสดงได้ดังในรูปที่ 2(a) และ 2(b) จะเห็นว่า R_C และ R_1 ต่อร่วมกันบนจุดดินของไฟสลับ เพราะว่าในวงจรจริง รูปที่ 1 R_C และ R_1 ต่อกับกับ V_{CC} (V_{CC} คือ AC Ground ในการวิเคราะห์ไฟสลับ)



(a)



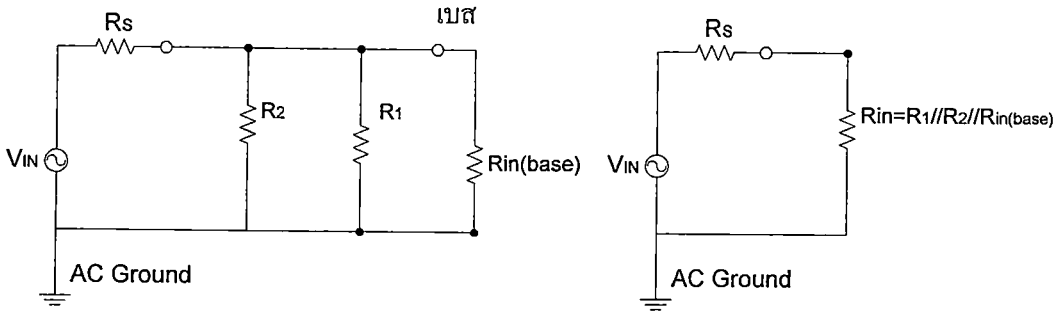
(b)

รูปที่ 2 วงจรสมมูลไฟสลับของวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม

สัญญาณแรงดันไฟสลับที่เบส จากวงจรในรูปที่ 2(b) แหล่งจ่ายไฟสลับอินพุต คือ V_{IN} เนื่องจากความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายไฟสลับไม่เท่ากับศูนย์ จึงมีองค์ประกอบในการคำนวณหาค่าแรงดันที่เบส 3 ตัวคือ ความต้านทานของแหล่งจ่ายไฟ (R_S) ความต้านทานไบแอส (R_1 และ R_2) และความต้านทานอินพุตของเบส($R_{in(base)}$) ดังรูปที่3 (a) วงจรดังกล่าวสามารถดัดแปลงได้ ดังรูปที่ 3 (b) เมื่อกำหนดให้ Rin เท่ากับ R1 ขนาน กับ R2 ขนานกับ Rin(base) จากวงจรสามารถหาค่าแรงดันที่เบส (Vb) ได้ว่า

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

$$\mathbf{Vb} = \left(\frac{Rin}{R_S + Rin}\right) Vin$$



(a) **(b)**

รูปที่ 3 วงจรสมมูลไฟสลับที่เบสของวงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบขาอิมิตเตอร์ร่วม

ความต้านทานอินพุต เมื่อจะหาค่าความต้านทานอินพุตของวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม จะต้องมองความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายในของแหล่งจ่าย และความต้านทานที่เบสของทรานซิสเตอร์ ถ้าใช้พารามิเตอร์ – อาร์ ซึ่งแสดงโมเดลของทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 4 จะเห็นว่า R_E และ R_C ต่ออยู่ โดยไม่พิจารณา C_3 ได้ว่า

$$\text{Rin(base)} = \text{Vb/Ib}$$

$$\text{Vb} = \text{Ie}(re+R_E)$$

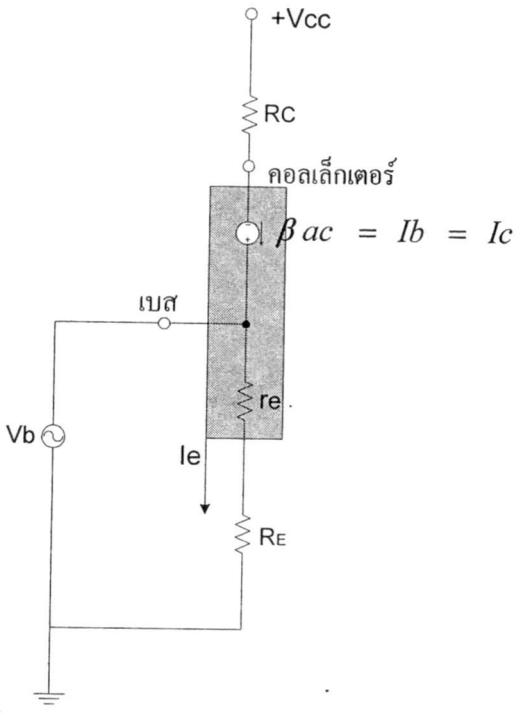
$$\text{Ib} = \text{Ie}/\beta ac$$

$$\text{Rin(base)} = \beta ac(re+R_E)$$

ความต้านทานรวมเมื่อพิจารณา R_S และ R_1 R_2 และ Rin(base) คือ

$$\text{Rin} = R_1//R_2//\text{Rin(base)}$$

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง



รูปที่ 4 แสดงทรานซิสเตอร์โมเดลแบบพารามิเตอร์-อาร์

ความต้านทานเอาต์พุต เมื่อปลดโหลดออกจากวงจร ความต้านทานเอาต์พุตของวงจรขยายมองเข้าทางคอลเล็กเตอร์ จะมีค่าโดยประมาณเท่ากับค่าความต้านทานที่คอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์

$$Rout = R_C$$

ในความเป็นจริง $Rout = R_C//r_c$ แต่ความต้านทาน r_c จะมีค่ามากกว่า R_C มาก ดังนั้นจึงประมาณค่า Rout ได้เท่ากับ R_C

อัตราขยายแรงดัน สมการหาอัตราขยายสัญญาณแรงดันไฟสลับหาได้จากวงจรสมมูลในรูปที่ 5 เมื่อไม่มีโหลดต่ออยู่ที่คอลเล็กเตอร์ของวงจรขยาย อัตราขยายคือ อัตราส่วนระหว่างแรงดันเอาต์พุต (Vc)กับแรงดันอินพุตที่เบส (Vb) ดังนั้น

$$AV = Vc/Vb$$

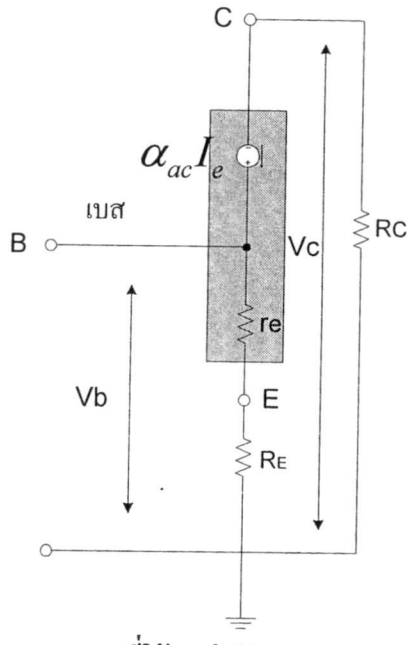
จากรูปที่ 5 เมื่อ $Vc = \alpha acIeRc = IeRc$ และ $Vb = Ie(re+R_E)$ ดังนั้น

$$AV = RC/(re+R_E)$$

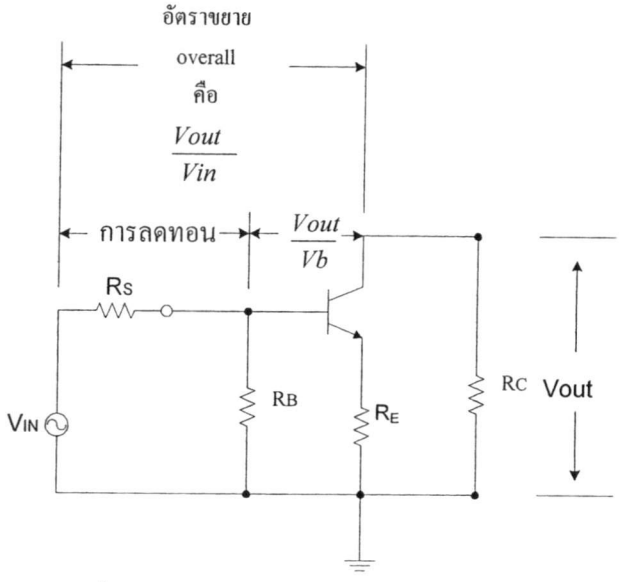
จากสมการอัตราขยายแรงดันหาได้จากเบสกับคอลเล็กเตอร์ ในความเป็นจริง จะเกิดจากการลดทอนสัญญาณ Vin เรียกว่า Attenuation ดังรูปที่ 6 ดังนั้นจะเห็นว่าอัตราการขยายแรงดัน Overall หมายถึงอัตราส่วนระหว่างสัญญาณเอาต์พุต (Vout) กับสัญญาณอินพุต (Vin) สมมติว่าในรูปที่ 6 สัญญาณ Vin = **10**

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

mV แต่ปรากฏว่าแรงดัน Vb = 5 mV ดังนั้นเกิดการลดทอนที่ Rs = 5mV/10mV = 0.5 และถ้าอัตราขยายแรงดันระหว่างเบสกับคอลเล็กเตอร์เท่ากับ 20 แรงดันเอาต์พุต Vout = 5mV X 20 = 100 mV และอัตราขยาย Overall = 100mV/10mV = 10 ซึ่งจะเท่ากับอัตราขยายลดทอนคือ (0.5X20 =10) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 วงจรสมมูลที่ใช้หาค่าอัตราขยายแรงดัน



รูปที่ 6 วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมแสดงอัตราขยาย Overall และการลดทอนของสัญญาณอินพุต

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

จากวงจรในรูปที่ 6 จะได้ว่า

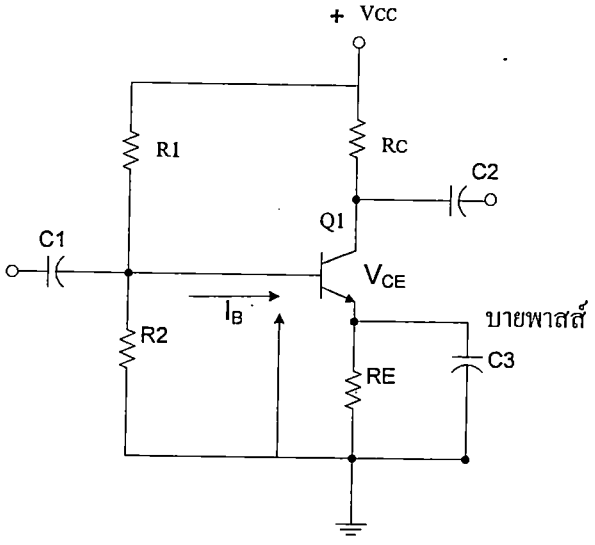
$$\frac{Vb}{Vin} = \frac{Rin}{Rs + Rin}$$

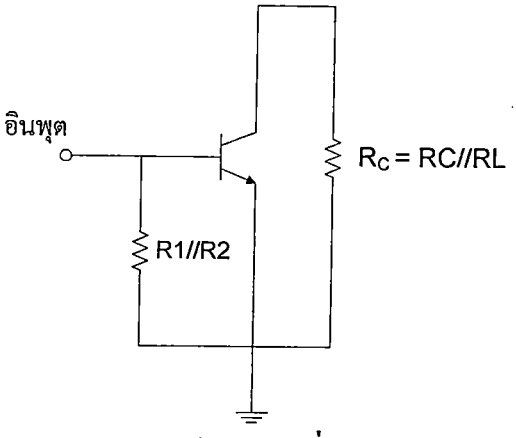
อัตราขยาย Overall คือ $A'v$ หาได้จาก Av คูณกับ $\frac{Vb}{Vin}$

$$A'v = \text{Av}\,(\frac{Vb}{Vin})$$

ตัวเก็บประจุบายพาสส์เพิ่มอัตราขยาย เมื่อต่อตัวเก็บประจุบายพาสส์ขนานกับ R_E ดังรูปที่ 7 (a) ผล คือในสภาวะชั่วขณะเมื่อทรานซิสเตอร์เริ่มต้นทำงาน จะเปรียบเหมือนขาอิมิตเตอร์ถูกต่อลงดิน ดังรูปที่ 7(b) ต้องเลือกตัวเก็บประจุ XC น้อยกว่าค่าRE มากๆ ดังนั้นค่าอัตราขยายของวงจรเมื่อมีตัวเก็บประจุบายพาสส์ จึงมีค่าดังสมการ

$$\text{Av} = \frac{Rc}{re}$$





(a) วงจรขยายที่ต่อตัวเก็บประจุบายพาสส์(C_3) **(b) วงจรสมมูลไฟสลับ เมื่อ $X_{C3} = 0$**

รูปที่ 7 แสดงตัวเก็บประจุบายพาสส์ที่มีอิมิตเตอร์ร่วมของวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม

ผลของโหลดไฟสลับต่ออัตราขยายแรงดัน เมื่อต่อโหลด R_L เข้าทางเอาต์พุตของวงจรขยาย โดยผ่านตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ C_2 ดังรูปที่ 8 (a) ความต้านทานคอลเล็กเตอร์ที่ความถี่ไฟสลับใด ๆ คือ R_C ขนานกับ R_L (จำไว้ว่าวงจรสมมูลไฟสลับ V_{CC} คือจุดดินไฟสลับ) ดังนั้น R_C จึงมีค่าเท่ากับ RC//R_L ดังรูปที่ 8 (b)

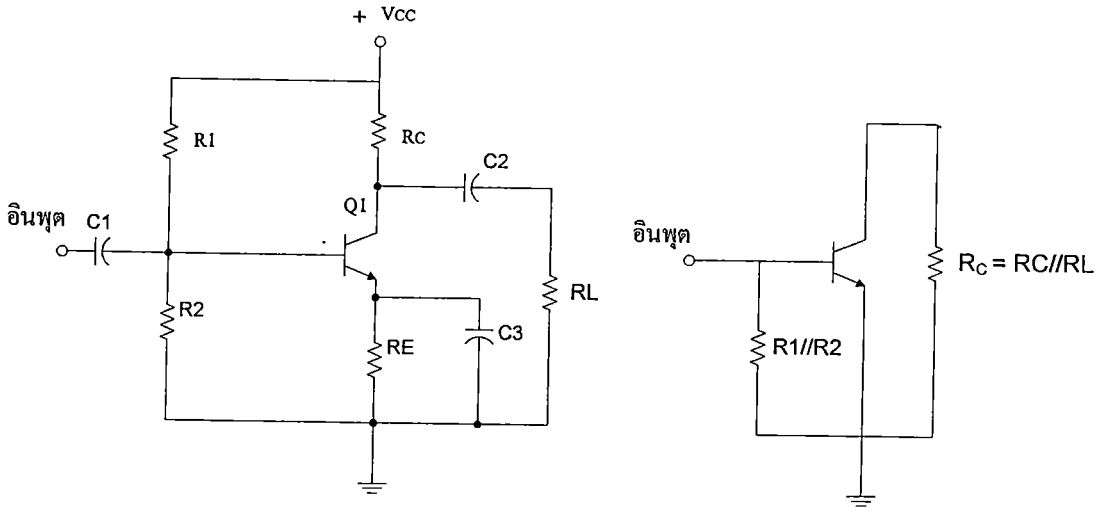
$$\text{R}_\text{C} = \frac{RCR_L}{RC + R_L}$$

แทนค่า R_C ด้วย Rc ในสมการของ AV

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

$$AV = \frac{R_c}{re}$$

เมื่อ Rc < R_C อัตราขยายแรงดันจะลดลง เพราะว่า RL>> R_C และเมื่อ Rc = R_C ความต้านทานโหลดจะมีผลน้อยมากต่ออัตราขยายแรงดันของวงจร



(a) วงจรขยาย **(b) วงจรสมมูลไฟสลับเมื่อ $X_{C2} = 0$**

รูปที่ 8 วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม เมื่อต่อตัวเก็บประจุเชื่อมต่อระหว่างโหลดกับเอาต์พุต

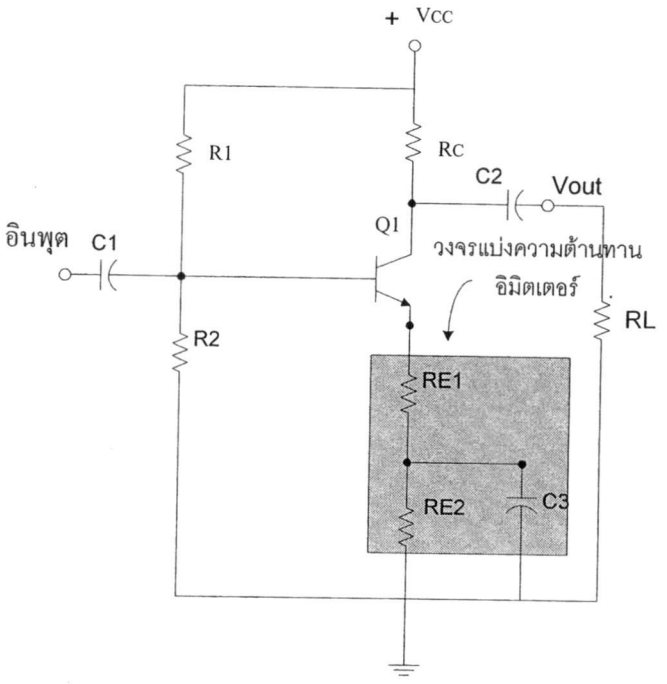
เสถียรภาพของอัตราการขยายแรงดัน ความต้านทานภายในอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายคือ reซึ่งมีค่าแปรผันตามอุณหภูมิ อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก Av = (Rc/re) ดังนั้น Av จึงแปรผันไปตามอุณหภูมิด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการควบคุมเสถียรภาพของอัตราขยายแรงดัน โดยใช้เทคนิคการแบ่งความต้านทาน R_E ออกเป็น 2 ตัว ดังรูปที่ 9 และต่อตัวเก็บประจุบายพาสส์ขนานกับ R_{E2} ดังนั้น อัตราขยายแรงดันของวงจรนี้คือ

$$Av = R_C/(re+R_{EI})$$

ถ้า R_{EI} >> re ดังนั้น $Av = R_C/R_{EI}$

ค่าความต้านทานรวมที่อิมิตเตอร์คือ RE1 + RE2 สำหรับพิจารณาสัญญาณไฟตรง แต่ในวงจรที่ใช้สัญญาณไฟสลับจะพิจารณาเฉพาะ RE! เท่านั้น

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง



รูปที่ 9 การควบคุมเสถียรภาพของวงจรขยายด้วยการแบ่งความต้านทานอิมิตเตอร์

การกลับเฟส สำหรับวงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบอิมิตเตอร์ร่วม สัญญาณแรงดันเอาต์พุตจะกลับเฟสกับสัญญาณแรงดันอินพุต 180° ซึ่งเครื่องหมายแสดงการกลับเฟสของแรงดันคือ เครื่องหมายลบที่อยู่หน้าของอัตราขยาย คือ -Av

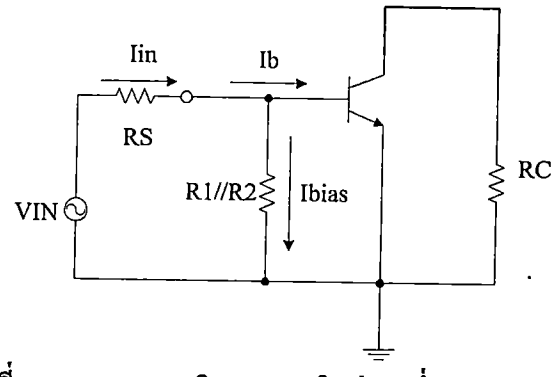
อัตราขยายกระแส อัตราขยายกระแสจากเบสไปยังคอลเล็กเตอร์ของวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์ร่วมคือ β_{ac} = Ic/Ib ดังนั้นอัตราขยายกระแส Overall คือ

$$Ai = Ic/Iin$$

Iin คือ กระแสรวมจากแหล่งจ่าย Vin ซึ่งไม่เท่ากับกระแส Ib ดังรูปที่ 10 และกระแส Iin หาได้จากสมการ

$$Iin = Vin/Rin$$

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง



รูปที่10 แสดงกระแสอินพุตรวมในช่วงครึ่งวัฏจักรบวกของ Vin

อัตราขยายกำลัง อัตราขยายกำลังของวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมคือ ผลคูณของอัตราขยาย Overall ของแรงดัน และอัตราขยาย Overall ของกระแสดังสมการ

Ap = AV(overall)*Ai(overall)

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	**เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC หรือ เทียบเท่า 1 เครื่อง

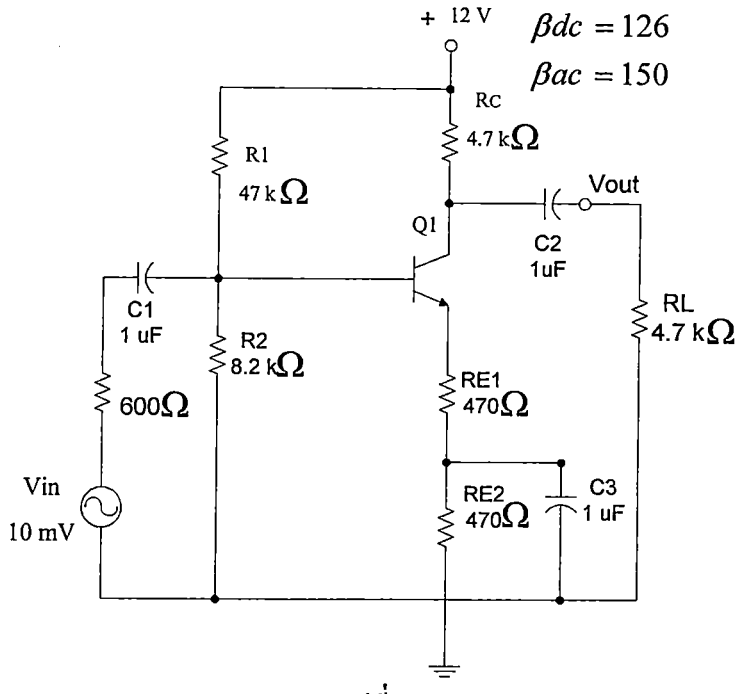
   -มีโปรแกรม Electronics Workbench อยู่ในฮาร์ดดิสก์เรียบร้อย

2. คู่มือการใช้งาน 1 เล่ม

3. เครื่องคำนวณ 1 เครื่อง

<u>ลำดับขั้นการทดลอง</u>

1. ประกอบวงจรทรานซิสเตอร์ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่1

2. จากวงจรให้ใช้Measurement Probe ในโปรแกรม Simulatet วัดค่ากระแสและแรงดันดันดังต่อไปนี้

   กระแส I_B = 9.31 μA.

   กระแส I_E = 1.18 mA.

   แรงดัน V_B = 1.72 V.

   แรงดัน V_C = 6.52 V.

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

แรงดัน V_E = 1.11 V.

3. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันดังต่อไปนี้

กระแส I_E = 1.14 mA.

แรงดัน V_B = 1.78 V.

แรงดัน V_C = 6.60 V.

แรงดัน V_E = 1.08 V.

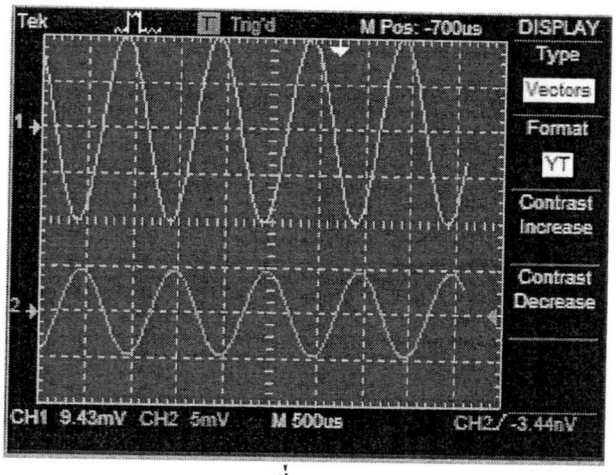
4. คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

Rin = 6.47 kΩ

Rout = 4.27 Ω

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

5. ให้ใช้เครื่องมือ Oscilloscobe วัด จากโปรแกรม Simulate วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์ แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2

6. จากรูปสัญญาณที่วัดได้

V_{IN} =.....10..... mV.

V_{OUT} = ...40..... mV.

7. จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้

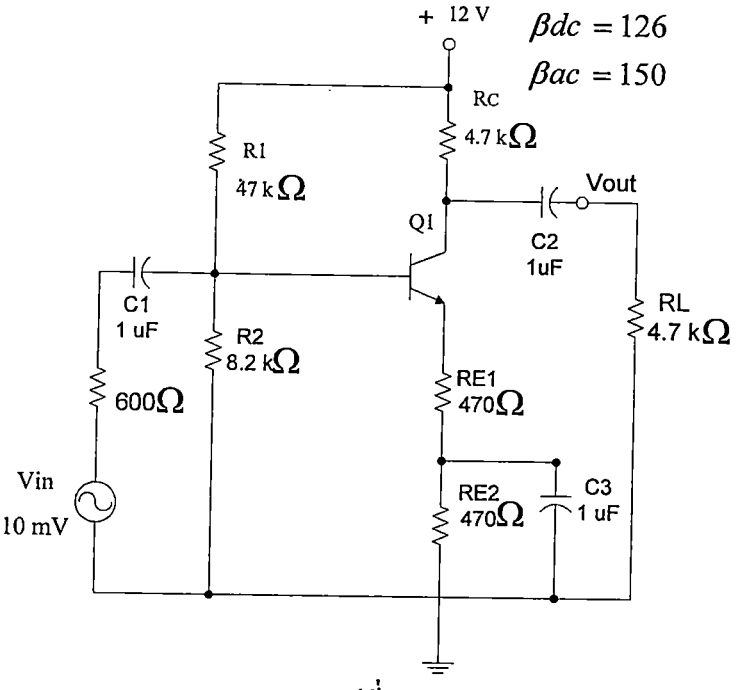
จากการทดลองเรื่องวงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ จะพบว่าอัตราขยายแรงดันมีค่าสูงมาก อัตราขยายกระแสก็มีค่าสูงมากเหมือนกัน ดังนั้นอัตราขยายกำลังจึงมีค่าสูงตามไปด้วย แต่สัญญาณเอ้าท์พุทที่ได้จะมีการกลับเฟสกันกับสัญญาณอินพุท 180 องศา

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

<u>แบบฝึกหัด</u>

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบมีทั้งหมด 7 ข้อ 10 คะแนน

1. ประกอบวงจรทรานซิสเตอร์ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่1

2. จากวงจรให้ใช้ Measurement Prob ในโปรแกรม Simulate วัดค่ากระแสและแรงดันดันดังต่อไปนี้

กระแส I_B = 9.31 μA.

กระแส I_E = 1.18 mA.

แรงดัน V_B = 1.72 V.

แรงดัน V_C = 6.52 V.

แรงดัน V_E = 1.11 V.

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

3. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันดันดังต่อไปนี้

กระแส I_B = 9.04 μA.

กระแส I_E = 1.14 mA.

แรงดัน V_B = 1.78 V.

แรงดัน V_C = 6.60 V.

แรงดัน V_E = 1.08 V

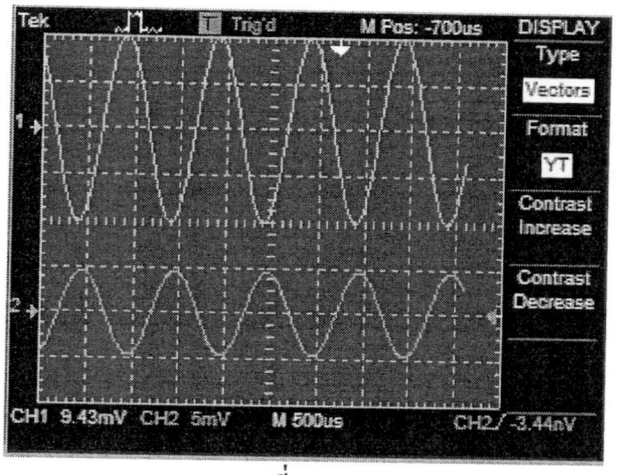
4. คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

Rin = 6.47 kΩ

Rout = 4.27 Ω

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 2	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์	3 ชั่วโมง

5. ให้ใช้เครื่องมือ Oscilloscobe วัด จากโปรแกรม Simulate วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์ แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2

6. จากรูปสัญญาณที่วัดได้

V_{IN} =.....10..... mV.

V_{OUT} = ...40..... mV.

7. จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้

จากการทดลองเรื่องวงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนอิมิตเตอร์ จะพบว่าอัตราขยายแรงดันมีค่าสูงมาก อัตราขยายกระแสก็มีค่าสูงมากเหมือนกัน ดังนั้นอัตราขยายกำลังจึงมีค่าสูงตามไปด้วย แต่สัญญาณเอ้าท์พุทที่ได้จะมีการกลับเฟสกันกับสัญญาณอินพุท 180 องศา

แบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ

เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาระดับ ปวส. 2 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

คำชี้แจงโปรดใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
2.ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 รูปสัญญาณทีวัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.8 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
คะแนนรวมทั้งหมด	40			

เกณฑ์การให้คะแนน เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กวงจรคอมมอนเบส

1.การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจร ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าในอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดเกินกว่า 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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

2. ผลงาน

2.1 ต่อวงจรถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไมเกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตผิดไม่เกิน 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 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.6 ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดเกิน 2 ค่า

2.8 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 ค่า

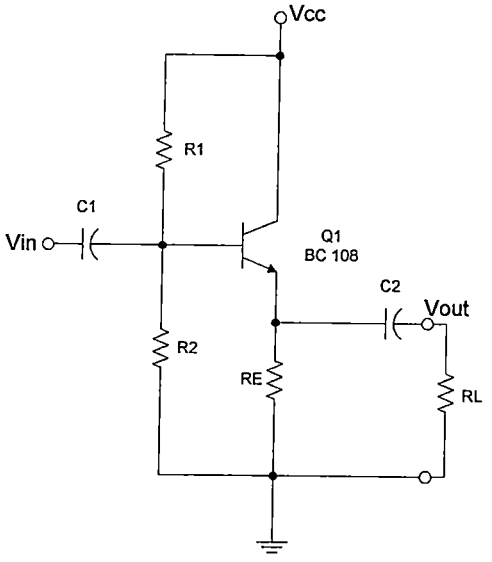
หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

จุดประสงค์

1. นักศึกษาสามารถประกอบวงจรขยายทรานซิสเตอร์คอมมอนคอลเล็กเตอร์ได้
2. เขียนกราฟแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์ได้
3. วัดหาค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่างๆ ในวงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์ได้

ทฤษฎีพื้นฐาน

วงจรขยายคอลเล็กเตอร์ร่วม เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า วงจร Emitter – Follower โดยป้อนสัญญาณอินพุตเข้าที่ขาเบส โดยผ่านตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ C_1 ดังรูปที่ 1 เอาต์พุตของวงจรต่อที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ผ่านตัวเก็บประจุ C_2 อัตราขยายแรงดันของวงจรขยายคอลเล็กเตอร์ร่วมนี้มีค่าประมาณ 1 ข้อดีของวงจรขยายคอลเล็กเตอร์ร่วมคือ ความต้านทานอินพุตมีค่าสูงกว่าวงจรอิมิตเตอร์ร่วม วงจรขยายคอลเล็กเตอร์ร่วมที่ไบแอสด้วยวงจรแบ่งแรงดันในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจร Emitter – Follower ที่ไบแอสด้วยวิธีแบ่งแรงดัน

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	**เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

อัตราขยายแรงดัน สำหรับวงจรขยายทุกวงจรมีสูตรการหาค่าอัตราขยายคือ $AV = \frac{Vout}{Vin}$ สำหรับวงจร Emitter – Follower โมเดลการหาค่าอัตราขยายแรงดัน แสดงในรูปที่ 2 คือ

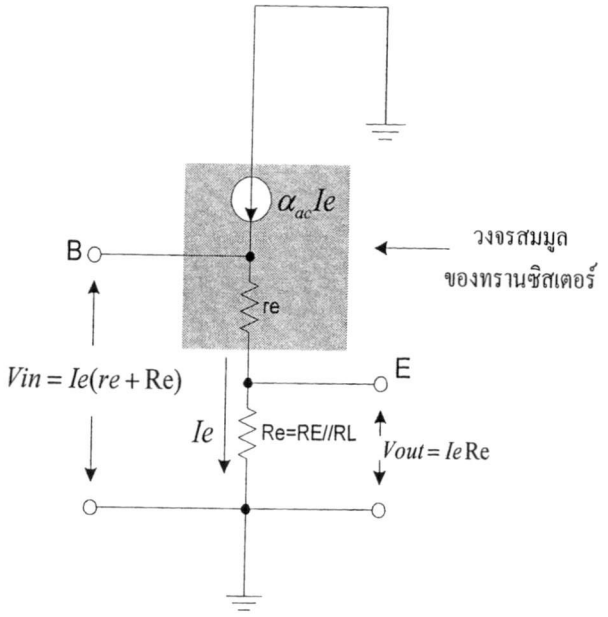
$$Vout = IeRe$$

$$Vin = Ie(re+Re)$$

$$AV = \frac{Ie\,Re}{Ie(re+Re)}$$

ดังนั้น

$$AV = \frac{Re}{re+Re}$$



รูปที่ 2 โมเดลของวงจร Emitter – Follower เพื่อหาค่าอัตราขยายแรงดัน

เมื่อ Re คือความต้านทานขนานกันระหว่าง RE และ RL ดังนั้นอัตราขยายแรงดันจึงมีค่าน้อยกว่า 1 ถ้า Re>>re จะเป็นผลให้อัตราขยายแรงดัน หรือ AV = 1 ลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตที่ขาอิมิตเตอร์จะมีเฟสร่วมกันกับสัญญาณแรงดันที่เบสของวงจร เนื่องมาจากอัตราขยายแรงดันของวงจรมีค่าใกล้เคียงหนึ่ง ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตที่ขาอิมิตเตอร์จึงมีเฟสและขนาดเท่ากันกับแรงดันอินพุตที่เบส จึงเรียกวงจรคอลเล็กเตอร์ร่วมว่า Emitter – Follower

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

ความต้านทานอินพุต วงจรขยายคอลเล็กเตอร์ร่วมจะมีคุณลักษณะพิเศษคือ ความต้านทานอินพุตมีค่าสูง จึงนำไปใช้เป็นวงจรกันชน (Buffer) เพื่อลดอัตราการโหลดกระแสทางด้านเอาต์พุต ระหว่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งการหาค่าความต้านทานอินพุตของวงจรจะหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Rin(base)} = \frac{Vb}{Ib} = \frac{Ie(re + \text{Re})}{Ib}$$

$$\cong \frac{\beta ac Ib(re + \text{Re})}{Ib}$$

$$\text{Rin(base)} \cong \beta ac(re + \text{Re})$$

ถ้า Re >> re ดังนั้น Rin(base) คือ

$$\text{Rin(base)} \cong \beta ac\,\text{Re}$$

การไบแอสทรานซิสเตอร์ในรูปที่ 2 จะขนานกับ Rin(base) เมื่อพิจารณาจากทางด้านแหล่งจ่ายอินพุต จะเหมือนกับวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมดังนี้

$$\text{Rin} = \text{R1//R2//Rin(base)}$$

ความต้านทานเอาต์พุต เมื่อไม่ต่อโหลดที่เอาต์พุตของวงจรขยายคอลเล็กเตอร์ร่วมค่าความต้านทานเอาต์พุตของวงจรหาได้จากสมการ

$$\text{Rout} \cong \left(\frac{Rs}{\beta ac}\right) // RE$$

สมการนี้คือสมการ Rout ที่พิจารณาในกรณีที่ความต้านทานเอาต์พุตมีค่าต่ำมากและต่อวงจรขับโหลดที่มีค่าความต้านทานโหลดต่ำ

อัตราขยายกระแส ค่าอัตราขยายกระแส Overall ของวงจรขยายแบบคอลเล็กเตอร์ร่วมคือ Ie/Iin คำนวณได้จาก Vin/Rin ถ้าความต้านทานไบแอสวงจรคือ R1 และ R2 มีค่ามากกว่า Rin(base) มากๆ

ในวงจรขยายนี้อัตราขยายแรงดันของวงจรมีค่าใกล้เคียงกับอัตราขยายกระแสของตัวทรานซิสเตอร์ คือค่า βac เนื่องจากว่ากระแสจากอินพุตจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ไบแอสให้กับตัวต้านทาน และถ้า R1//R2 >> βac Re จะได้ว่า

$$\text{Ai} \cong \beta ac$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\text{Ai} \cong \frac{Ie}{Iin}$$

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

อัตราขยายกำลัง วงจรขยายแบบคอลเล็กเตอร์ร่วมจะมีค่าอัตราขยายกำลังเท่ากับผลคูณของอัตราขยายแรงดัน และอัตราขยายกระแส ค่าโดยประมาณเท่ากับค่าอัตราขยายกระแสเพราะว่าค่าอัตราขยายแรงดันของวงจรมีค่าใกล้เคียงกับ 1

$$Ap = AiAv$$

แต่ $Av \cong 1$

$$Ap \cong Ai$$

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	**เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC หรือ เทียบเท่า 1 เครื่อง

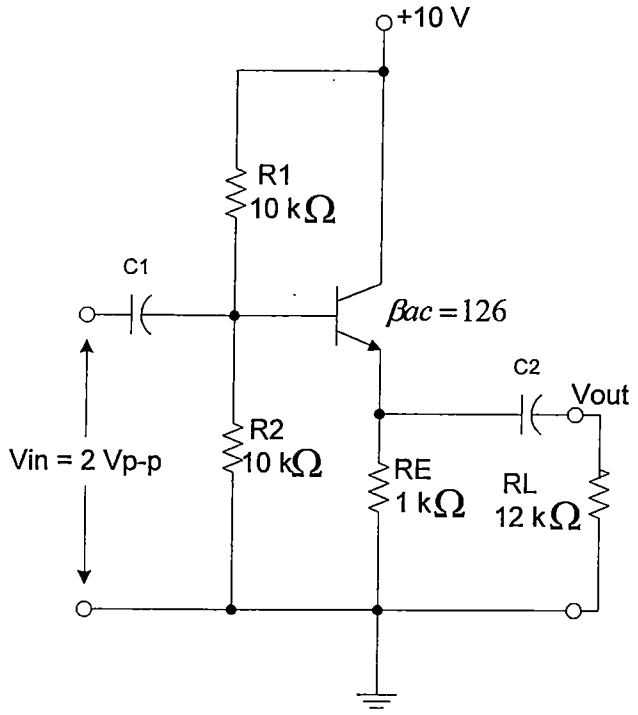
   -มีโปรแกรม Electronics Workbench อยู่ในฮาร์ดดิสก์เรียบร้อย

2. คู่มือการใช้งาน 1 เล่ม

3. เครื่องคำนวณ 1 เครื่อง

<u>ลำดับขั้นการทดลอง</u>

1. ประกอบวงจรทรานซิสเตอร์ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่1

2. จากวงจรให้วัดค่ากระแสและแรงดันดันดังต่อไปนี้

กระแส I_B = 33.1 μA.

กระแส I_E = 4.19 mA.

แรงดัน V_B = 4.83 V.

แรงดัน V_C = 10 V.

แรงดัน V_E = 4.19 V.

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

3. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันดันดังต่อไปนี้

กระแส I_B = 33.85 μA.

กระแส I_E = 4.3 mA.

แรงดัน V_B = 5 V.

แรงดัน V_C = 10 V.

แรงดัน V_E = 4.3 V.

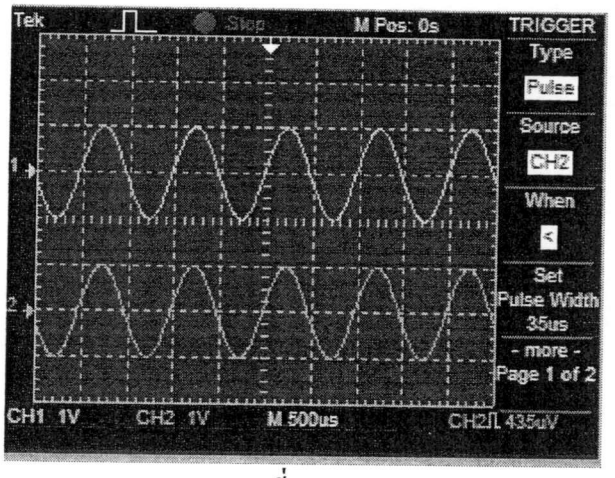
4. คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

Rin = 4.82 kΩ

Rout = 0.999 Ω

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3ชั่วโมง

5. ให้ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2

6. จากรูปสัญญาณที่วัดได้

V_{IN} = 2 V.

V_{OUT} = 2 V.

7. จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้

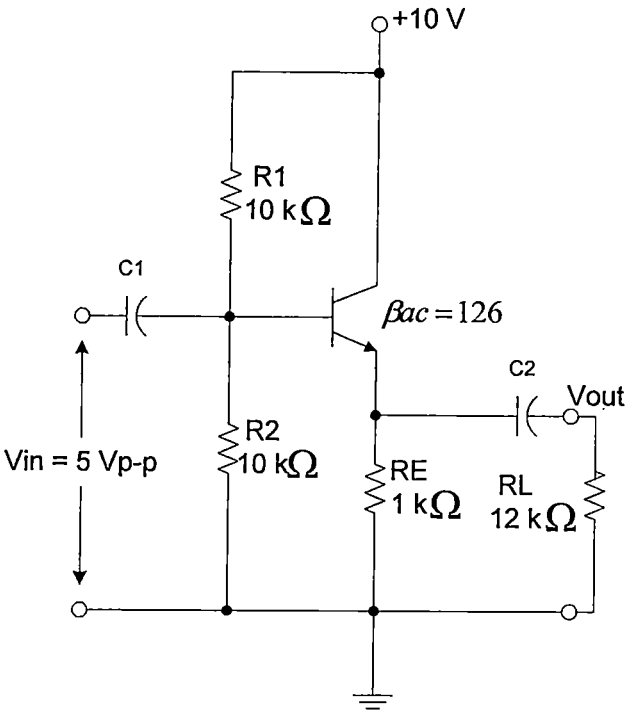
สัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทที่วัดได้มีลักษณะเหมือนกัน คือ สัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุท จะอินเฟสกัน และขนาดของสัญญาณอินพุท และเอ้าท์พุทมีขนาดเท่ากัน จึงอธิบายได้ว่า วงจรขยายสัญญาณแบบคอมมอนคอลเล็กเตอร์มีอัตราขยายแรงดันเท่ากับ 1 คือไม่ขยายแรงดัน แต่อัตราขยายกระแสจะมีค่าสูงมาก จึงสรุปได้ว่า อัตราขยายกำลังมีค่าเท่ากับ อัตราขยายกระแส

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

<u>แบบฝึกหัด</u>

<u>คำชี้แจง</u> ข้อสอบมีทั้งหมด 7 ข้อ 10 คะแนน

1. ประกอบวงจรทรานซิสเตอร์ตามรูปที่ 1 ในโปรแกรม Schematics



รูปที่1

2. จากวงจรให้วัดค่ากระแสและแรงดันดันดังต่อไปนี้

กระแส I_B = 33.1 μA.

กระแส I_E = 4.19 mA.

แรงดัน V_B = 4.83 V.

แรงดัน V_C = 10 V.

แรงดัน V_E = 4.19 V.

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	**เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์**	**3 ชั่วโมง**

3. คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันดังต่อไปนี้

   กระแส I_B = 33.85 μA.

   กระแส I_E = 4.3 mA.

   แรงดัน V_B = 5 V.

   แรงดัน V_C = 10 V.

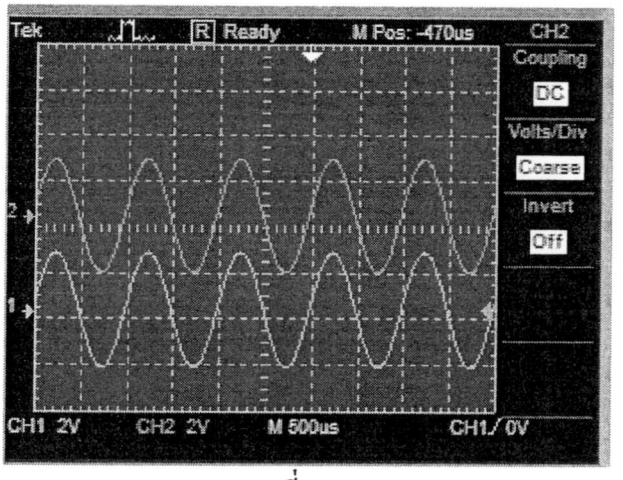
   แรงดัน V_E = 4.3 V.

4. คำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจร

   Rin = 4.82 k Ω

   Rout = 0.999 Ω

5. ให้ใช้เครื่องมือ Oscilloscobe ในโปรแกรม Simulateวัดรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจร แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2

หน่วยที่ 5 เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก		
การทดลองที่ 3	เรื่อง วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์	3 ชั่วโมง

6. จากรูปสัญญาณที่วัดได้

V_{IN} = 5 Vp-p

V_{OUT} = 5 Vp-p

7. จงอธิบายความแตกต่างของรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้

สัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุทที่วัดได้มีลักษณะเหมือนกัน คือ สัญญาณอินพุทและเอ้าท์พุท จะอินเฟสกัน และขนาดของสัญญาณอินพุท และเอ้าท์พุทมีขนาดเท่ากัน จึงอธิบายได้ว่า วงจรขยายสัญญาณแบบคอมมอนคอลเล็กเตอร์มีอัตราขยายแรงดันเท่ากับ 1 คือไม่ขยายแรงดัน แต่อัตราขยายกระแสจะมีค่าสูงมาก จึงสรุปได้ว่า อัตราขยายกำลังมีค่าเท่ากับ อัตราขยายกระแส

แบบบันทึกคะแนนการวัดภาคปฏิบัติ

เรื่อง วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรขยายคอมมอนคอลเล็กเตอร์

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาระดับ ปวส. 2 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์

คำชี้แจงโปรดใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร	2	.....	.....	.....
1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
2.ผลงาน				
2.1 ประกอบวงจรได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.5 รูปสัญญาณทีวัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.6ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.8 การแปลความหมายของผลที่วัดได้	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20			
คะแนนรวมทั้งหมด	40			

เกณฑ์การให้คะแนน เรื่องวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์

1.การปฏิบัติงาน

1.1 วาดรูปวงจรในโปรแกรม Schematics

2 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจร ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้งานโปรแกรม Schematics วาดวงจรผิดเกินกว่า 2 จุด

1.2 กำหนดค่าในอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจรผิด ไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด

2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัดได้ถูกต้องทุกค่า

1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโหมดการวัด ผิดเกินกว่า 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 Oscilloscobe วัดรูปสัญญาณของวงจร

2 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ใช้โปรแกรม Oscilloscobe วัดกราฟของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ผิดเกินกว่า 2 จุด

1.7 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดหรือภายในระยะเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกินกว่า 5 นาที

2. ผลงาน

2.1 ต่อวงจรถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดไมเกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ต่อวงจรผิดเกิน 2 จุด

2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตผิดไม่เกิน 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 รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.6 ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันอินพุตและเอาต์พุตที่วัดได้ผิดเกิน 2 ค่า

2.7 เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ เปรียบเทียบรูปสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต ผิดเกิน 2 ค่า

2.8 แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 ค่า

0 คะแนน เมื่อ แปลความหมายของผลที่วัดได้ ผิดเกิน 2 ค่า

ภาคผนวก ฌ

คู่มือการใช้โปรแกรม Electronics Workbench

คู่มือการใช้งานโปรแกรม Electronics Workbench

1.การใช้งานซอฟต์แวร์

การใช้งานซอฟต์แวร์ชุด NI Circuit Design Suite เพื่อการวิเคราะห์วงจร ในแง่ของผู้ใช้นั้น สามารถใช้งานได้ง่าย โดยเริ่มจากการเรียกโปรแกรม Schematics (โปรแกรมสร้างแผนภาพวงจร) ซึ่งถือว่าเป็นประตูสู่ Electronics Workbench for Window ก็ว่าได้ ทั้งนี้เนื่องจากในการใช้งานนั้น ผู้ใช้จะต้องสร้างวงจรที่จะทำการจำลองผลการทำงานขึ้นก่อน

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

เนื้อหาในคู่มือนี้จะนำเสนอวิธีการใช้งานที่เกี่ยวข้องและมีส่วนสนับสนุนการวิเคราะห์วงจรเบื้องต้น ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรม Schematics ที่นอกเหนือจากที่ได้นำมากล่าวถึงในที่นี้ ผู้อ่านสามารถเปิดดูได้จากแฟ้มเอกสาร Schematics user's Guide จากเมนู

1.1 ภาพรวมของโปรแกรม NI Circuit Design Suite

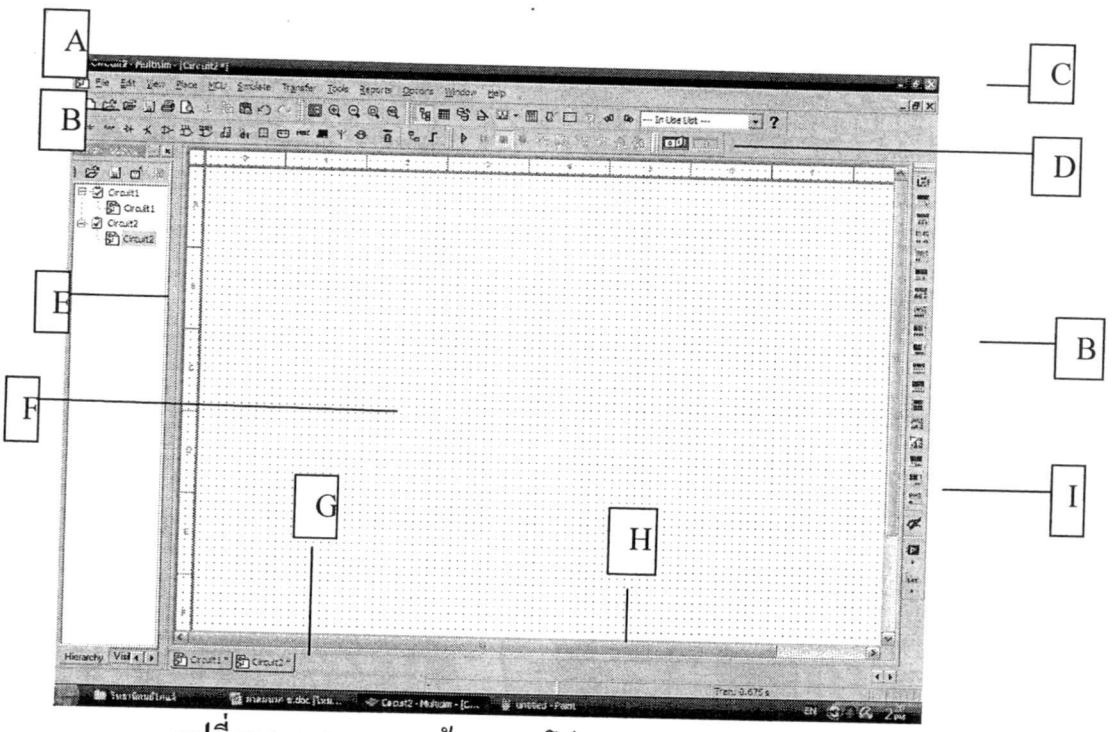
โปรแกรม Schematics เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม Electronics Workbench ให้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยใช้ความสามารถทางด้านกราฟฟิกเป็นสำคัญ ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องจดจำรายละเอียดและระเบียบวิธีการกำหนดข้อมูลจำนวนมากอย่างที่ต้องประสบในโปรแกรม Electronic Workbench for Dos ซึ่งช่วยให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้นมาก สะดวกกว่า และใช้เวลาน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ในกระบวนการจำลองการทำงานและดูผลนั้น โปรแกรม Schematics สามารถเรียกใช้โปรแกรมเพื่อจำลองการทำงานของวงจร และเรียกโปรแกรม เพื่อดูผลได้โดยอัตโนมัติ (สามารถกำหนดให้ทำงานแบบไม่อัตโนมัติก็ได้) ซึ่งผู้ใช้สามารถจะเรียกโปรแกรมที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ได้จากเมนูย่อยในโปรแกรม Schematics ได้เช่นกัน

จะเห็นว่าโปรแกรม Schematics จะเป็นศูนย์กลางการใช้งานของซอฟต์แวร์ชุดนี้นั่นเอง โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ในการทำงานเป็นดังรูปที่ 1 ซึ่งโครงสร้างการจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้านั้น อาจจะสรุปได้ว่าประกอบด้วยส่วนการทำงานที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนการสร้างแผนภาพวงจร ซึ่งต้องทำการกำหนดรายละเอียดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ และทำการกำหนดเงื่อนไขหรือวิธีการจำลองผล และการดูผล (โปรแกรม Schematics)
2. ส่วนจำลองการทำงาน (โปรแกรม Electronics Workbench)
3. ส่วนการวิเคราะห์และดูผล (โปรแกรม Oscilloscobe)

1.2 การใช้โปรแกรม Schematics

โปรแกรม Schematics สามารถเรียกใช้ได้จากแถบเมนูของ Windows โดยมีหน้าตาของโปรแกรมดังรูปที่ ฌ.1 ขณะเริ่มต้นใช้งาน โปรแกรมจะเปิดแฟ้มข้อมูลใหม่ให้โดยอัตโนมัติ ดังแสดงใน Title Bar ว่า (Design1) ซึ่งเลข 1 หมายถึงแฟ้มข้อมูลใหม่แฟ้มที่ 1 (สามารถเปิดแฟ้มข้อมูลใหม่ได้หลายแฟ้ม) ในขณะนี้โปรแกรมอยู่ในสถานะพร้อมจะทำงานแล้ว โดยการใช้งานในลำดับถัดไปนั้นจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่าต้องการเปิดแฟ้มข้อมูลเก่าหรือต้องการสร้างแผนภาพวงจรใหม่ต่อไปและความหมายของไอคอนใช้งานอธิบายไว้ดังรูปที่ ฌ.2 (ปกติแล้วถ้าเลื่อนเม้าส์ไปยังตำแหน่งไอคอนสั่งงานได้ จะมีข้อความบ่งบอกถึงการใช้งานที่ status Line ด้วย)



รูปที่ ฌ.1 แสดงภาพหน้าจอของโปรแกรม Schematics

A = แถบหัวเรื่อง คือ แถบที่ใช้บอกถึงชื่อโปรแกรมหรือชื่อไฟล์เอกสารที่ปิดอยู่ในปัจจุบัน

B = แถบปุ่มเครื่องมือ คือ แถบที่รวมคำสั่งการใช้งานที่ใช้บ่อย ๆ ให้อยู่ในรูปของปุ่มกดและมีรูปสัญลักษณ์บอกถึงหน้าที่การใช้งาน

C = ปุ่มควบคุมโปรแกรม ทำหน้าที่เปิด-ปิด หรือพับหน้าต่างโปรแกรมขึ้น-ลง

D = ปุ่มสั่งงาน คือ สวิตช์ปิด-เปิดให้โปรแกรมจำลองการทำงานของวงจร

E = กล่องแสดงไฟล์เอกสาร คือ ไฟล์เอกสารต่างๆ ที่เราสร้างจะปรากฏอยู่ในช่องนี้ ซึ่งสามารถเลือกใช้ไฟล์เอกสารอื่น ๆ ได้ด้วย

F = พื้นที่ทำงาน คือ พื้นที่ที่ใช้สร้างวงจรไฟฟ้าที่ต้องการจำลองการทำงาน

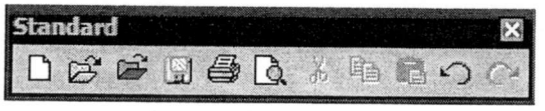
G = ไฟล์เอกสารที่ใช้ ทำหน้าที่บอกไฟล์เอกสารที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

H = แถบเลื่อนซ้าย-ขวา เป็นแถบใช้สำหรับเลื่อนดูพื้นที่ทำงาน

I = แถบเลื่อนขึ้น – ลง เป็นแถบใช้สำหรับเลื่อนดูพื้นที่ทำงาน

1.3 เครื่องมือต่าง ๆ ภายในหน้าต่างๆ Schematic

ในการใช้งานโปรแกรม Electronic Workbench 11.0 บนเครื่องคอมพิวเตอร์เราจำเป็นต้องรู้จักคำสั่งและเครื่องมือใช้งานต่างๆ ก่อน เพราะเครื่องมือเหล่านี้เป็นตัวช่วยเหลือให้สามารถสร้างวงจรไฟฟ้าในโปรแกรมได้ ซึ่งในหน้าต่าง Schematic จะมีเครื่องมือที่ใช้งานได้ดังนี้



รูปที่ ฌ.2 เครื่องมือ Standard

New ใช้เริ่มสร้างไฟล์วงจรขึ้นมาใหม่

Open File ใช้เปิดไฟล์ที่เคยสร้างวงจรมาก่อนหน้านี้

Open a sample design ใช้เปิดไฟล์ตัวอย่างที่โปรแกรมสร้างไว้ให้แล้ว

Save File ใช้บันทึกไฟล์เอสารที่สร้างไว้

Print Circuit ใช้พิมพ์งานวงจรที่สร้างไว้ออกทางเครื่องปริ้นเตอร์

Print Preview ใช้เพื่อดูตัวอย่างวงจรก่อนสั่งพิมพ์งานจริง

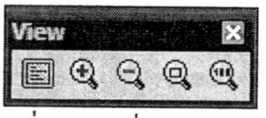
Cut ใช้ตัดส่วนที่ไม่ต้องการทิ้งไปโดยคลิกที่วัตถุหรือลากเมาส์คลุมทั้งหมดให้ปรากฏเป็นกรอบเส้นประแล้วจึงใช้คำสั่ง Cut เพื่อตัดทิ้งไป

Copy ใช้คัดลอกวัตถุโดยคลิกที่วัตถุหรือลากเมาส์คลุมทั้งหมด ให้ปรากฏเป็นกรอบเส้นประแล้วจึงใช้คำสั่ง Copy เพื่อคัดลอกเอาไว้

Paste ใช้วางวัตถุที่ถูกคัดลอกด้วยคำสั่ง Copy

Undo ใช้ยกเลิกคำสั่งที่ได้ไปแล้ว

Redo เมื่อใช้คำสั่ง Undo มากไปก็ใช้คำสั่ง Redo เพื่อให้กลับไปเป็นเหมือนเดิม



รูปที่ ฌ.3 เครื่องมือ View

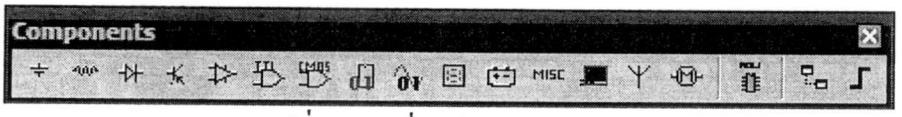
Toggle Full Screen ทำให้พื้นที่ทำงานแสดงภาพเต็มหน้าจอคอมพิวเตอร์

Increase Zoom ใช้ขยายพื้นที่ทำงาน

Decrease Zoom ใช้ย่อพื้นที่ทำงาน

Zoom to Selected area ใช้ขยายเฉพาะในส่วนที่ต้องการ โดยการลากเมาส์คลุมบริเวณนั้น

Zoom to Fit To Page ใช้ขยายดูพื้นที่ทำงานทั้งหมด



รูปที่ ฌ.4 เครื่องมือ Components

Place Source คือ แหล่งจ่ายไฟชนิดต่างๆ และกราวด์

Place Basic คือ อุปกรณ์ทั่วไป เช่น ตัวต้านทาน,ตัวเก็บประจุ,สวิตช์,รีเลย์,หม้อแปลง,ตัวเหนี่ยวนำ,คอนเน็กเตอร์

Place diode คือ อุปกรณ์ทั้งหมดที่เป็นตระกูลไดโอด เช่น LED,SCR,DIAC

Place Transistor คือ อุปกรณ์ทั้งหมดที่เป็นตระกูลทรานซิสเตอร์

Place Analog คือ อุปกรณ์ทั้งหมดที่เป็นไอซีอนาล็อก

Place TTL คือ อุปกรณ์ทั้งหมดที่เป็นไอซีดิจิตอลและเกตชนิดต่างๆ

Place CMOS คือ อุปกรณ์ทั้งหมดที่เป็นไอซีชนิด CMOS

Place Misc Digital คือ อุปกรณ์ทั้งหมดที่เป็นไอซีชนิด TIL , MEMORY

Place Mixed รวมอุปกรณ์หลายชนิดไว้ด้วยกัน เช่น TIMER,Analog

Place Indicator รวมอุปกรณ์มิเตอร์ , หลอดไฟ ,ตัวแสดงผล,บัซเซอร์

Place Power component รวมอุปกรณ์เรกูเลเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฟิวส์

Place Mise คำสั่งเรียกค้นหาอุปกรณ์ในไลบรารี Misc

Place Advanced Peripherals คำสั่งเรียกค้นหาอุปกรณ์ในไลบรารี Advanced Peripherals

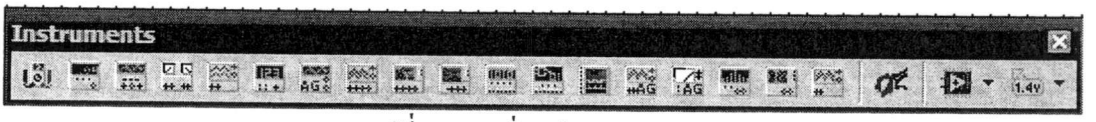
Place RF รวมอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับสัญญาณ RF

Place electromechanical รวมอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับเครื่องกล เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า

Place MCU รวมอุปกรณ์เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น 8051,16F84

Heerarchical Block from File เปิดไฟล์วงจรในรูปแบบเป็น Block

Place Bus คือสายสัญญาณที่รวมหลาย ๆ สัญญาณไว้เพียงเส้นเดียว แล้วจึงแยกออกเพื่อไปเชื่อมต่อกับขาอุปกรณ์



รูปที่ ฌ.5 เครื่องมือ Instrument

Multimeter คือ เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ, ความต้านทาน

Function Generator คือ แหล่งกำเนิดสัญญาณต่าง ๆ เช่น สัญญาณสี่เหลี่ยม ,สามเหลี่ยม ,ลูกคลื่น

Wattmeter คือ เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

Oscilloscope คือ เครื่องมือวัดสัญญาณต่าง ๆ ให้เป็นรูปคลื่นซึ่งแบบได้ 4 ช่อง

Bode Plotter คือ เครื่องมือใช้สำหรับดูสัญญาณเป็นจุดกราฟ

Frequency Counter คือ เครื่องส่งข้อมูลทางดิจิตอลให้กับวงจรที่สร้างจากตาราง Truth Table

IV-Analysis คือ เครื่องมือวัดอุปกรณ์ไดโอดและทรานซิสเตอร์แสดงเป็นรูปกราฟ

Agilent Function Generator

Agilent Multimeter คือ เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่หน้าจอเหมือนของจริงยี่ห้อ Agilent

Agilent Oscilloscope คือ เครื่องมือวัดสัญญาณหน้าจอเหมือนของจริงยี่ห้อ Agilent

Tectronix Oscilloscpope คือ เครื่องมือวัดสัญญาณหน้าจอเหมือนของจริงยี่ห้อ Tektronix

Current Porbe ใช้วัดกระแสที่ไหลในวงจรตามจุดต่าง ๆ ที่ต้องการ

รูปที่ ฌ.6 เครื่องมือ Simulation Switch

Simulation Switch เป็นสวิตช์ปิด- เปิด สั่งงานให้โปรแกรมจำลองการทำงาน

Run ใช้สั่งงานให้โปรแกรมจำลองการทำงาน

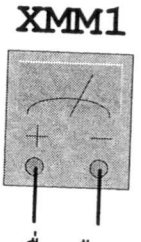
Pause ใช้สั่งให้โปรแกรมหยุดการจำลองการทำงานชั่วคราว

Stop ใช้สั่งให้โปรแกรมปิดการจำลองการทำงาน

1.4 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดชนิดต่างๆ

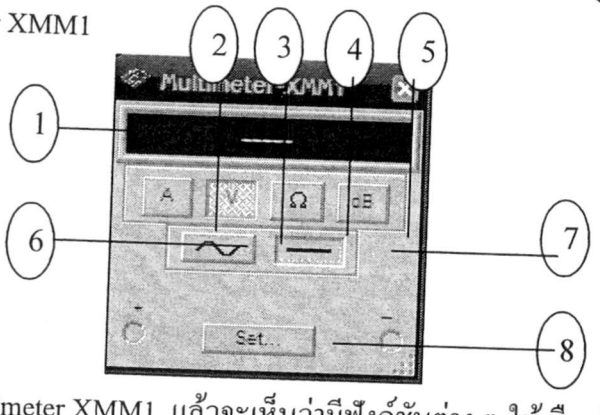
เครื่องมือวัดแต่ละชนิดก็มีหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งเราต้องเลือกใช้ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ด้วย เครื่องมือวัดที่ใช้บ่อยและนิยมใช้คือ มัลติมิเตอร์, ฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์ และสโคป

ซึ่งในส่วนของโปรแกรม Electronic Workbench นั้น เรามาดูกันว่าสวนประกอบของเครื่องมือวัดมีรายละเอียดอะไรบ้าง



รูปที่ ฌ.7 เครื่องมือ Multimeter

เมื่อเลือกใช้เครื่องมือ Multimeter จะเห็นว่ามีขั้วต่อยู่ 2 ขั้ว คือ ขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งจะเหมือนกับ Multimeter ของจริง จากนั้นดับเบิลคลิกที่ตัว Multimeter ทำให้เข้าสู่หน้าต่างการตั้งค่าต่างๆ ของตัว Multimeter XMM1



เมื่อเราเข้าสู่หน้าต่าง Multimeter XMM1 แล้วจะเห็นว่ามีฟังก์ชันต่าง ๆ ให้เลือกใช้ดังนี้

1 = หน้าจอแสดงผลค่าต่าง ๆ ที่ทำการวัด

2 = ย่านวัดกระแสไฟฟ้า

3 = ย่านวัดแรงดันไฟฟ้า

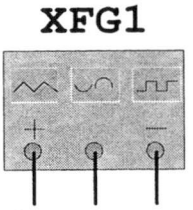
4 = ย่านวัดความต้านทานไฟฟ้า

5 = ย่านวัดความดังเสียง

6 = ย่านไฟฟ้ากระแสสลับ

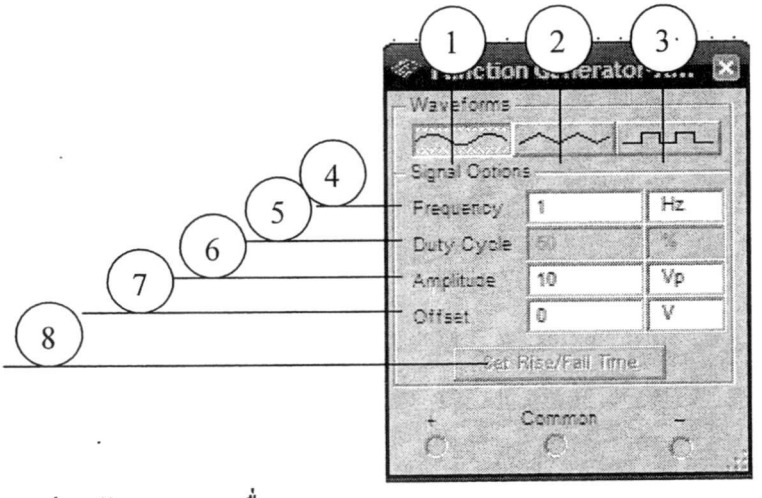
7 = ย่านวัดไฟฟ้ากระแสตรง

8 = ตั้งค่ามัลติมิเตอร์



รูปที่ ฌ.8 เครื่องมือ Function Generator

เมื่อเลือกใช้เครื่องมือ Function Generator จะเห็นว่ามีขั้วต่ออยู่ 3 ขั้ว คือ ขั้วบวก, คอมมอน และ ขั้วลบ จากนั้นดับเบิลคลิกที่ตัว Function Generator จะทำให้เข้าสูหน้าต่างการตั้งค่าต่าง ๆ ของตัว Function Generator XFG1



1 = ย่านสัญญาณลูกคลื่น

2 = ย่านสัญญาณสามเหลี่ยม

3 = ย่านสัญญาณสี่เหลี่ยม

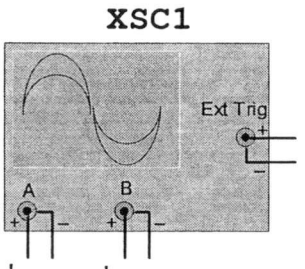
4 = กำหนดความถี่ให้กบสัญญาณ

5 = กำหนดช่วงเวลา ON – OFF ให้กับสัญญาณ

6 = กำหนดขนาดของแรงดันให้กับสัญญาณ

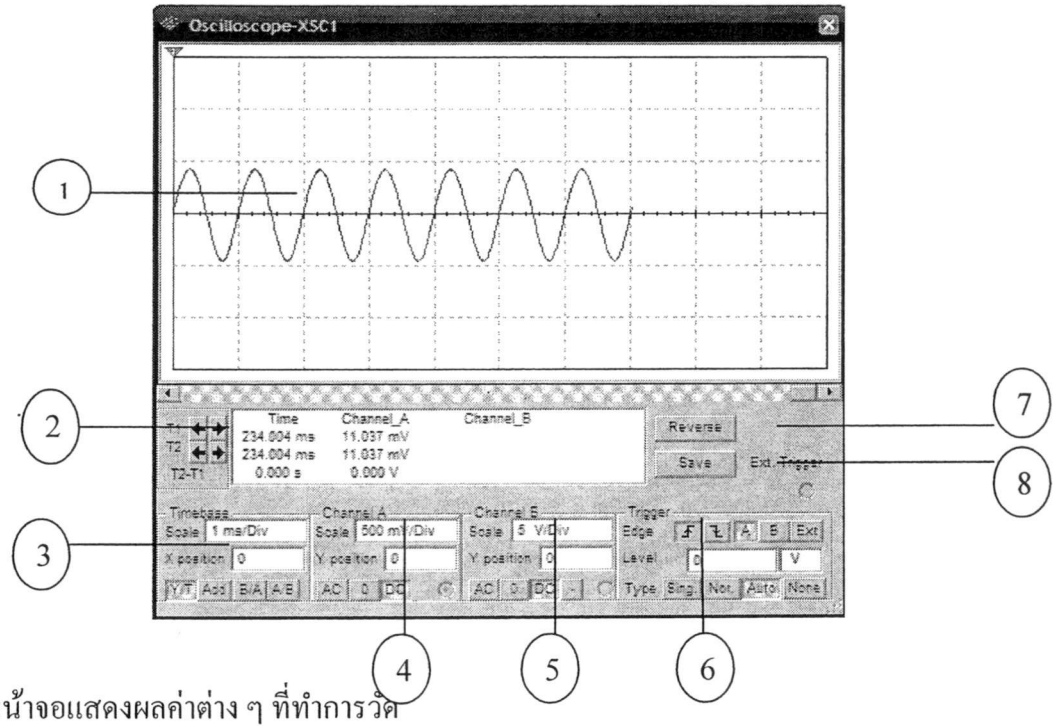
7 = กำหนดค่าแรงดันเริ่มต้นให้กับสัญญาณ

8 = กำหนดค่าต่าง ๆ ให้กับสัญญาณสี่เหลี่ยม



รูปที่ ฌ.9 เครื่องมือ Oscilloscope

เมื่อเลือกใช้เครื่องมือ Oscilloscope จะเห็นว่ามีขั้วต่อยู่ 3 ชุด คือช่อง A , ช่อง B และช่องต่อจากภายนอก จากนั้นดับเบิลคลิกที่ตัว Oscilloscope จะทำให้เข้าสู่หน้าต่างการตั้งค่าต่าง ๆ ของตัว Oscilloscope XSC1



1 = หน้าจอแสดงผลค่าต่าง ๆ ที่ทำการวัด

2 = T1-T2 ทำหน้าที่เป็นตัววัดแรงดันและคาบเวลา ซึ่งจะแสดงในช่อง Time

3 = Time base

Scale ใช้ปรับคาบเวลาให้กับรูปคลื่น

X pos ใช้เลื่อนรูปคลื่นไปซ้าย-ขวา

4 = Channel A

Scale ใช้ปรับคาบเวลาให้กับรูปคลื่นในช่อง A

Y pos ใช้เลื่อนรูปคลื่นไปขึ้น – ลง ช่อง A

5 = Channel B

Scale ใช้ปรับคาบเวลาให้กับรูปคลื่นในช่อง B

Y pos ใช้เลื่อนรูปคลื่นไปขึ้น-ลงช่อง B

6 = Trigger

Edge เลือกให้แสดงค่าเริ่มต้นของรูปคลื่นหรือวิ่งลงก่อน

Level เป็นจุดบนแกน Y ของ Oscilloscope ซึ่งรูปคลื่นจะต้องวิ่งผ่านด้วย

7 = Reverse เปลี่ยนสีหน้าจอแสดงผลขาวหรือดำ

9 = Save ใช้บันทึกรูปคลื่นให้อยู่ในรูปไฟล์นามสกุล.scp

2. การใช้งานเม้าส์

- ปกติแล้วเม้าส์ที่ใช้งานโดยทั่วไปจะมีทั้งแบบ 2 ปุ่ม และ 3 ปุ่ม โดยเป็นที่เข้าใจกันว่าการคลิกที่ปุ่มซ้าย คือการเลือกทำงาน ดังนั้นการไม่มีการกำหนดการทำงานเป็นอื่น เช่น กำหนดหน้าที่ของดปุ่มซ้าย-ขวา สลับกันแล้ว การคลิกซ้ายก็คือการเลือกทำงานในสถานการณ์นั้นๆ นั่นเอง

- การใช้เมาส์ชี้ หมายถึง การเลื่อนปลายตัวชี้ซึ่งเป็นรูปลูกศร ไปวางไว้บนไอคอนหรือเป้าหมายที่ต้องการระบุ

- การคลิก หมายถึง การกดปุ่มเม้าส์แล้วปล่อยทันที โดยที่ยังไม่มีการเลื่อนตัวชี้ (ปกติหมายถึงคลิกปุ่มซ้าย)

- การดับเบิลคลิก หมายถึง การกดเม้าส์ปุ่มซ้ายแล้วปล่อยทันที โดยที่ยังไม่มีการเลื่อนตัวชี้

- การลาก หมายถึง กรเลือกไอคอนหรือเป้าหมายโดยการคลิกซ้ายค้างไว้ในขณะที่ทำการเลื่อนตัวชี้

3.ขั้นตอนการจำลองการทำงาน

การจำลองการทำงาน (หรือการวิเคราะห์วงจร) ด้วยโปรแกรม Electronics Workbench นั้น มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

3.1 สร้างแผนภาพวงจรด้วยโปรแกรม Schematic โดยทำการวางอุปกรณ์ตามรูปแบบที่กำหนด แล้วทากรเดินสายเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้ถูกต้อง ขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการเลือกอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนที่ต้องการจากคลังข้อมูล (Librafries) มาวางบนแปลนแล้วลากสายเชื่อมต่อให้ถูกต้อง

3.2 กำหนดจุดร่วมสำหรับใช้อ้างอิง (Reference Node) ในที่นี้หมายถึงการต่อลงดิน (Ground) นั่นเอง ซึ่งแหล่งจ่ายหรืออุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนทุกตัวจะต่อลอย ๆ ไม่ได้ หากไม่ต่ออยู่ระหว่างจุดร่วม (Node) ใดๆ ในวงจรแล้วจะต้องต่อลงดิน เพื่อให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลได้ครบวงจร และใช้เป็นศักย์ศูนย์ของวงจรไฟฟ้า

3.3 กำหนดเงื่อนไขการจำลองการทำงาน ชนิดหรือวิธีของการวิเคราะห์ กำหนดเงื่อนไขการแสดงภาพสัญญาณเพื่อดูผลด้วยโปรแกรม Oscilloscope และอาจจะกำหนดจุดสังเกตสัญญาณในวงจร เพื่อให้โปรแกรม Oscilloscope แสดงลักษณะสัญญาณที่จุดสังเกตนั้นอย่างอัตโนมัติได้อีกด้วย

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

3.5 สั่งจำลองการทำงาน

3.6 ตรวจวัดสัญญาณ ตรวจดูผลข้อมูลเพิ่มเติม หรือใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ผลต่อไป

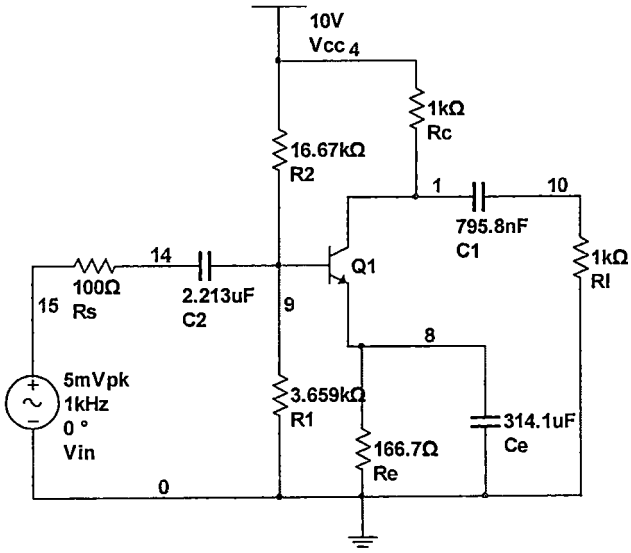
4.วิธีการวิเคราะห์วงจร

ในการจำลองการทำงานนั้น ผู้ใช้สามารถกำหนดวิธีการวิเคราะห์วงจรได้หลายวิธี เพื่อให้วิเคราะห์วงจรได้ตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น ให้วิเคราะห์เฉพาะจุดทำงาน (Bias Point) ตามค่าต่างๆ ที่ระบุไว้ในแผนภาพวงจร ให้วิเคราะห์วงจรตามแผนภาพวงจร และทำการกวาดค่า (Sweep) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ให้วิเคราะห์วงจรตามแผนภาพวงจร และให้ทำการกวาดค่าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ หรือ ให้วิเคราะห์เพื่อดูสภาวะชั่วครู่ (Transient) ในวงจรเป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์วงจรแต่ละวิธีนั้นผู้ใช้จะต้องกำหนดเงื่อนไขให้เหมาะสมกับแต่ละวิธีด้วย ยกเว้นกรณีการวิเคราะห์เฉพาะจุดทำงาน (Bias Point) เท่านั้น ซึ่งเป็นการให้โปรแกรมคำนวณหาคำตอบจากค่าของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ระบุไว้ในแผนภาพวงจร (ไม่ต้องทากรกวาดค่าองแหล่งจ่าย) จึงถือเป็นการคำนวณขั้นพื้นฐานที่ไม่ต้องระบุเงื่อนไขใดๆ เพิ่มเติม

อนึ่งการใช้เม้าส์คลิกที่ชื่อของวิธีการวิเคราะห์ จะเป็นการเปิดหน้าต่างสำหรับกำหนดรายละเอียดหรือเงื่อนไขของการวิเคราะห์ หลังจากใส่ข้อมูลเสร็จแล้วโปรแกรมจะเลือกวิธีวิเคราะห์นั้นให้เองโดยอัตโนมัติ (จะมีเครื่องหมาย X อยู่หน้าชื่อของวิธีการวิเคราะห์)

5.ตัวอย่างการใช้งาน

เพื่อให้ได้คุ้นเคยกับวิธีการสร้างแผนภาพวงจรและการจำลองการทำงาน จึงนำเสนอวิธีการใช้งานโปรแกรมโดยละเอียดเป็นขั้น ๆ (Step by Step) โดยใช้วงจรแบ่งแรงดันในรูปที่ ช.10 เป็นกรณีศึกษา วิธีเรียกคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรมนี้ จะมีแนวคิด (Idea) คล้ายกับโปรแกรมทั่วๆ ไปที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window หากผู้ใช้มีความคุ้นเคยกับการใช้งานโปรแกรมอ่านๆ อยู่ก่อนแล้วการเรียกใช้งานเมนูย่อยในโปรแกรมนี้ก็ดูจะง่ายขึ้น ส่วนที่ต่างกันก็คือหน้าที่การทำงานของเมนูย่อยนั่นเอง



รูปที่ ฌ.10 แผนภาพวงจรขยายคอมมอนอิมิตเตอร์

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

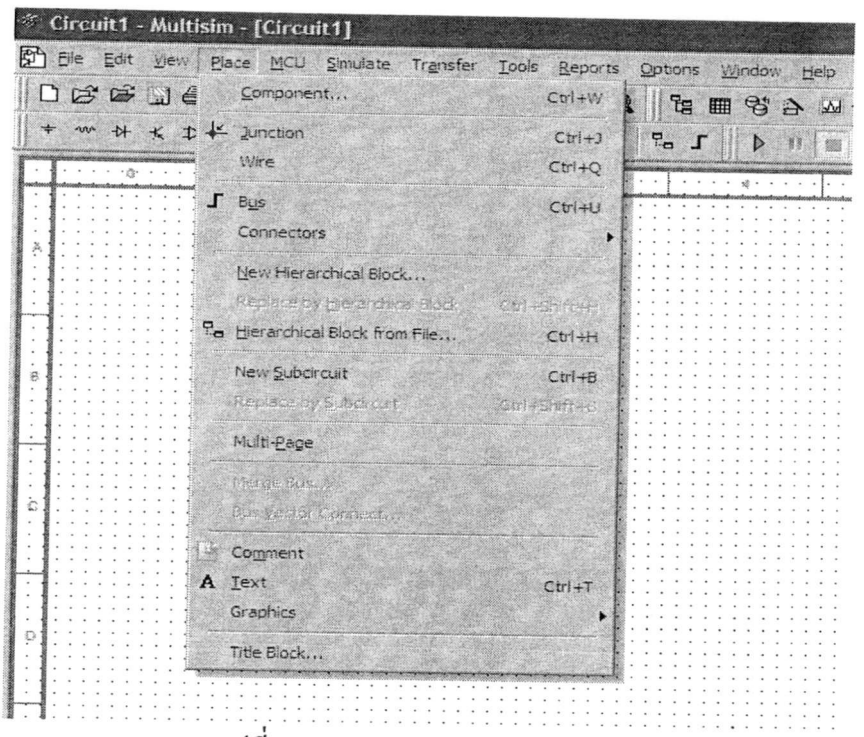
- ทุกวงจรต้องมีกราวด์ ไม่ว่าจะเป็นกราวด์ดิน หรือ เป็นกราวด์อนาลอก
- สำหรับแผนภาพวงจรที่สร้างขึ้นใหม่ ต้องจัดเก็บแฟ้มข้อมูลก่อนสั่งจำลองการทำงาน (สำหรับแฟ้มข้อมูลเก่าที่ถูกเปิดขึ้นมาเพื่อแก้ไขรายละเอียด ข้อบังคับนี้จะไม่มีผล แต่ก็ควรจะทำการบันทึกข้อมูลก่อนสั่งจำลองการทำงานทุกครั้ง)

จากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ ผู้อ่านสามารถสร้างแผนภาพวงจรในรูปที่ ช.10 ได้ดังนี้

1. เลือก (คลิก) แถบเมนู Multisim ในกลุ่มโปรแกรม Circuit Design Suit ของ Window

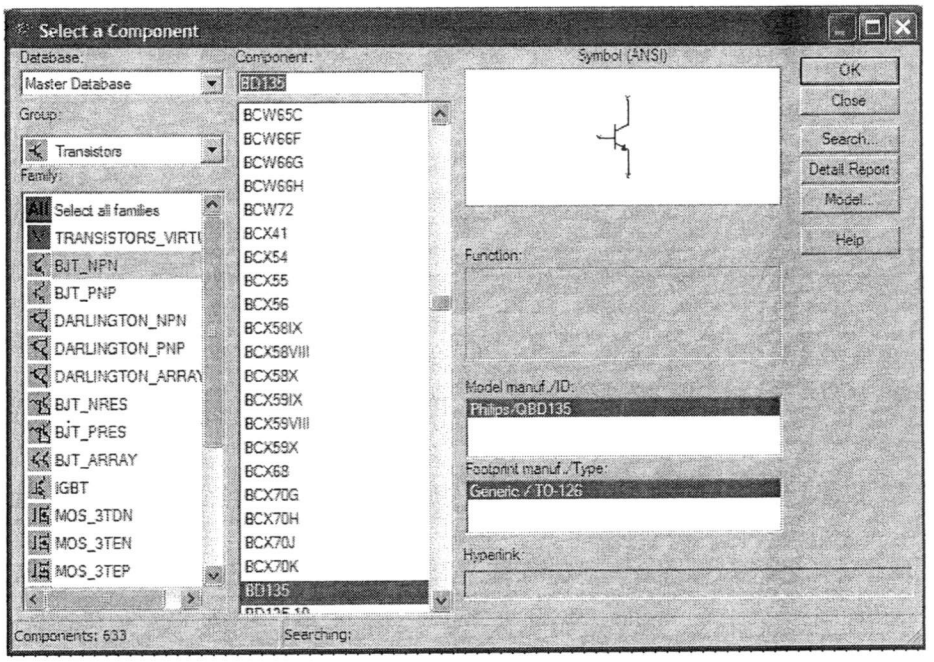
2. หน้าต่างของโปรแกรม Circuit Mutitsim Viewer จะถูกเปิดขึ้นเองอัตโนมัติ ซึ่งโปรแกรม Schematics จะเป็นโปรแกรมงานหลัก และมีภาพหน้าจอดังรูปที่ ช.1 โดยจุดที่แสดงเป็นพื้นหลังของกระดาษแผนภาพอย่างเป็นระเบียบ คือ กริด(Grid) เป็นตัวเลือกหนึ่งในการแสดงผลสำหรับใช้ช่วยในการวางชิ้นส่วน/อุปกรณ์และตัวอักษร รวมทั้งการเดินสายให้สะดวกยิ่งขึ้น (ใช้เป็นเครื่องช่วยบอกระยะห่างในแนวตั้งและแนวนอนของกระดาษแผนภาพ)

3. คลิกที่เมนู Place>Component



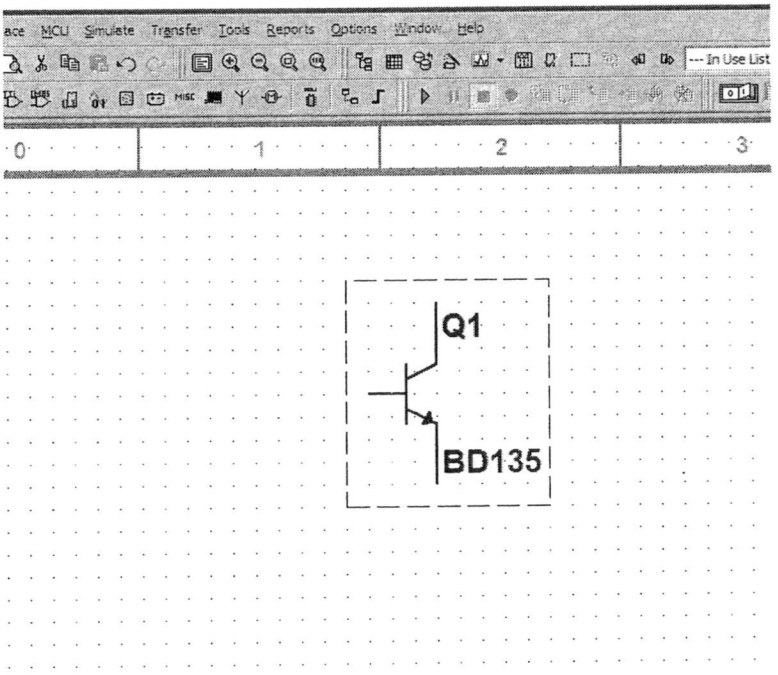
รูปที่ ฌ.11 แสดงแผนภาพเมนู Place

4. ก็จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ Select a Component ขึ้นมา



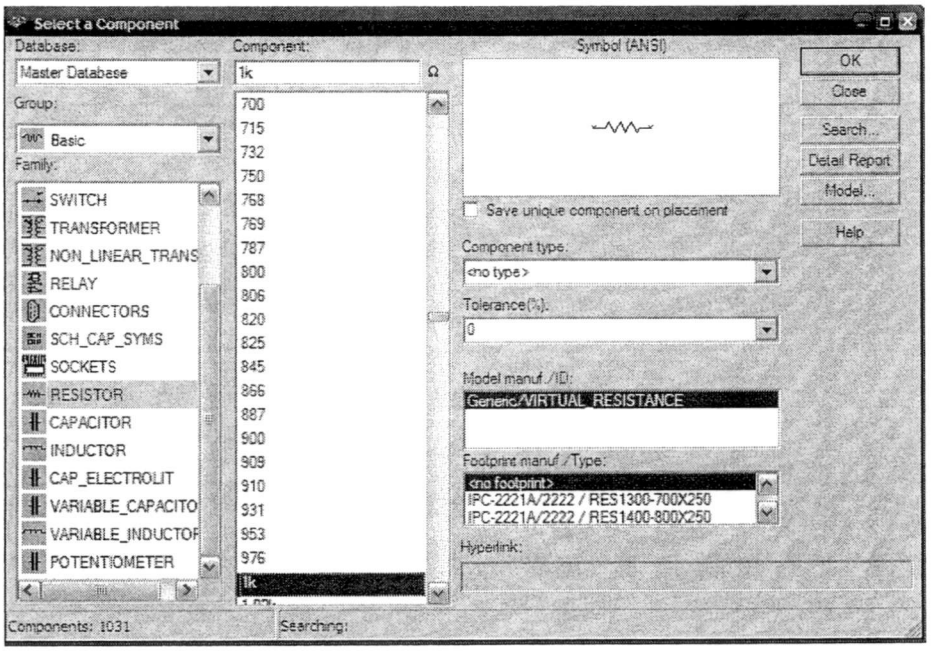
รูปที่ ฌ.12 แสดงแผนภาพการเลือกอุปกรณ์ Select Component

5. ทำการคลิกเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการ แล้วคลิกที่ปุ่ม OK อุปกรณ์ก็จะลอยติดมากับเมาส์ ให้คลิกซ้ายอุปกรณ์ลงไป



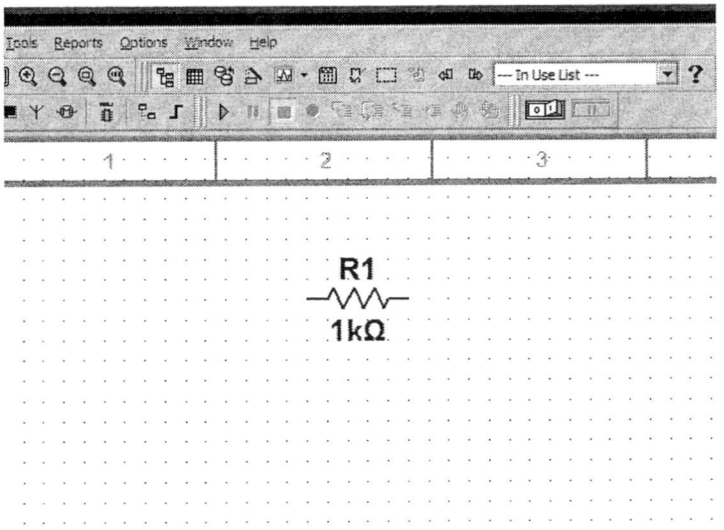
รูปที่ ฌ.13 แสดงแผนภาพการวางอุปกรณ์

6. ไดอะล็อกบ็อกซ์ Select a Component จะขึ้นมาอีก เพื่อให้เราเลือกวางอุปกรณ์ตัวต่อไป ถ้าไม่ต้องการแล้วให้คลิกที่ปุ่ม Close

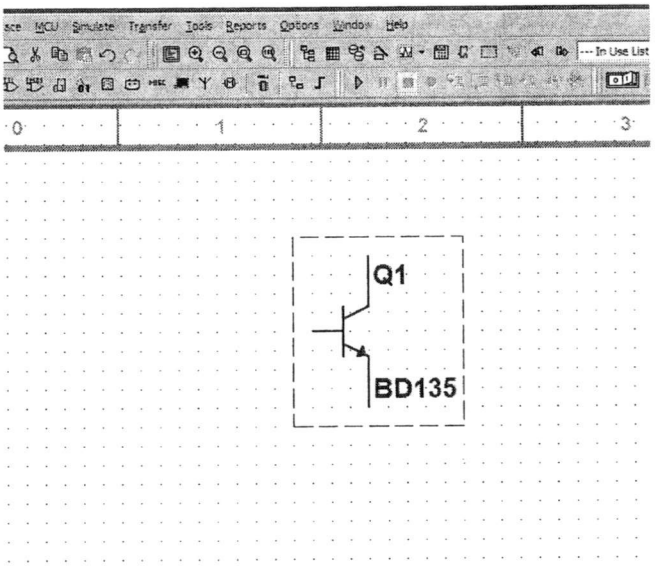


รูปที่ ฌ.14 แสดงแผนภาพการตั้งค่าอุปกรณ์

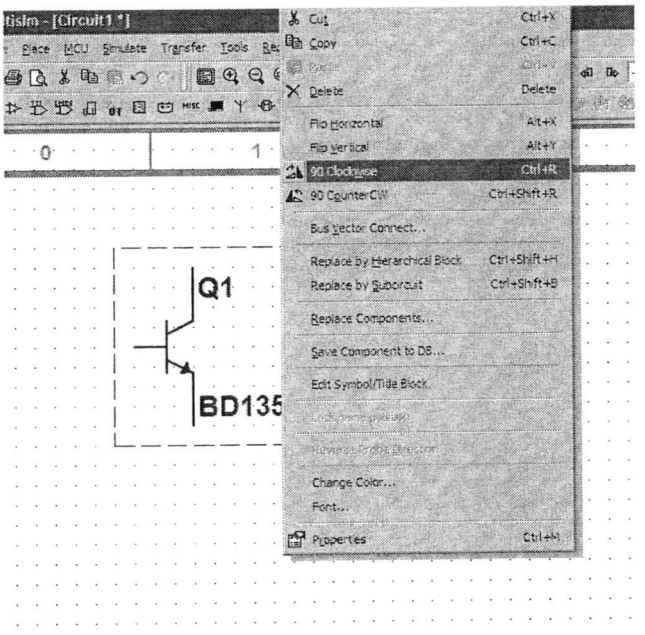
7. เราก็จะได้อุปกรณ์ที่วางอยู่บนพื้นที่ทำงานตามต้องการ



8. การหมุนอุปกรณ์ การสร้างวงจรในบางครั้งอาจต้องมีการหมุนอุปกรณ์บ้าง เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่สวยงาม และง่ายต่อการสร้างวงจร ซึ่งการหมุนอุปกรณ์ให้อยู่ในมุมที่ต้องการ ก็สามารถทำได้ดังนี้ คลิกที่ตัวอุปกรณ์ที่ต้องการหมุนให้ปรากฏเป็นกรอบเส้นประ

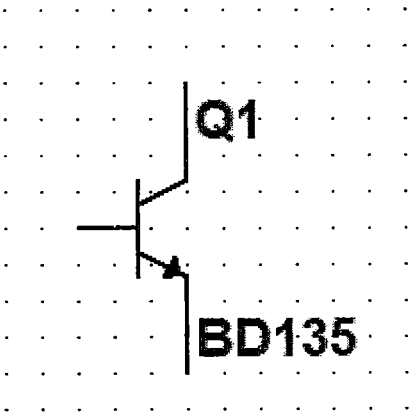


9. คลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์แล้วเลือกเมนู 90 Clockwise **หรือกดปุ่มคีย์** < Ctrl + R > **ก็ได้**

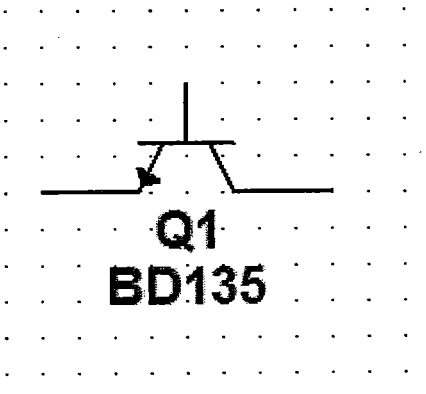


รูปที่ ฌ.15 แสดงแผนภาพการหมุนอุปกรณ์

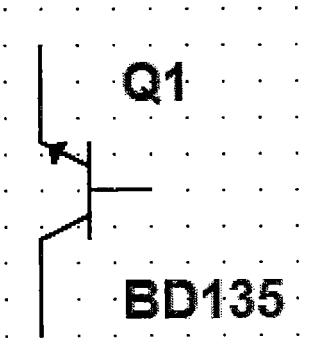
10. รูปแสดงทิศทางการหมุนของอุปกรณ์ในแต่ละครั้ง



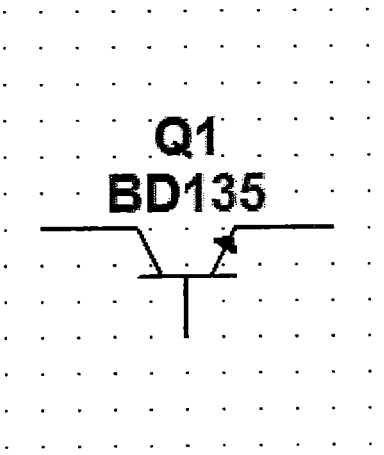
เริ่มต้นที่ 0 องศา



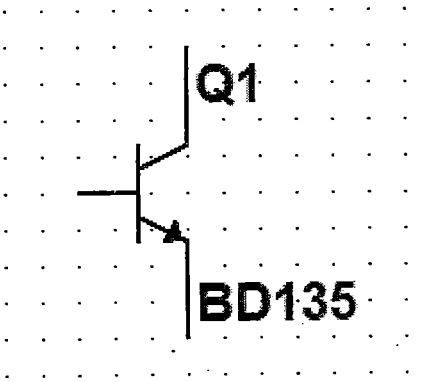
เริ่มต้นครั้งที่ 1 90 องศา



เริ่มต้นครั้งที่2 180 องศา



เริ่มต้นครั้งที่ 3 270 องศา



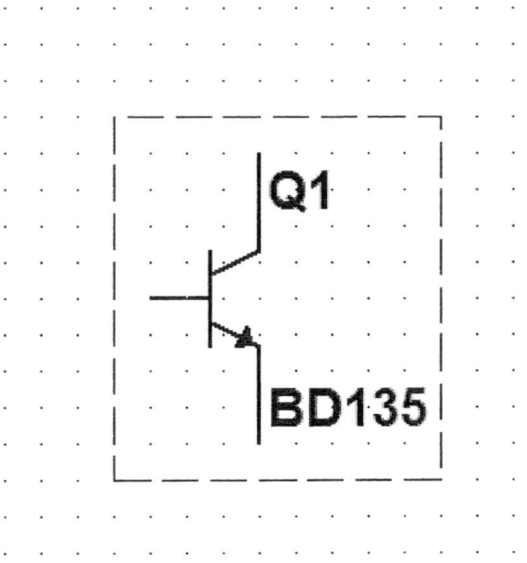
เริ่มต้นครั้งที่ 4 กลับมาที่ 0 องศา

รูปที่ ฌ.16 แสดงแผนภาพการกำหนดทิศทางการหมุนของอุปกรณ์

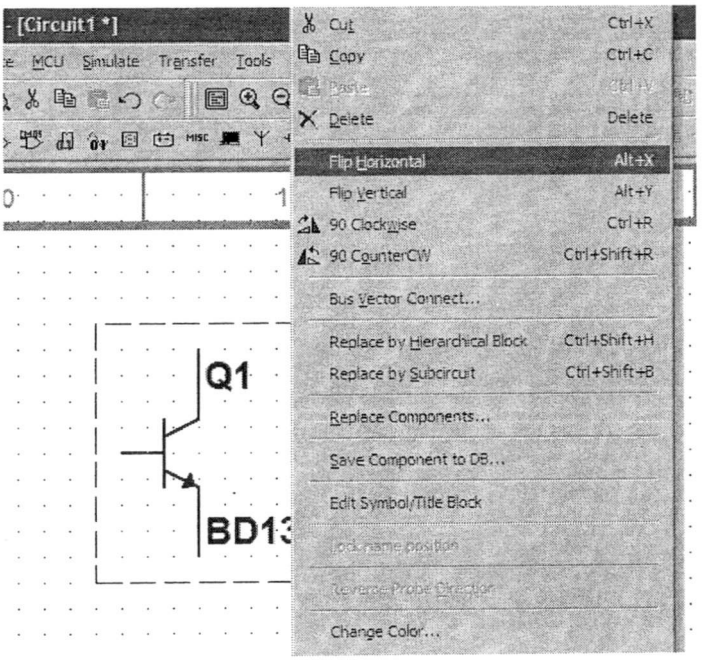
11. การสลับแกนอุปกรณ์ การสลับแกนอุปกรณ์จะแตกต่างกับการหมุนอุปกรณ์ตรงที่การหมุนอุปกรณ์จะเป็นเปลี่ยนมุมครั้งละ 90 องศา แต่การสลับแกนจะเปลี่ยนรูปแบบของอุปกรณ์จากขวามาซ้าย หรือซ้ายมาขวา โดยทั่วไปอุปกรณ์ที่มักเปลี่ยนแกนกันบ่อย ๆ

ก็เป็นอุปกรณ์จำพวกที่มีสัญลักษณ์ภายในหรือตัวเลข เช่น ทรานซิสเตอร์,ออปแอมป์ ซึ่งมีขั้นตอนการสลับแกนดังนี้

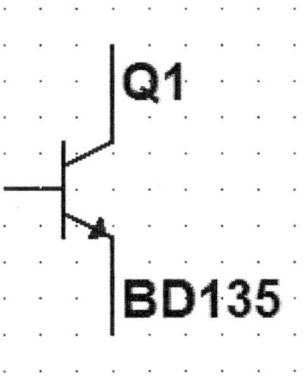
คลิกที่ตัวอุปกรณ์ที่ต้องการสลับแกน ให้ปรากฏเป็นกรอบเส้นประ



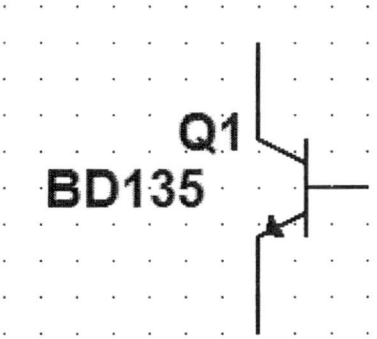
12. คลิกขวาที่ตัวอุปกรณ์ แล้วเลือกเมนู Flip Horizontal หรือ Flip Vertical เพื่อสลับจากขวามาซ้ายหรือบนลงล่าง หรือกดปุ่มคีย์ <Alt+X> และปุ่มคีย์ <Alt + Y> ก็ได้



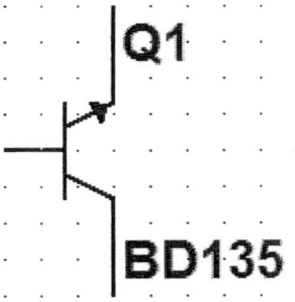
13. รูปแสดงทิศทางการสลับแกนอุปกรณ์ ในขณะที่อุปกรณ์ลอยติดอยู่ที่เมาส์เราสามารถกดปุ่มคีย์ < Alt + X > หรือปุ่มคีย์ <Alt + Y> เพื่อสลับแกนอุปกรณ์เลยก็ได้



ยังไม่มีการสลับแกน

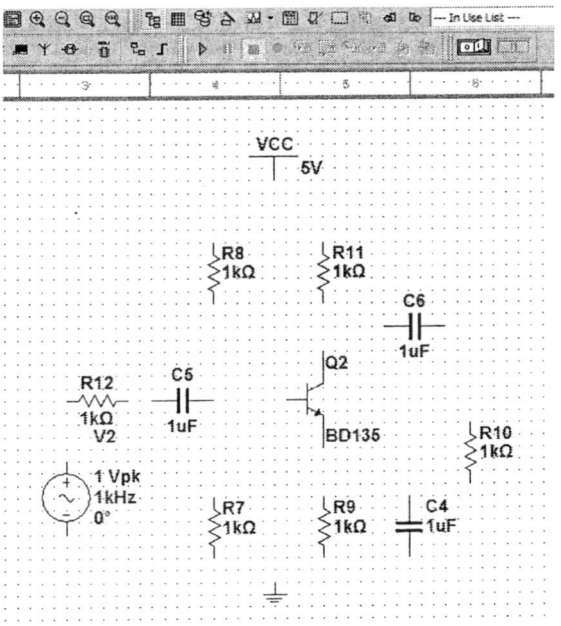


เมื่อกดปุ่มคีย์ <Alt +X > หรือ Flip Horizontal

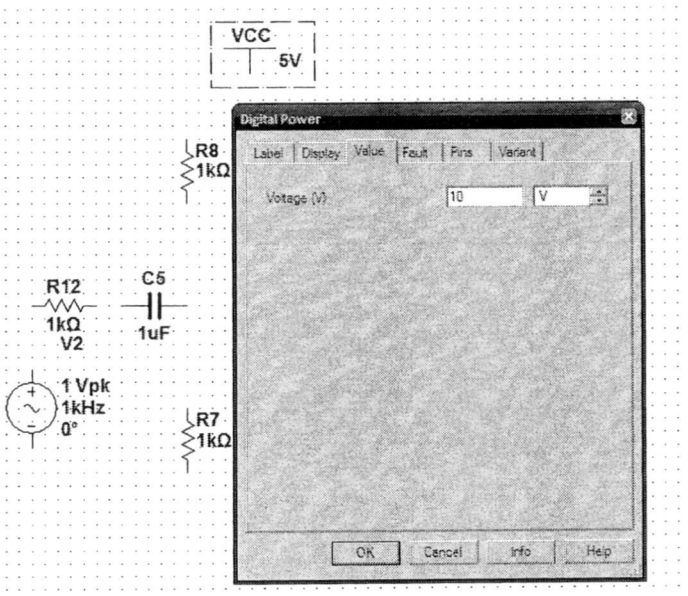


เมื่อกดปุ่มคีย์ <Alt + Y > หรือ Flip Vertical

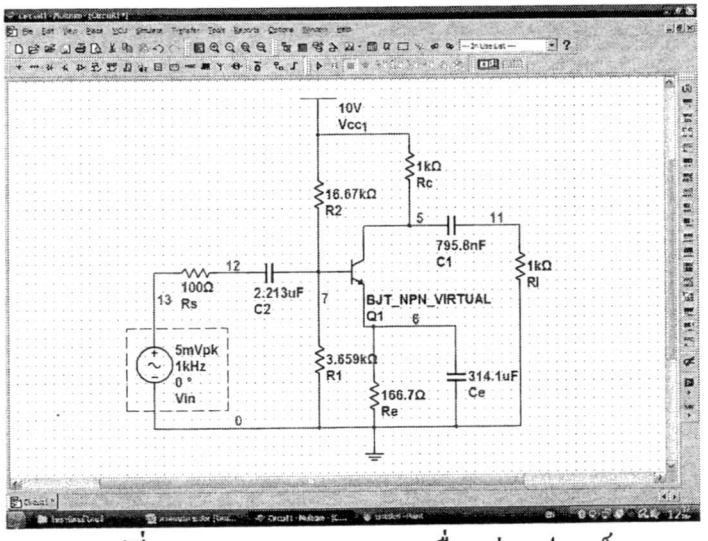
14. วางอุปกรณ์ทุกตัวลงไปแล้วจัดเรียงให้เหมือนวงจรต้นแบบ ดังรูป



15. จากนั้นเลื่อนเม้าท์ไปที่ตัวอุปกรณ์แล้วคลิกเม้าท์จะปรากฏ Poperties ของอุปกรณ์ตัวนั้นแล้วทำการเปลี่ยนพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ทุกตัวให้เป็นไปตามแบบที่เรากำหนด



16. จากนั้นทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณให้ครบตามวงจรต้นแบบ ก็จะได้ดังรูป

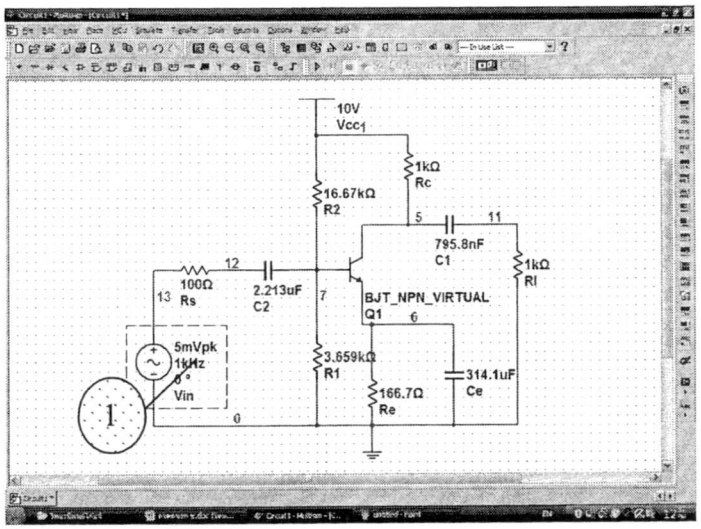


รูปที่ ฌ.17แสดงแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์

6. การสั่งรันโปรแกรม

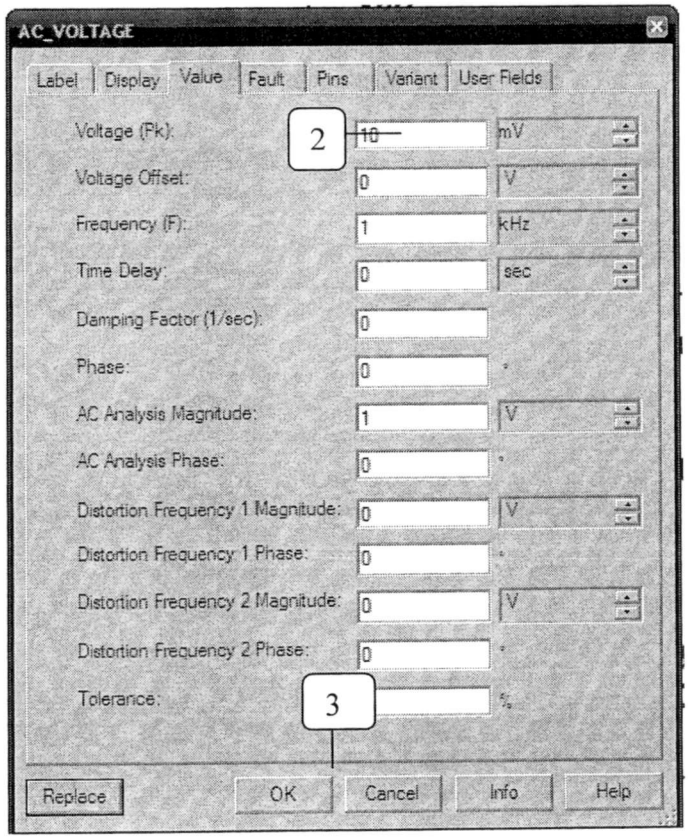
เมื่อเราสร้างวงจรที่ต้องการวิเคราะห์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเราต้องกำหนดเครื่องมือวัดภายในวงจร เพื่อให้แสดงผลเป็นรูปกราฟหรือค่าแรงดันกับกระแสเมื่อสั่งรันโปรแกรม

1.อันดับแรกดับเบิลคลิกที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ Vin เพื่อเข้าไปกำหนดค่าแรงดันใหม่

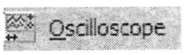


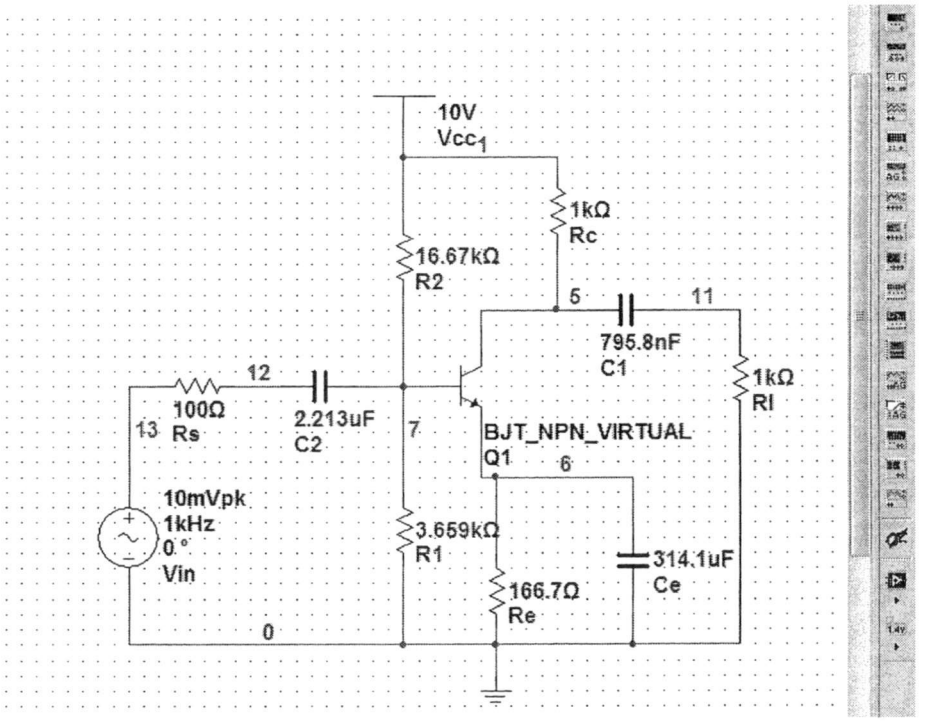
2. กำหนดค่าแรงดันในช่อง Voltage (pk) เป็น 10 mV

3.คลิกปุ่ม OK

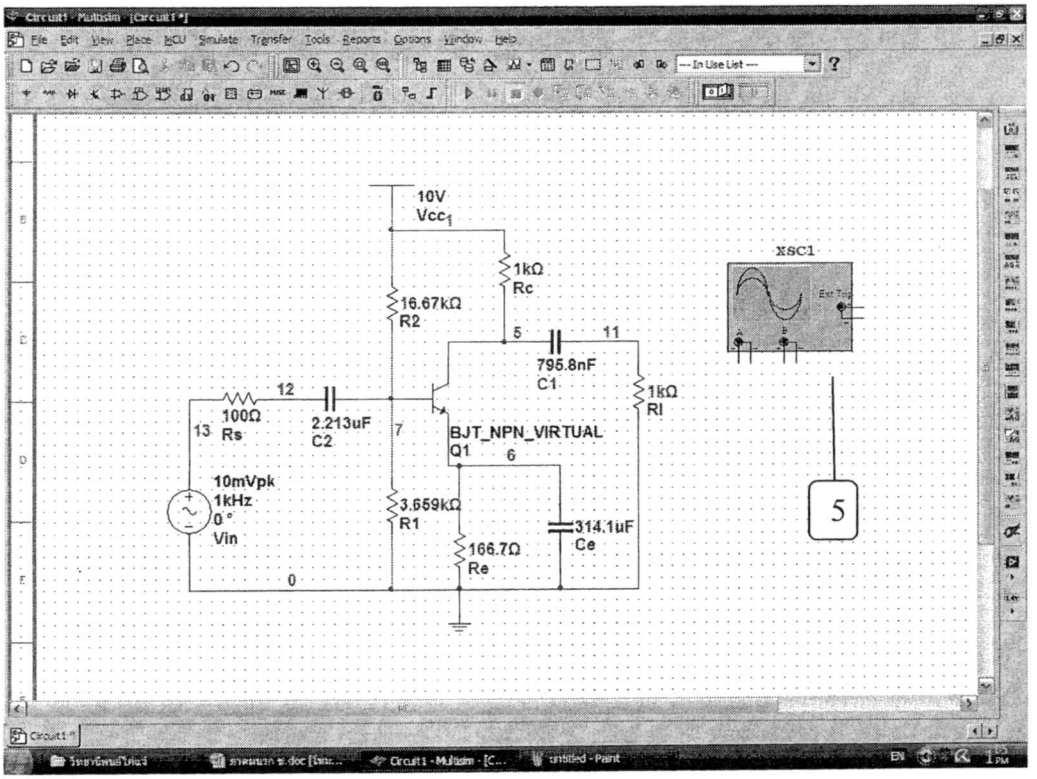


4. จากนั้นเลือกเครื่องมือวัดตามที่เราต้องการซึ่งในที่นี้เลือกคลิกที่ปุ่ม

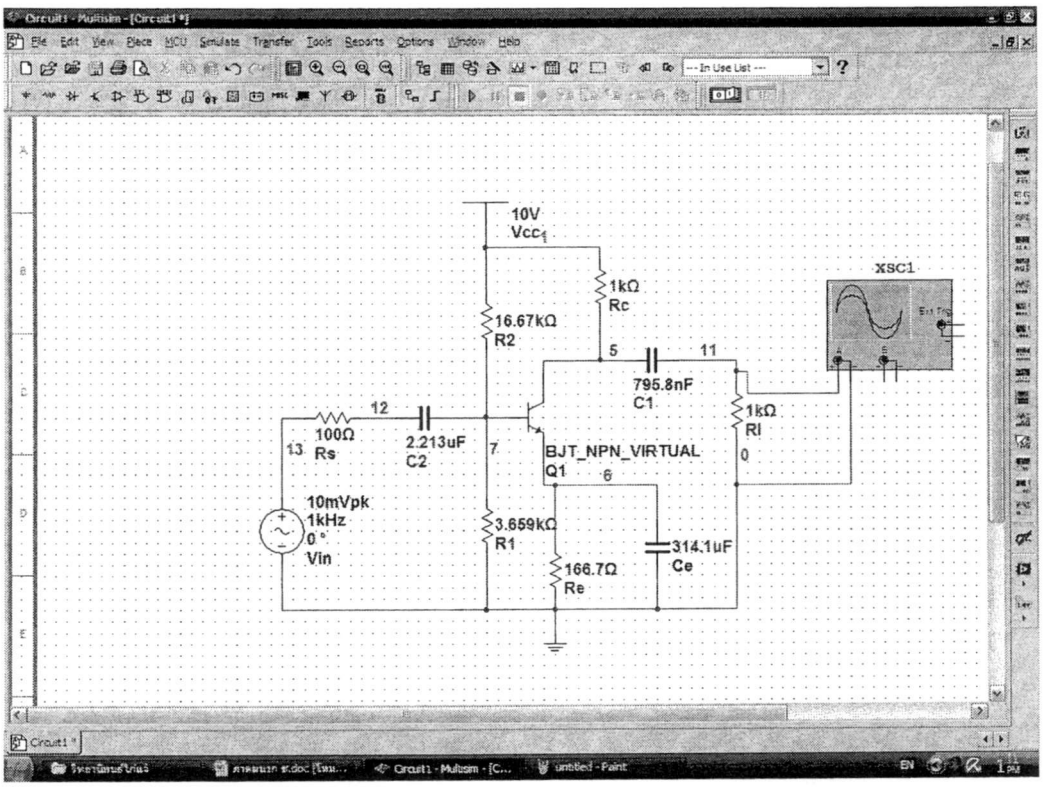




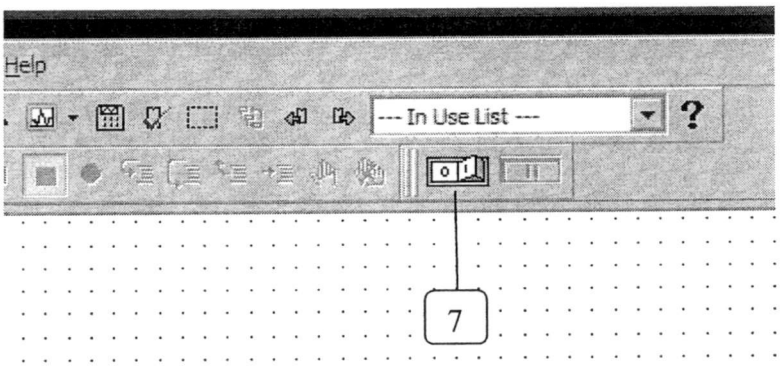
5. วางเครื่องมือวัด Oscilloscope ลงบนพื้นที่ทำงานในตำแหน่งที่ต้องการ



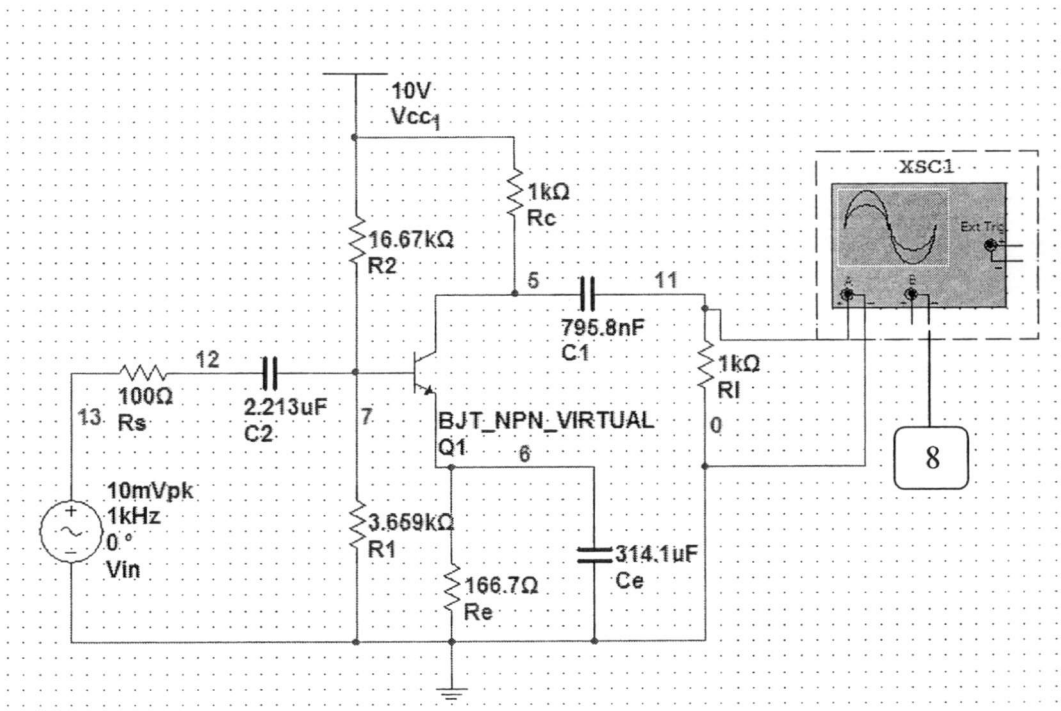
6. เชื่อมต่อสายสัญญาณจาก Oscilloscope เข้ากับวงจรที่ต้องการวัดตามจุดที่เราต้องการ ในที่นี้เลือกวัดคร่อมตัวต้านทาน R1 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของวงจร



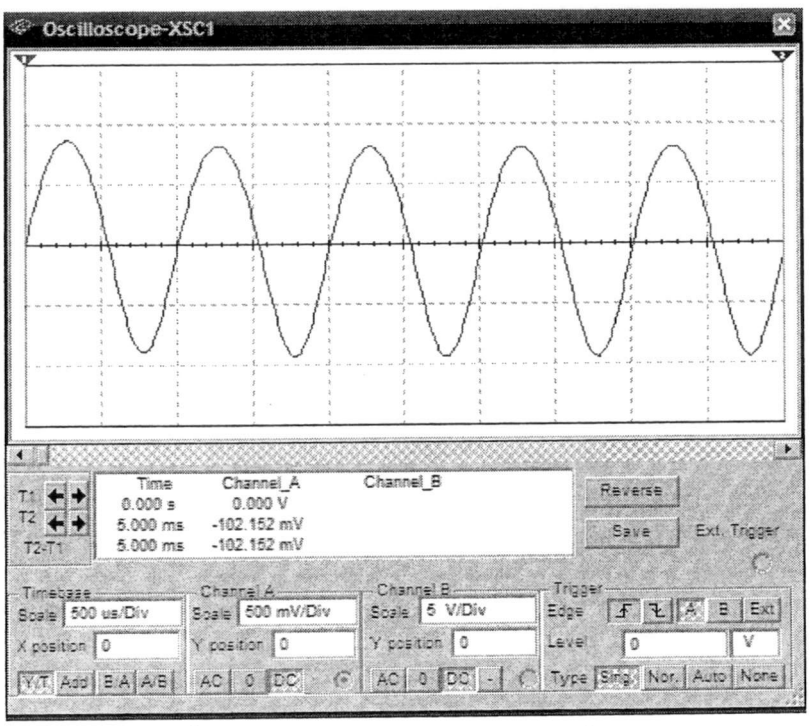
7. คลิกที่ปุ่ม เพื่อสั่งรันให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์วงจร



8. จากนั้นดับเบิลคลิกที่เครื่องมือ Oscilloscope เพื่อเข้าไปที่ผลการวิเคราะห์วงจร



9. จะปรากฏหน้าต่าง Oscilloscope – XSC1 ขึ้นมา โดยจะแสดงรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรออกมาดังรูป



9

รูปที่ ฌ.18 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์วงจร

จากตัวอย่างเชื่อว่าผู้อ่านเริ่มจะเห็นภาพพจน์ของโปรแกรม Electronic Workbench แล้วว่ามีลักษณะการทำงานอย่างไร ซึ่งจะเห็นว่าการใช้งานค่อนข้างง่าย และมีประสิทธิภาพสูง แต่เนื่องจากความสามารถของโปรแกรมมีอยู่มากมาย ดังนั้นผู้อ่านควรศึกษาความรู้ในเรื่องต่างๆ ต่อไป

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายบุญทัน สนั่นน้ำหนัก
วัน เดือน ปี เกิด	9 กรกฎาคม 2518
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 45/2 ซอยโดนไข3 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000
สถานที่ทำงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
ตำแหน่ง	อาจารย์
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2543 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ ปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต(ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง