รายงานการวิจัย

# การพัฒนาสื่อประสม ไฮเปอร์บุคต์ สำหรับอาชีวะศึกษา

# DEVELOPMENT OF HYPERBOOK MULTIMEDIA FOR VOCATIONAL EDUCATION

1. ผศ. ดร. ศิริรัตน์ เพ็ชร์แสงศรี

2. รศ. ดร. สุรสิทธิ์ ราตรี

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2551

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

# การพัฒนาสื่อประสม ไฮเปอร์บุคต์ สำหรับอาชีวะศึกษา

# DEVELOPMENT OF HYPERBOOK MULTIMEDIA FOR VOCATIONAL EDUCATION

1. ผศ. ดร. ศิริรัตน์ เพ็ชร์แสงศรี

2. รศ. ดร. สุรสิทธิ์ ราตรี

RCH
QA
76.757
ศ481ก
ค.2

ตรหมู่.....
เลขทะเบียน.116130
วัน,เดือน,ปี.....-2 มี.ค. 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2551

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b.12314481
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| ชื่อโครงการวิจัย | : | การพัฒนาสื่อประสม ไฮเปอร์บุคต์ สำหรับอาชีวะศึกษา<br>Development of HyperBook Multimedia for Vocational Education |
| ชื่อผู้วิจัย | : | 1. ผศ. ดร. ศิริรัตน์ เพ็ชร์แสงศรี<br>2. รศ. ดร. สุรสิทธิ์ ราตรี |
| หน่วยงาน | : | คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร |
| โทรศัพท์ | : | 02-329-8446 |
| ประเภททุน | : | เงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2551 |
| จำนวนเงินทุน | : | 393,600 บาท |
| ระยะเวลาทำวิจัย | : | ตุลาคม ปี พ.ศ. 2550 ถึง กันยายน ปี พ.ศ. 2551 |

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาแนวทางการสร้างสื่อประสม อีกรูปแบบหนึ่ง โดยใช้อุปกรณ์สื่อวิดีทัศน์ที่มีใช้อยู่ทั่วไป เช่น เครื่องรับโทรทัศน์ และเครื่องเล่นดีวีดี มาประยุกต์ใช้ร่วมกับหนังสือหรือตำราเรียนที่มีภาพนิ่งประกอบหนังสือ มาเปลี่ยนเป็นภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงบรรยาย โดยผู้ใช้เพียงเลือกกดหมายเลขจากปุ่มรีโมทของเครื่องเล่นดีวีดีให้ตรงกับหมายเลขรูปภาพในหนังสือ จะปรากฏเป็นภาพเคลื่อนไหวอธิบายรูปภาพที่สอดคล้องกับเนื้อหาในหนังสือ เทคนิคการสร้างใช้ Flash MX ผลิตภาพเคลื่อนไหวและแปลงเป็นไฟล์วิดีโอในรูปแบบ MPEG II พร้อมบันทึกเป็นคลิปวิดีโอ ลงในแผ่นดีวีดี วัตถุประสงค์ของการวิจัยได้แก่ 1) เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ และ 2) เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจ การใช้งาน สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ในห้องปฏิบัติการสำหรับวิชาสาขาทางช่างอุตสาหกรรม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ที่นำเนื้อหาจากหนังสือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยทำการสร้างภาพเคลื่อนไหวตามรูปภาพนิ่งที่ปรากฏในหนังสือเรียน โดยครอบคลุมเนื้อหาวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 5 บทเรียน บันทึกลงในแผ่นดีวีดี 2) แบบประเมินคุณภาพของ สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับอาชีวะศึกษาสาขาช่างอุตสาหกรรม สังกัดวิทยาลัยเทคนิคในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 2 แห่ง เป็นจำนวน 60 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินการวิจัยโดยให้นักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทดลองใช้สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ โดยการศึกษาเนื้อหาในหนังสือเรียนวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์บทที่ 1-5 ควบคู่กับการเปิดแผ่นดีวีดีในเครื่องเล่นดีวีดี สำหรับดูภาพเคลื่อนไหวประกอบการบรรยายในภาพที่ปรากฏในหนังสือที่มีเลขของรูปภาพปรากฏ นักศึกษากดรีโมทของเครื่องเล่นดีวีดีให้ตรงกับหมายเลขรูปภาพในหนังสือ จะปรากฏเป็นภาพเคลื่อนไหวอธิบายรูปภาพที่สอดคล้องกับเนื้อหาในหนังสือ เมื่อเล่นเสร็จ โปรแกรมบทเรียนไฮเปอร์บุคต์จะนำกลับมาสู่หน้าหลักเพื่อรอรับการเลือกกดดูไฟล์ภาพถัดไปที่นักศึกษาต้องการ เมื่อเรียนจบแต่ละหน่วยให้นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียน เมื่อเรียนจบครบทุกหน่วยให้นักศึกษาทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานบทเรียนสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

ผลการวิจัยพบว่า

1. ประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีประสิทธิภาพของบทเรียน (E1:E2) เท่ากับ 81.67 :80.83 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐาน คือ ไม่ต่ำกว่า 80:80

2. ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title : Development of HyperBook Multimedia for Vocational Education
Researchers : 1. Assist. Prof. Dr. Sirirat Petsangsri
2. Assoc. Prof. Dr. Surasit Ratree
Academic Office : Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok.
Phone : 02-329-8446
Type of Research Fund : The Office of National Research on the budget of Fiscal year 2008
Amount of Research Fund : 393,600 Baht
Research Period : From October, 2007 to September, 2008

## Abstract

The purpose of this research study was to develop a new way of multimedia learning through video equipment; television and DVD player, with traditional book that included illustrations. The graphics and illustrations on the traditional book were transformed into graphic animation with narration in DVD format. Users had just pushed the remote control with the same number printed on illustrations of the certain book, and then the video clip played those illustration series until finished and went back to the main page of DVD menu. The tools used were Flash MX that created the animation and transformed the particular file into MPEG II. All the video clips were recorded into DVD format.

The instruments of the study were, 1) HyperBook Multimedia was created based on text book called "Electronic Circuit", that composed of 5 lessons, 2) sub-tests and a posttest to evaluate students' achievement that reflected to effectiveness of HyperBook Multimedia using $E_1$:$E_2$ criteria, and 3) five rating scale questionnaires asking about the satisfaction of the HyperBook Multimedia. The samples of the study were 60 vocational students from two vocational colleges in Bangkok.

The research was conducted by providing the students textbooks called Electronic Circuit, lesson 1-5, in conjunction with the release DVD (HyperBook) and DVD player for viewing of animations that appears the same number of images displayed in the book. While studying with textbook called Electronic Circuit, students then pressed the remote control to match the figure number in the book. Then, it appeared as animated images based on content described in the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electronic Circuit book. When finished playing, HyperBook program went back to the main page to follow for pressed animation files to the next selection of students. When students completed each unit, they had to do subtests. After students completed all units, they had to do posttests. In addition, satisfaction questionnaire for use of HyperBook Multimedia were administered to all students after they had finished their posttest session.

The result were as follows:

1. The effectiveness of HyperBook Multimedia on Electronic Circuit for Vocational Education was at 81.67: 80.83 that met the standard criterion.

2. The result of the satisfaction of HyperBook Multimedia on Electronic Circuit for Vocational Education from the subjects was at high level (mean = 4.11, S.D. = 0.74).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนประเภทเงินงบประมาณแผ่นดิน จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปีงบประมาณ 2551 ซึ่งทำให้คณะผู้วิจัยสามารถดำเนินงานวิจัยได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำ และประเมินสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ขอขอบคุณคณาจารย์จากวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลกับนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานบริหารงานวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเจ้าหน้าที่ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ให้ความกรุณาในการประสานงานเพื่อให้การดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายขอไว้อาลัยแด่ รศ. ดร. สุรสิทธิ์ ราตรี ผู้ร่วมวิจัยที่ได้ล่วงลับก่อนที่เล่มรายงานวิจัยจะเสร็จสมบูรณ์ ท่านได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลืออย่างเต็มกำลังในการดำเนินการวิจัยทุกขั้นตอนก่อนที่ท่านจะลาจากไปสู่สรวงสวรรค์ ข้าพเจ้าขอไว้อาลัยต่อดวงวิญญาณของท่านไว้ ณ ที่นี้ ด้วย

ผศ.ดร. ศิริรัตน์ เพ็ชร์แสงศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | III |
| กิตติกรรมประกาศ | V |
| สารบัญ | VI |
| สารบัญตาราง | VIII |
| สารบัญภาพ | IX |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 3 |
| 1.3 สมมุติฐานการวิจัย | 3 |
| 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย | 3 |
| 1.5 ขอบเขตของการวิจัย | 3 |
| 1.6 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย | 4 |
| 1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย | 4 |
| 1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| **บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 6 |
| 2.1 คำอธิบายรายวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ | 6 |
| 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับสื่อประสมมัลติมีเดีย | 7 |
| 2.3 ทฤษฎีในการพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคส์ | 12 |
| 2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคส์ | 21 |
| 2.5 ดีวีดี เครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพา จอภาพผลึกเหลว | 21 |
| 2.6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 27 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย** | 29 |
| 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง | 29 |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 29 |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 37

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 37

**บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล** ..... 40

4.1 ผลการหาคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ..... 40

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ..... 42

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ..... 43

**บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ** ..... 44

5.1 สรุปผลการวิจัย ..... 44

5.2 อภิปรายผล ..... 46

5.3 ข้อเสนอแนะ ..... 47

**บรรณานุกรม**..... 49

**ภาคผนวก** ..... 52

ภาคผนวก ก ประมวลภาพการเก็บข้อมูล และงานสัมมนาเชิงปฏิบัติการ ..... 53

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพ ..... 59

ภาคผนวก ค แบบสอบถามในการวิจัย..... 64

ภาคผนวก ง แบบทดสอบท้ายบทเรียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ..... 67

ภาคผนวก จ ตัวอย่างเอกสารประกอบการเรียน และใบงานวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ .... 79

**ประวัติผู้เขียน** ..... 150




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา | 40 |
| ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อ | 41 |
| ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคส์ | 42 |
| ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคส์ | 43 |


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 แสดงทฤษฎีในการพัฒนาบทเรียนแบบ ADDIE MODEL..... | 13 |
| 3.1 ขั้นตอนการทำงานของแผ่นดีวีดีเมื่อคลิปวิดีโอถูกเลือกหมายเลขให้แสดง..... | 30 |
| 3.2 แสดงขั้นตอนการสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์..... | 32 |
| 3.3 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... | 35 |
| ก .1 นักศึกษากำลังศึกษาด้วยสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์..... ..... ..... | 54 |
| ก. 2 นักศึกษากำลังศึกษาด้วยสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ..... ..... ..... | 55 |
| ก. 3 การจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง เทคนิคการสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์..... ..... | 56 |
| ก. 4 รศ. ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี วิทยากร บรรยาย เรื่อง เทคนิคการสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ .... | 57 |
| ก. 5 ภาพแสดงหน้าปกแผ่น ดีวีดี สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ..... | 58 |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แนวคิดวิสัยทัศน์ในการพัฒนาการอาชีวะศึกษาไทย ท่ามกลางความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี จำเป็นต้องปรับแนวคิดเพื่อให้การจัดการอาชีวะศึกษาบรรลุตามวิสัยทัศน์ที่พึงประสงค์ โดยการให้มีการศึกษาเป็นกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนรู้จักการเรียนรู้ รู้วิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเองในรูปแบบและวิธีการหลากหลาย โดยเน้นการศึกษาที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Child Center) ของการพัฒนาการศึกษา ให้โอกาสผู้เรียนมีบทบาทในการพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ จากเจตนาดังกล่าว มีผลให้องค์ประกอบของการจัดการศึกษา ที่เรียกว่าเทคโนโลยีทางการศึกษา เข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาการศึกษาให้มีประสิทธิภาพตามวิสัยทัศน์ของการพัฒนาการศึกษาในปัจจุบัน

โดยที่เทคโนโลยีทางการศึกษา มีบทบาท ในการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและส่งเสริมกระบวนการเรียนการสอน โดยเน้นวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่สามารถวัดได้อย่างถูกต้องแน่นอน มีการยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มากกว่าจะยึดเนื้อหาวิชา มีการใช้การศึกษาเชิงปฏิบัติ โดยผ่านการวิเคราะห์และการใช้เครื่องโสตทัศนูปกรณ์รวมถึงเทคนิคการสอนโดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ อาทิ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ สื่อการสอนต่าง ๆ ในลักษณะของสื่อประสม

อิริคสัน กล่าวว่า "สื่อประสม" หมายถึง การนำเอาสื่อการสอนหลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กันซึ่งมีคุณค่าที่ส่งเสริมซึ่งกันและกัน สื่อการสอนอย่างหนึ่งอาจใช้เพื่อเร้าความสนใจในขณะที่อีกอย่างหนึ่งใช้เพื่ออธิบายข้อเท็จจริงของเนื้อหา และอีกชนิดหนึ่งอาจใช้เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง และป้องกันการเข้าใจความหมายผิด การใช้สื่อประสมจะช่วยให้ผู้เรียนมีประสบการณ์จากประสาทสัมผัสที่ผสมผสานกันได้พบวิธีการที่จะเรียนในสิ่งที่ต้องการได้ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น (อ้างใน ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2523)

ในความเป็นจริง สภาพแวดล้อมของการเรียนและลงมือปฏิบัติการเพื่อฝึกทักษะในสาขาช่างอุตสาหกรรมโดยทั่วไป หากมีการติดตั้งระบบมัลติมีเดียคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เรียนควบคู่กับการฝึกปฏิบัติดูจะไม่เหมาะกับสถานที่ปฏิบัติการ ที่เต็มไปด้วยเครื่องมืออุปกรณ์ อีกทั้งฝุ่นละอองต่าง ๆ นอกจากนั้นงบประมาณการจัดหาเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นระบบที่สมบูรณ์และเพียงพอต่อความต้องการใช้งานตลอดจนมีผู้คอยดูแลระบบให้ใช้งานได้ตลอดเวลา ปัญหาเหล่านั้นจะเป็นสิ่งที่ปั่นทอนวิสัยทัศน์ที่ได้ตั้งความมุ่งหวังไว้ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น จากปัญหาความยุ่งยากดังกล่าวหากเราปรับเปลี่ยนมาเลือกใช้เทคโนโลยีที่ใช้แทนกันได้ ในงบประมาณที่ประหยัด ไม่ต้องดูแลเป็นพิเศษ อีกทั้งยังส่งเสริมให้ครู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจารย์พัฒนาบทเรียนจากสื่อชนิดใหม่ได้ง่าย การพัฒนาการอาชีวะศึกษาก็จะมีประสิทธิภาพตามวิสัยทัศน์เกิดขึ้นจริงได้

นักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระดับอายุ 15-18 ปีซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงวัยรุ่น โดยในวัยนี้จะมีความสนใจในสิ่งกระตุ้นที่ก่อให้เกิดความสนใจที่แปลกใหม่ นอกเหนือจากการเรียนรู้ปกติ ซึ่งในการเรียนการสอนนั้นจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการสอนหรือใช้สื่อ ที่สามารถดึงดูดความสนใจของนักศึกษาได้ และ จากผลของการวิจัยเกี่ยวกับผลของการรับรู้ของมนุษย์ โดยประสาทสัมผัส ทั้งห้า อันเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายว่า จักษุสัมผัส (การมองเห็น) มีประสิทธิภาพสูงสุด 75% โสตสัมผัส (การได้ยิน) 15% กายสัมผัส (การสัมผัส)5% ชิวหาสัมผัส (การชิมรส) 3% ฆานะสัมผัส (การดมกลิ่น) 2% จะเห็นได้ว่าการรับรู้จากการมองเห็นนั้นมีประสิทธิภาพที่สุด ดังนั้นการใช้สื่อการสอนในกระบวนการเรียนการสอนที่ได้ผลดีจึงควรใช้สื่อที่แปลกใหม่เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน และเน้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ที่สามารถรับรู้จากการมองเห็นมากที่สุด (กิดานันท์ มลิทอง. 2536)

เครื่องเล่นดีวีดี เป็นเทคโนโลยีเพื่อความบันเทิงในบ้าน ที่มีแพร่หลายและใช้ควบคู่กับเครื่องรับโทรทัศน์มานาน ปัจจุบันมีราคาถูกลงมาก เช่นเครื่องรับโทรทัศน์ขนาด 14 นิ้วพร้อมเครื่องเล่นดีวีดี ราคารวมกันไม่ถึง 5,000 บาท และหากเราพัฒนาให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งสองแสดงสื่อบทเรียนที่สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ออกมาเป็นสื่อมัลติมีเดียทดแทนระบบมัลติมีเดียคอมพิวเตอร์ได้ จะช่วยประหยัดงบประมาณและดูแลรักษาง่าย สามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมทั่วไป ได้ดี

การเรียนรู้ด้วยตนเองจากการอ่านหนังสือหรือตำราเรียน เป็นวิธีศึกษาที่ปฏิบัติสืบเนื่องกันมานานทุกระดับการศึกษา หนังสือหรือตำราที่ดีจะมีภาพประกอบคำบรรยายที่ละเอียด ชัดเจน และเข้าใจง่าย ทำให้ผู้อ่านจิตนาการได้ตรงกับความหมายของผู้เขียนที่ต้องการถ่ายทอด แต่ภาพประกอบหนังสือตำราเรียนบางส่วนไม่เป็นเช่นนั้น โดยเฉพาะหนังสือหรือตำราที่เกี่ยวข้องกับงานช่างอุตสาหกรรม ที่จำเป็นต้องมีผู้อธิบาย สาธิต บรรยายประกอบเพื่อให้เกิดความเข้าใจในขั้นตอนปฏิบัติที่ชัดเจนถูกต้องสามารถนำไปฝึกปฏิบัติตามได้ ดังนั้นหากเราปรับเปลี่ยนภาพนิ่งประกอบในหนังสือตำรา มาเป็นภาพเคลื่อนไหววิดีทัศน์ เพื่อแสดงปรากฏการณ์ บรรยาย สาธิต ให้ละเอียดชัดเจนได้ เปรียบเสมือนมีครูผู้เชี่ยวชาญคอยบรรยายและเลือกดูซ้ำจนกว่าจะเข้าใจ จะช่วยให้การเรียนรู้ด้วยตนเอง และทดลองฝึกปฏิบัติตามจากในหนังสือตำราพร้อมตัวอย่างรูปประกอบที่เคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้เรียนเพียงเลือกกดหมายเลขรูปในหนังสือด้วยรีโมทของเครื่องเล่นดีวีดี ภาพเคลื่อนไหวหรือคลิปวิดีทัศน์ที่เตรียมไว้ จะปรากฏขึ้นเพื่ออธิบายเสริมเพิ่มเติมจากเนื้อหาในหนังสือได้

ด้วยเหตุผลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงมองเห็นความสำคัญและคุณค่าของสื่อประสม ที่นำมาใช้ในการเรียนควบคู่กับหนังสือวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ก็เป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถใช้งานได้ง่ายและใช้ได้กับเครื่องเล่น ดีวีดี และเครื่องคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังมีขนาดกะทัดรัดสามารถพกพาได้สะดวกในการนำติดตัวไปพร้อมกับหนังสือได้ง่าย ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะทำวิจัยเรื่องการสร้าง สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาการเรียนการสอน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ

1.2.2 เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจ การใช้งาน สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ในห้องปฏิบัติการสำหรับวิชาสาขาทางช่างอุตสาหกรรม

## 1.3 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.3.1 สมมุติฐาน

1.3.1.1 สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E1: E2 ซึ่งกำหนดค่าไว้เท่ากับ 80:80

1.3.1.2 กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในต่อการใช้งานสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ในห้องปฏิบัติการสำหรับวิชาสาขาทางช่างอุตสาหกรรม ระดับมาก (ระดับ 3.50 ขึ้นไป)

1.3.2 กรอบแนวความคิด

สำหรับกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ คณะผู้วิจัยจะใช้วิธีการระบบของ ADDIE Model ซึ่งพัฒนาโดย Seels & Glasgow (1998) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์ (Analysis)
2. การออกแบบ (Design)
3. การพัฒนาสื่อ (Development)
4. การนำไปใช้งาน (Implementation)
5. การประเมิน (Evaluation)

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับอาชีวะศึกษาสาขาช่างอุตสาหกรรม สังกัดวิทยาลัยเทคนิคในเขตกรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับอาชีวะศึกษาสาขาช่างอุตสาหกรรม สังกัดวิทยาลัยเทคนิคในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร เป็นจำนวน 60 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1. ประสิทธิภาพของ สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

2. ความพึงพอใจในการใช้งานสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

## 1.5 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1.5.1 สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพนี้เป็นสื่อเสริมเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจให้กับผู้เรียนที่ใช้ควบคู่กับหนังสือเรียน วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.5.2 เนื้อหาที่ใช้เป็นภาพเคลื่อนไหว อธิบายเพิ่มเติมจากรูปภาพประกอบภายในหนังสือ เท่านั้น

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ไฮเปอร์บุคต์ หมายถึง สื่อประสมในรูปแบบแผ่นดีวีดีสำหรับใช้ร่วมการเรียนการสอนที่นำมาใช้ควบคู่กับหนังสือเรียน วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อใช้เรียนรู้ด้วยตนเองหรือทบทวนบทเรียน

1.6.2 ประสิทธิภาพของบทเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สังกัดวิทยาลัยเทคนิค ในเขตกรุงเทพมหานคร ที่ได้เรียนโดย สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80:80

80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้เรียนโดยสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ แล้วทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนแต่ละหน่วย

80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้เรียนโดยสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ แล้วทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนบทเรียน

1.6.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ผู้เรียนได้จากการทำแบบทดสอบหลังจากที่เรียนโดยสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยแบ่งเป็นสองส่วนคือ

1. แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.4 แบบประเมินคุณภาพ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ตรวจคุณภาพ ของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยแบ่งแบบประเมินออกเป็นสองด้าน คือ แบบประเมินด้านเนื้อหา และ แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1.6.5 แบบสอบถามความพึงพอใจ หมายถึง แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ หลังจากการทดลองหรือการใช้งาน สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เป็นแนวทางต้นแบบเพื่อพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์รูปแบบใหม่เพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองในสภาพแวดล้อมที่เหมาะกับโรงฝึกปฏิบัติงานในสถานศึกษาของอาชีวะศึกษาโดยเฉพาะสาขาช่างอุตสาหกรรม

1.7.2 เป็นการประยุกต์นำอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีทั่วไป มาใช้ทดแทนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีราคาสูง และดูแลบำรุงรักษายาก อันเป็นการใช้หลักเศรษฐกิจพอเพียง ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสม

1.7.3 ผลจากการวิจัยจะช่วยส่งเสริมและพัฒนาบุคคลากรทางการศึกษา ให้สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศได้ง่าย สะดวก และมีประสิทธิภาพต่อการใช้งานเพื่อการเรียนการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์สำหรับอาชีวศึกษา วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า ตำรา บทความ ผลงานวิจัย และเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในด้านต่างๆ ดังนี้

2.1 คำอธิบายรายวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับสื่อประสมมัลติมีเดีย

2.3 ทฤษฎีในการพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

2.5 ดีวีดี เครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพา จอภาพผลึกเหลว

2.6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 คำอธิบายรายวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์

### 2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

1. ให้มีความเข้าใจหลักการทำงาน การใช้งานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. เพื่อให้มีทักษะในการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาลักษณะสมบัติของวงจรอิเล็กทรอนิกส์
3. เพื่อให้มีทักษะในการใช้เครื่องมือวัดทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
4. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานช่างอิเล็กทรอนิกส์

### 2.1.2 มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจหลักการทำงานและการใช้งานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. วัดและทดสอบวงจรใช้งานทรานซิสเตอร์
3. วัดและทดสอบวงจรใช้งาน เฟต
4. วัดและทดสอบวงจรใช้งานไทริสเตอร์
5. วัดและทดสอบวงจรใช้งานอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ

### 2.1.3 คำอธิบายรายวิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการทำงานวงจรเบื้องต้น วงจรคอมมอนต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์ เฟต การ ให้ไบแอส วงจรขยาย และการดับปลิง แคสเคด ดาร์ลิงตัน กราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติไฟฟ้า ค่าพารามิเตอร์ ที่สำคัญ การใช้คู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบวงจรใช้งานของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ไทริส เตอร์ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ ประกอบใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น ขยายสัญญาณความถี่ต่ำ ขยายสัญญาณความถี่สูง วงจรกำเนิดสัญญาณ วงจรตั้งเวลา วงจรเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าควบ คุม วัดทดสอบค่าต่าง ๆ ของวงจรตามคุณลักษณะสมบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

หน่วยการสอนรายวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์

หน่วยการสอนที่ 1 วงจรทรานซิสเตอร์เบื้องต้น

หน่วยการสอนที่ 2 วงจรเฟตเบื้องต้น

หน่วยการสอนที่ 3 วงจรขยายสัญญาณและวจรเชื่อมต่อ

หน่วยการสอนที่ 4 วงจรใช้งานเอสซีอาร์

หน่วยการสอนที่ 5 วงจรใช้งานไทรแอกและไดแอก

หน่วยการสอนที่ 6 วงจรใช้งานของ ยูเจที

หน่วยการสอนที่ 7 วงจรใช้งาน ของ SCS GTO และ Shockley Diode

หน่วยการสอนที่ 8 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และการใช้งาน

หน่วยการสอนที่ 9 การออกแบบและการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

หน่วยการสอนที่ 10 การใช้และการอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ EGC

## 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับสื่อประสมมัลติมีเดีย

พัลลภ พิริยสุรวงศ์ (2542) กล่าวว่า มัลติมีเดียเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรม โดยเฉพาะได้นำมาใช้ในการฝึกอบรมและให้ความบันเทิง ส่วนในวงการศึกษามัลติมีเดียได้นำมาใช้เพื่อการเรียนการสอนในลักษณะแผ่นซีดีรอม หรืออาจใช้ในลักษณะห้องปฏิบัติการมัลติมีเดียโดยเฉพาะก็ได้ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า มัลติมีเดียจะกลายมาเป็นเครื่องมือที่สำคัญทางการศึกษาในอนาคต ทั้งนี้เพราะว่ามัลติมีเดียสามารถที่จะนำเสนอได้ทั้งเสียง ข้อความ ภาพเคลื่อนไหว ดนตรี กราฟิก ภาพถ่ายวัสดุตีพิมพ์ ภาพยนตร์ และวีดิทัศน์ ประกอบกับสามารถที่จะจำลองภาพของการเรียนการสอนที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองแบบเชิงรุก (Active Learning)

มัลติมีเดียเริ่มต้นในราว ๆ ต้นปี พ.ศ. 2534 พร้อม ๆ กับการใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 3.0 ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ใช้สำหรับเครื่องพีซี (PC) และเป็นระบบปฏิบัติการที่เรียกว่า กราฟิกยูซเซอร์อิเทอร์เฟท (Graphic User Interface) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า GUI สำหรับ GUI เป็นอินเทอร์เฟทที่สามารถแสดงได้ทั้งข้อความ (Text) และกราฟิก (Graphic) ซึ่งง่ายต่อการใช้งานต่อมาในราวๆ ต้นปี พ.ศ.2535 บริษัทไมโครซอฟต์ได้พัฒนาโปรแกรมมัลติมีเดียเวอร์ชัน 1.0 ที่ใช้ร่วมกับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 3.0 ทำให้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์มีศักยภาพเพิ่มขึ้นในเรื่องของภาพและเสียง ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของมาตรฐานมัลติมีเดียที่เรียกว่า มาตรฐานเอ็มพีซี (MPC : Multimedia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Personal Computer) ซึ่งมาตรฐานนี้จะเป็นสิ่งกำหนดระบบพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับมัลติมีเดียที่เล่นบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

การเริ่มนำเอาวินโดวส์ 3.1 เข้ามาแทนวินโดวส์ 3.0 ในราวๆ ต้นเดือนมีนาคม พ.ศ.2536 ทำให้การใช้มัลติมีเดียกว้างขวางยิ่งขึ้น โดยเฉพาะมีศักยภาพในการเล่นไฟล์เสียง (Wave) ไฟล์มีดี (MIDI) ไฟล์ภาพเคลื่อนไหว (Animation) และภาพยนตร์จากแผ่นซีดีรอม (CD-ROM) จนกลายเป็นจุดเริ่มต้นของมัลติมีเดียที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีจนถึงปัจจุบัน

**2.2 ความหมายของมัลติมีเดีย**

คำว่า มัลติมีเดีย มีผู้ให้ความหมายไว้ดังต่อไปนี้ มัลติมีเดีย คือ ระบบสื่อสารข้อมูลข่าวสารหลายชนิด โดยผ่านสื่อทางคอมพิวเตอร์ซึ่งประกอบด้วย ข้อความ ฐานข้อมูล ตัวเลข กราฟิก ภาพ เสียง และวีดิทัศน์ (Jeffcoate. 2007)

มัลติมีเดีย คือ การใช้คอมพิวเตอร์สื่อความหมายโดยการผสมผสานสื่อหลายชนิด เช่น ข้อความ กราฟ ภาพศิลป์ (Graphic Art) เสียง ภาพเคลื่อนไหว (Animation) และวีดิทัศน์ เป็นต้น ถ้าผู้ใช้สามารถควบคุมสื่อเหล่านี้ให้แสดงออกมาตามต้องการได้ ระบบนี้จะเรียกว่า มัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์ (Interactive Multimedia) (Vaughan. 2008)

มัลติมีเดีย คือ โปรแกรมซอฟต์แวร์ที่อาศัยคอมพิวเตอร์เป็นสื่อในการนำเสนอโปรแกรมประยุกต์ซึ่งรวมถึงการนำเสนอข้อความที่มีสีสรร ภาพกราฟิก (Graphic images) ภาพเคลื่อนไหว (Animation) เสียง (Sound) และภาพยนตร์วิดีทัศน์ (Full motion Video) และถ้าผู้ใช้สามารถที่จะควบคุมสื่อให้นำเสนอออกมาตามต้องการได้จะเรียกว่า มัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์ (Interactive Multimedia) การปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้สามารถจะกระทำได้โดยผ่านทางคีย์บอร์ด (Keyboard) เมาส์ (Mouse) หรือตัวชี้ (Pointer) เป็นต้น การใช้มัลติมีเดียในลักษณะปฏิสัมพันธ์ ก็เพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้หรือทำกิจกรรม รวมถึงดูสื่อต่าง ๆ ด้วยตัวเองได้ สื่อต่าง ๆ ที่นำมารวมไว้ในมัลติมีเดีย เช่น ภาพ เสียง วิดีทัศน์ จะช่วยให้เกิดความหลากหลายในการใช้คอมพิวเตอร์อันเป็นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในแนวทางใหม่ที่ทำให้การใช้คอมพิวเตอร์น่าสนใจ และเร้าความสนใจเพิ่มความสนุกสานานในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

**2.3 คุณค่าของมัลติมีเดียเพื่อการเรียนการสอน**

การใช้มัลติมีเดียทางการเรียนการสอน ก็เพื่อเพิ่มทางเลือกในการเรียน และตอบสนองรูปแบบของการเรียนของนักเรียนที่แตกต่างกัน การจำลองสภาพการณ์ของวิชาต่างๆ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงก่อนการลงมือปฏิบัติจริง โดยสามารถที่จะทบทวนขั้นตอนและกระบวนการได้เป็นอย่างดี นักเรียนอาจจะเรียนหรือฝึกซ้ำได้ เช่น การใช้มัลติมีเดียในการฝึกภาษาต่างประเทศ โดยเน้นเรื่องการออกเสียงและฝึกพูด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้มัลติมีเดียเพื่อเป็นวัสดุทางการสอน ทำให้การสอนมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้วัสดุการสอนธรรมดา และสามารถเสนอเนื้อหาได้ลึกซึ้งกว่าการสอนที่สอนตามปกติ อาทิการเตรียมนำเสนอไว้อย่างเป็นขั้นเป็นตอน และใช้สื่อประเภทภาพประกอบการบรรยาย และใช้ข้อความนำเสนอในส่วนรายละเอียดพร้อมภาพเคลื่อนไหว หรือใช้วิดีทัศน์แสดงเหตุการณ์จริง หรือสถานการณ์จำลอง ก็จะทำให้การสอนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

แฮทฟิลด์และบิตเตอร์ (Hatfield and Bitter. 1994) ได้กล่าวถึงคุณค่าของมัลติมีเดียที่ใช้ในการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

1. ส่งเสริมการเรียนด้วยตนเองแบบเชิงรุก (Active) กับแบบสื่อนำเสนอการสอนแบบเชิงรับ (Passive)
2. สามารถเป็นแบบจำลองการนำเสนอหรือตัวอย่างที่เป็นแบบฝึก และการสอนที่ไม่มีแบบฝึก มีภาพประกอบและมีปฏิสัมพันธ์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น
3. เป็นสื่อที่สามารถพัฒนาการตัดสินใจและการแก้ไขปัญหาของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. จัดการด้านเวลาในการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้เวลาในการเรียนน้อย

ดังนั้นจึงอาจสรุปคุณค่าของมัลติมีเดียเพื่อการเรียนการสอน ที่มีขอบเขตกว้างขวาง เพิ่มทางเลือกในการเรียนการสอน สามารถตอบสนองรูปแบบของการเรียนของนักเรียนที่แตกต่างกันได้ สามารถจำลองสภาพการณ์ของวิชาต่าง ๆ เพื่อการเรียนรู้ได้ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงก่อนการลงมือปฏิบัติจริง สามารถที่จะทบทวนขั้นตอนและกระบวนการได้เป็นอย่างดี และนักเรียนสามารถที่จะเรียนหรือฝึกซ้ำได้ จึงกล่าวได้ว่า มัลติมีเดียมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ทางการเรียนและการสอน

**2.4 องค์ประกอบของมัลติมีเดีย**

มัลติมีเดียที่สมบูรณ์ควรจะต้องประกอบด้วยสื่อมากกว่า 2 สื่อตามองค์ประกอบ ดังนี้ ตัวอักษร ภาพนิ่ง เสียง ภาพเคลื่อนไหว การเชื่อมโยงแบบปฏิสัมพันธ์ และวิดีทัศน์ เป็นต้น โดยที่องค์ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่อการออกแบบ ดังนี้ (พัลลภ พิริยสุรวงศ์. 2542)

2.4.1 ตัวอักษร (Text) ตัวอักษรถือว่าเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการเขียนโปรแกรมมัลติมีเดีย โปรแกรมประยุกต์โดยมากมีตัวอักษรให้ผู้เขียนเลือกได้หลายๆ แบบ และสามารถที่จะเลือกสีของตัวอักษรได้ตามต้องการ นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดขนาดของตัวอักษรได้ตามต้องการ การโต้ตอบกับผู้ใช้ก็ยังนิยมใช้ตัวอักษร รวมถึงการใช้ตัวอักษรในการเชื่อโยงแบบปฏิสัมพันธ์ได้ เช่น การคลิกไปที่ตัวอักษรเพื่อเชื่อมโยงไปนำเสนอ เสียง ภาพกราฟิกหรือเล่นวีดิทัศน์ เป็นต้น นอกจากนี้ตัวอักษรยังสามารถนำมาจัดเป็นลักษณะของเมนู (Menus) เพื่อให้ผู้ใช้เลือกข้อมูลที่จะศึกษาได้ โดยคลิกไปที่บริเวณกรอบสี่เหลี่ยมของมัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ภาพนิ่ง (Still Images) ภาพนิ่งเป็นภาพกราฟิกที่ไม่มีการเคลื่อนไหว เช่น ภาพถ่าย หรือภาพวาด เป็นต้น ภาพนิ่งมีบทบาทสำคัญต่อมัลติมีเดียมาก ทั้งนี้เนื่องจากภาพจะให้ผลในเชิงของการเรียนรู้ด้วยการมองเห็น ไม่ว่าจะดูโทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ วารสาร ฯลฯ จะมีภาพเป็นองค์ประกอบเสมอ ดังคำกล่าวที่ว่า "ภาพหนึ่งภาพมีคุณค่าเท่ากับคำถึงพันคำ" ดังนั้นภาพนิ่งจึงมีบทบาทมากในการออกแบบมัลติมีเดียที่มีตัวอักษรและภาพนิ่งเป็น GUI (Graphical User Interface) ภาพนิ่งสามารถผลิตได้หลายวิธี อย่างเช่น การวาด (Drawing) การสแกนภาพ (Scanning) เป็นต้น

2.4.3 เสียง (Sound) เสียงในมัลติมีเดียจะจัดเก็บอยู่ในรูปของข้อมูลดิจิตอล และสามารถเล่นซ้ำ (Replay) ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี การใช้เสียงในมัลติมีเดียก็เพื่อนำเสนอข้อมูล หรือสร้างสภาพแวดล้อมให้น่าสนใจยิ่งขึ้น เช่น เสียงน้ำไหล เสียงหัวใจเต้น เป็นต้น เสียงสามารถใช้เสริมตัวอักษรหรือนำเสนอวัสดุที่ปรากฏบนจอภาพได้เป็นอย่างดี เสียงที่ใช้ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์สามารถบันทึกเป็นข้อมูลแบบดิจิตอลจากไมโครโฟน แผ่นซีดีเสียง (CD-ROM Audio Disc) เทปเสียง วิทยุ และไฟล์เสียงประเภท MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3) เป็นต้น

2.4.4 ภาพเคลื่อนไหว (Animation) ภาพเคลื่อนไหวจะหมายถึง การเคลื่อนไหวของภาพกราฟิก อาทิ การเคลื่อนไหวของลูกสูบและวาล์วในระบบการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าใจระบบการทำงานของเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นภาพเคลื่อนไหว จึงมีขอบข่ายตั้งแต่การสร้างภาพด้วยกราฟิกอย่างง่าย พร้อมทั้งการเคลื่อนไหวกราฟิกนั้น จนถึงกราฟิกที่มีรายละเอียดแสดงการเคลื่อนไหวโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวในวงการธุรกิจ ก็มี Autodesk Animator ซึ่งมีคุณสมบัติดีทั้งในด้านของการออกแบบกราฟิกละเอียดสำหรับใช้ในมัลติมีเดียตามต้องการ

2.4.5 การเชื่อมโยงแบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive Links) การเชื่อมโยงแบบปฏิสัมพันธ์จะหมายถึงการที่ผู้ใช้มัลติมีเดียสามารถเลือกข้อมูลได้ตามต้องการ โดยใช้ตัวอักษรหรือปุ่มสำหรับตัวอักษรที่จะสามารถเชื่อมโยงได้จะเป็นตัวอักษรที่มีสีแตกต่างจากอักษรตัวอื่น ๆ ส่วนปุ่มก็จะมีลักษณะคล้ายกับปุ่มเพื่อชมภาพยนตร์ หรือคลิก ลงบนปุ่มเพื่อเข้าหาข้อมูลที่ต้องการ หรือเปลี่ยนหน้าต่างของข้อมูลต่อไป

2.4.6 วิดีทัศน์ (Video) การใช้มัลติมีเดียในอนาคตจะเกี่ยวข้องกับการนำเอาวิดีทัศน์ ซึ่งอยู่ในรูปของดิจิตอลรวมเข้าไปกับโปรแกรมประยุกต์ที่เขียนขึ้น โดยทั่วไปวิดีทัศน์จะนำเสนอด้วยเวลาจริงที่จำนวน 30 ภาพต่อวินาที ในลักษณะนี้จะเรียกว่าวิดีทัศน์ดิจิตอล (Digital Video) คุณภาพของวิดีทัศน์ดิจิตอลจะทัดเทียมกับคุณภาพที่เห็นจากจอโทรทัศน์ ดังนั้นทั้งวิดีทัศน์ ดิจิตอลและเสียงจึงเป็นส่วนที่ผนวกเข้าไปสู่การนำเสนอได้ทันทีด้วยจอคอมพิวเตอร์ ในขณะที่เสียงสามารถเล่นออกไปยังลำโพงภายนอกได้โดยผ่านการ์ดเสียง (Sound Card)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5 การรวมองค์ประกอบของมัลติมีเดีย**

พื้นฐานของมัลติมีเดียจะต้องมีองค์ประกอบมากกว่า 2 องค์ประกอบเป็นอย่างน้อย เช่นใช้ตัวอักษรร่วมกับการใช้สีที่แตกต่างกัน 2-3 สี ภาพศิลป์ ภาพนิ่ง จากการวาดหรือการสแกน นอกนั้นก็อาจมีเสียงและวิดีทัศน์ร่วมอยู่ด้วยก็ได้ การใช้มัลติมีเดียที่นิยมกันมี 2 แบบ แบบแรกคือ การใช้มัลติมีเดียเพื่อการนำเสนอ และแบบที่สอง คือการใช้มัลติมีเดียเพื่อการฝึกอบรม หรือการเรียนรู้ ในด้านของการใช้มัลติมีเดียเพื่อการนำเสนอนิยมใช้โปรแกรมชุดนำเสนอ (Presentation Packages) ส่วนการใช้มัลติมีเดียเพื่อการฝึกอบรม และการเรียนรู้ นิยมใช้โปรแกรมชุดประพันธ์ (Authoring Packages)

2.5.1 ชุดนำเสนอ (Presentation Packages)

ชุดนำเสนอ เป็นโปรแกรมที่พัฒนาจากแนวคิดของการใช้เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะมาเป็นการนำเสนอโดยคอมพิวเตอร์และโปรเจกเตอร์แทนชุดนำเสนอจะสามารถสร้างข้อความที่มีสีสรร ภาพกราฟิก แผนภูมิ แผนภาพ ภาพเคลื่อนไหว เสียง และวีดิทัศน์ เหล่านี้สามารถสร้างจากโปรแกรมไมโครซอฟต์เพาว์เวอร์พอยท์ (Microsoft PowerPoint) และคอมเพล (Asymmetry's Compel)

2.5.2 ชุดประพันธ์ (Authoring Packages)

ชุดประพันธ์เป็นชุดที่ใช้เพื่อพัฒนาโปรแกรมด้านมัลติมีเดีย มีฟังก์ชั่น (Function) ต่าง ๆ ให้ผู้ใช้สามารถออกแบบโปรแกรมการสอนในห้องเรียนได้ตามความต้องการ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ข้อความ ภาพ กราฟิก เสียง และวีดิทัศน์ ในการฝึกอบรมหรือการฝึกทบทวนโปรแกรมชุดประพันธ์ที่ใช้กันก็มี Multimedia ToolBook, Authorware Professional เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะเขียนเป็นโปรแกรมฝึกอบรมหรือการสอนแล้วยังสามารถนำชุดประพันธ์มาใช้เขียนการนำเสนอแบบแรกได้อีกด้วย

ต่อไปในอนาคตข้างหน้า มัลติมีเดียจะเป็นนวัตกรรมตัวหนึ่งที่มีการเติบโตขึ้นทั้งด้านของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ราคาของมัลติมีเดียจะถูกลงอย่างมากในขณะที่ประสิทธิภาพในด้านของภาพ เสียง และวีดิทัศน์พัฒนาขึ้นจะมีคุณภาพสูง การเพิ่มศักยภาพของคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียกระทำได้ง่ายส่วนในด้านของซอฟต์แวร์จะสามารถใช้ได้ง่ายขึ้น และประยุกต์ไปพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทางการศึกษา ได้อย่างง่าย ๆ รวมถึงการนำมัลติมีเดียเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรและการสอน

ความต้องการนำมัลติมีเดียไปใช้ในการฝึกอบรมมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ห้องเรียนมัลติมีเดีย และรายวิชามัลติมีเดียได้จัดขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของการสอนในวิทยาลัยและมหาวิทยาลัย สถาบันการศึกษาจะเป็นกลไกสำคัญในการฝึกอบรมประชาชน ในการใช้มัลติมีเดียทางธุรกิจอุตสาหกรรมและการศึกษาแนวโน้มการใช้มัลติมีเดียจะมีทิศทางที่เพิ่มขึ้น โดยอาจคาดการณ์อนาคตได้ว่า นักเรียนจะเรียนรู้จากห้องเรียนอิเล็กทรอนิกส์ และนั่งอยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คีย์บอร์ดเพื่อเปิดดูข้อมูลด้านการสอนของครู คอมพิวเตอร์แทนการนั่งฟังการบรรยายของครู นักเรียนจะดูการสอนของครูได้จากมัลติมีเดียที่ผลิตขึ้น

กล่าวโดยสรุป มัลติมีเดียโดยมากจะนำมาใช้เพื่อเพิ่มทางเลือกในการเรียน และตอบสนองรูปแบบการเรียนที่แตกต่างกันของนักเรียน และด้วยการออกแบบโปรแกรมแบบปฏิสัมพันธ์เพื่อให้สามารถนำเสนอสื่อได้หลายชนิดตามความต้องการของผู้เรียน จึงตอบสนองการเรียนด้วยตนเองแบบเชิงรุกได้ ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงก่อนลงมือปฏิบัติจริง และสามารถที่จะทบทวนความรู้ต่างๆ หรือฝึกเรียนซ้ำได้ส่วนการใช้มัลติมีเดียเป็นสื่อทางการสอน จะเป็นการส่งเสริมการสอนที่มีลักษณะการสอนโดยใช้สื่อประสม ซึ่งทำให้สามารถนำเสนอเนื้อหาได้ลึกซึ้งกว่าการบรรยายปกติ จึงอาจกล่าวได้ว่า มัลติมีเดียจะกลายมาเป็นสื่อที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการเรียนการสอนในอนาคต

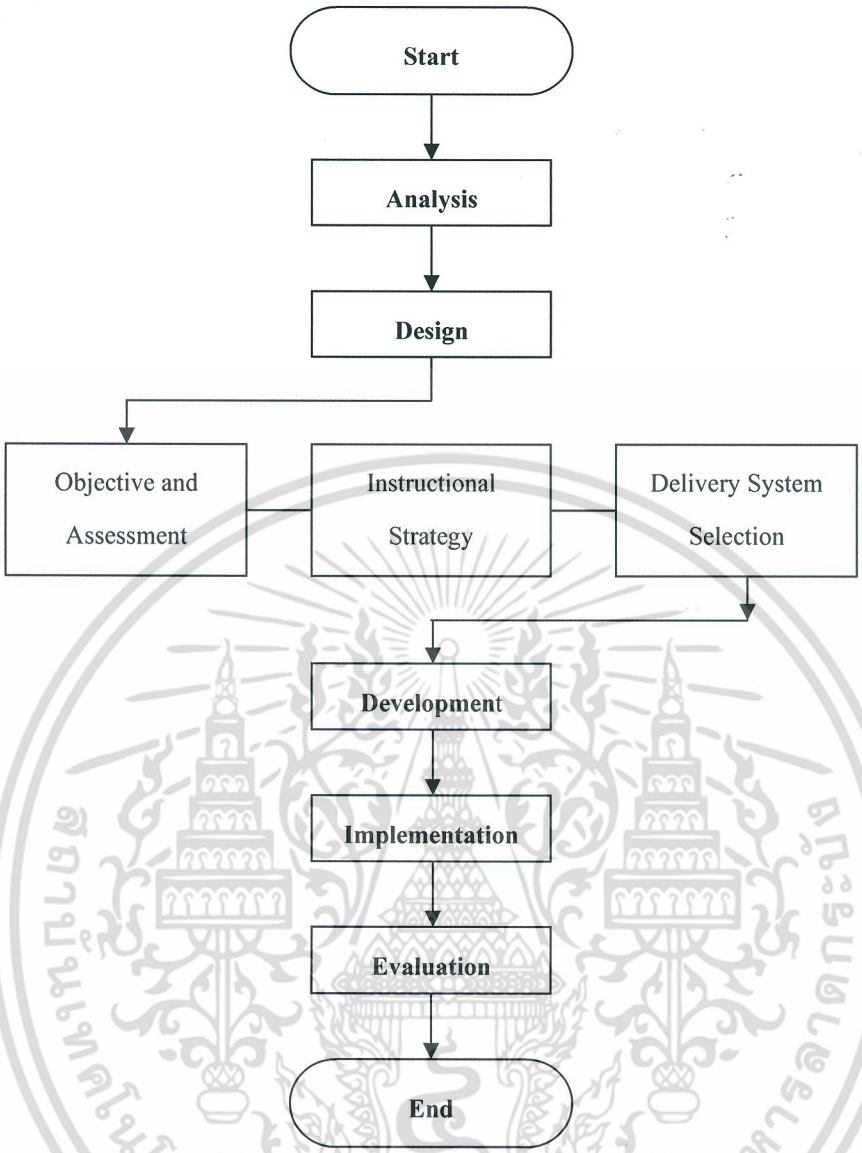
สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้นำเอาคุณลักษณะของมัลติมีเดีย รวมทั้งคุณลักษณะปฏิสัมพันธ์เข้ามาเกี่ยวข้องในด้านการนำเสนอเนื้อหาที่เป็นการไหลของวงจรประเภทต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพที่เป็นนามธรรมได้อย่างชัดเจน มากกว่าจากการอ่านจากคำบรรยายในหนังสือเรียนที่ประกอบด้วยภาพนิ่งเพียงอย่างเดียว

## 2.3 ทฤษฎีในการพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ซึ่งถือเป็นศัพท์ใหม่ที่คณะผู้วิจัยตั้งขึ้นเพื่อใช้เรียก ตามแนวความคิดที่จะพัฒนาสื่อที่ใช้งานได้ง่ายในสภาพแวดล้อมที่เหมาะกับศึกษาในสาขาช่างอุตสาหกรรม สำหรับการศึกษาระดับอาชีวศึกษา ทั้งนี้สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ดีวีดี ใช้หลักการเดียวกับการพัฒนามัลติมีเดีย ซีดีรอม ดังนั้นจึงขอกล่าวถึงมัลติมีเดีย ซีดีรอม ซึ่งเป็นแผ่นดิสก์ที่เก็บข้อมูลรวบรวมการทำงานของเสียง ภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่ง ไฮเปอร์เท็กซ์ (Hypertext) และวิดีโอ (Video) มาใช้เชื่อมโยงกันด้วยระบบเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ให้ผลแก่ผู้ใช้งาน สามารถเห็นทั้งภาพและเสียงไปพร้อม ๆ กัน และผู้ใช้สามารถมีส่วนร่วมกับการศึกษารายละเอียดข้อมูลที่บรรจุในมัลติมีเดีย ซีดีรอม ในลักษณะการค้นหาสารบัญด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เรียกว่า ไฮเปอร์เทกซ์ด้วยการใช้เมาส์ (Mouse) กำหนดตำแหน่งในการค้นหา มัลติมีเดียซีดีรอมนี้สามารถจำแนกตามเนื้อหาสาระที่บรรจุไว้แผ่นซีดีรอมได้หลายชนิด เช่น 1. มัลติมีเดียซีดีรอมช่วยการเรียนการสอน (Learning multimedia CD-ROM) 2. มัลติมีเดีย ซีดีรอมอ้างอิง (Reference multimedia CD-ROM) 3. มัลติมีเดีย ซีดีรอม หนังสืออีเล็คโทรนิคส์ (Book electronic multimedia CD-ROM) 4. มัลติมีเดีย ซีดีรอม ให้ความสนุกสนาน (Entertainment multimedia CD-ROM) (ศิริรัตน์ เพ็ชร์แสงศรี และ สุรสิทธิ์ ราตรี. 2549)

ผู้วิจัยได้นำหลักการการผลิตสื่อของ ADDIE MODEL (Seels & Glasglow. 1998) มาประยุกต์ใช้เป็นกรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.1** แสดงทฤษฎีในการพัฒนาบทเรียนแบบ ADDIE MODEL

**2.3.1 ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis)**

การวิเคราะห์เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) หรือประเมินความต้องการ (Need Assessment) การวิเคราะห์งาน/กิจกรรม (Job Task Analysis) การวิเคราะห์ผู้เรียน/ผู้ฝึกอบรม (Identification of Student Profile) และการวิเคราะห์ทรัพยกร (Resources)

**2.3.1.1 การวิเคราะห์ปัญหา**

การใช้กระบวนการประเมินความต้องการ ซึ่งเป็นเครื่องมือในการค้นหาปัญหาที่จะนำมาออกแบบและพัฒนาระบบการสอน โดยมีการใช้รายละเอียดของปัญหา ระบุแหล่งของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาและส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา คำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้คือ ปัญหามีหรือไม่มีปัญหาอะไรเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน ปัญหานั้นเป็นปัญหาที่แท้จริงหรือไม่ อะไรคือสาเหตุของปัญหา อะไรคือวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ข้อจำกัดคืออะไรและเป้าหมายของโครงการออกแบบพัฒนาระบบการสอนคืออะไร เป็นต้น

**2.3.1.2 การวิเคราะห์กิจกรรม หรืองาน**

การวิเคราะห์หารายละเอียดของกิจกรรมหรืองานที่เกียวกับการสอนหรือ การฝึกอบรมในการวิเคราะห์อาจทำได้โดยการสัมภาษณ์ การสังเกตุ กิจกรรมหรืองานที่ได้กระทำอยู่แล้ว เพื่อให้ได้ความรู้และทักษะที่ต้องการ กิจกรรมหรืองานที่ดีและไม่ดีจะต้องแยกออกจากกันให้เห็นชัดเจนการวิเคราะห์งานหรือกิจกรรมการสอนอาจทำได้โดยใช้แบบสอบถามด้วย

**2.3.1.3 การวิเคราะห์ผู้เรียน/ผู้ฝึกอบรม**

เป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะของผู้เรียนหรือผู้รับการฝึกอบรมซึ่งมีทั้งด้านอายุ เพศ พื้นฐานสังคม เศรษฐกิจ ความถนัด แรงจูงใจ ความรู้พื้นฐานเดิมที่มีมาก่อน รวมทั้งความแตกต่างระหว่างบุคคล หรือระหว่างกลุ่ม ตลอดจนระดับการด้านการพัฒนา รูปแบบการเรียนรู้ รูปแบบการรับข้อมูลต่างๆ เกี่ยวข้องกับผู้เรียนให้มากที่สุด จะเป็นประโยชน์ในการเลือกกลยุทธ์การสอน และเทคนิคการวัดผล

**2.3.1.4 การวิเคราะห์ทรัพยกรที่เกี่ยวข้อง**

การวิเคราะห์ทรัพยกรที่เกี่ยวข้องนี้ เป็นการให้การคาดคะเนได้ว่าการสอนหรือการฝึกอบรมนั้นจะต้องใช้ทรัพยากรเหล่านี้มากหรือน้อยเพียงใด เพื่อนำมาวางแผน เพื่อมาเลือกและมาเป็นส่วนในการตัดสินใจด้วย เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ขั้นตอนต่างๆดังกล่าวมาแล้วข้างต้นและพอสรุปได้ว่า การสอนหรือการฝึกอบรมนั้นเป็นที่ต้องการ ก็จำเป็นต้องวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ โดยเป็นการเปรียบเทียบว่า ในการออกแบบและพัฒนาระบบการสอนที่จะดำเนินต่อไป จะมีการใช้ทรัพยากรมากน้อยกว่าที่เป็นมาแบบดั้งเดิมอย่างไรจะคุ้มค่าหรือไม่ การวิเคราะห์ทรัพยากรนี้อาจจะทำก่อนหรือหลังจากออกแบบและพัฒนาระบบการสอนดำเนินไปแล้ว แต่คงเป็นส่วนจำเป็นที่จะต้องมีการวิเคราะห์แบบคาดคะเนก่อนเพราะจะทำให้ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรต่างๆ ไปก่อนโดยไม่คุ้มค่า

**2.3.2 ขั้นการออกแบบ (Design)**

ขั้นการออกแบบเป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการตั้งวัตถุประสงค์ การกำหนดเนื้อหาความรู้และข้อสอบการเลือกการออกแบบสื่อ การเริ่มขั้นการออกแบบด้วยการตั้งวัตถุประสงค์ และเมื่อตั้งวัตถุประสงค์แล้วก็จะดำเนินในขั้นต่อไปคือ การเรียงลำดับขั้นตอนและกำหนดกลยุทธ์การเรียนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอนได้อย่างเหมาะสมเท่าๆกับการกำหนดรายละเอียดของข้อสอบ และยังนำไปสู่การเลือกและการออกแบบสื่อการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย

**2.3.2.1 การตั้งวัตถุประสงค์**

การตั้งวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เห็นชัดเจนว่าการเรียนรู้นั้นได้อะไรขึ้นมาบ้างและจะวัดผลการเรียนรู้อย่างไร การตั้งวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนจะเป็นแนวทางให้พัฒนาระบบการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพช่วยให้จัดเนื้อหาวิชาได้ถูกต้อง แนะแนวทางให้ผู้เรียนได้ทราบถึงส่วนสำคัยของบทเรียน และยังเป็นพื้นฐานให้ผู้เรียนก้าวหน้าและประสบผลสำเร็จในบทเรียน

**2.3.2.2 การกำหนดเนื้อหาความรู้และข้อทดสอบ**

การกำหนดเนื้อหาความรู้ (Subject Matter) อาจรวมไปถึงการกำหนดกลยุทธ์ในการสอนด้วย การกำหนดเนื้อหาความรู้ จะต้องกำหนดลำดับขั้นตอนของเนื้อหาความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ก่อน ก่อนอื่นต้องจัดลำดับการออกแบบและพัฒนาระบบการสอนจากขั้นสูงสุดไปสู่ขั้นต่ำสุด คือขั้นของระบบ (System Level) ขั้นของหลักสูตร (Curriculum Level) เรื่อยไปจนถึงขั้นหน่วยย่อย (Topic) ในการออกแบบและพัฒนาระบบการสอน เมื่อได้เนื้อหาความรู้แล้วก็อาจจะต้องกำหนดออกมาเป็นบทเรียน (Lesson) โดยแยกเนื้อหาความรู้นั้นออกเป็นบทเรียนย่อยๆ การดำเนินการดังกล่าวต้องให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และลักษณะของผู้เรียนในด้านการออกแบบข้อทดสอบควรได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนโดยต้องกำหนด วัตถุประสงค์ต่างๆที่ใช้ออกแบบข้อทดสอบ ต้องแน่ใจว่าข้อทดสอบนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนการสอนที่วางไว้ ข้อทดสอบจึงต้องมีลักษณะที่เชื่อถือได้ และแม่นยำ วัดได้ถูกต้องเที่ยงตรง (Validity and Reliability) แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจึงต้องประเมินความรู้ ประเมินทักษะทางปัญญา ประเมินทักษะการเคลื่อนไหวและประเมินทัศนคติได้ถูกต้อง

**2.3.2.3 การเลือกและการออกแบบสื่อ**

สื่อเป็นตัวกลางที่เชื่อมหรือถ่ายทอดการสอนจากผู้สอนไปสู่ผู้เรียน การเลือกสื่อจะต้องให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมการเรียน โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ เงินทุน และสิ่งอำนวยความสะดวกให้ใช้สื่อนั้นๆ ได้ เช่น การใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนในชนบท ที่ขาดแคลนโทรศัพท์ เป็นต้น

**2.3.2.4 องค์ประกอบในการเลือกสื่อ**

กระบวนการในการเลือกสื่อมีองค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้อง 5 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) คุณลักษณะทางกายภาพของสื่อ เช่น ภาพ เสียง สี การเคลื่อนไหว ขนาด รูปร่าง สิ่งที่เป็นเสียง เช่น วิทยุ เทป จะเหมาะกับผู้เรียนที่ไม่ชอบการอ่าน แต่ไม่เหมาะสมกับการสอนเกี่ยวกับทักษะการเคลื่อนไหว หรือที่มีการเคลื่อนไหว เช่น โทรทัศน์ ภาพยนตร์ คอมพิวเตอร์ ก็เหมาะสมกับการเรียนการสอนในเรื่องการเคลื่อนไหว เช่น การขับเครื่องบิน การทำงานของเครื่องยนต์

2) กิจกรรมการเรียน การเลือกสื่อจะต้องมุ่งผลไปที่การเรียนรู้ เช่น ผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญาต้องการให้มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ต่อผู้เรียนสำหรับพฤติกรรม (Performance) ทั้งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง จะเป็นการช่วยให้ผู้เรียนประสบผลสำฤทธิ์ทางทักษะ ทางปัญญา สื่อที่ใช้ก็ควร มีลักษณะแบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive) จึงอาจเป็นสื่อวีดิทัศน์ปฏิสัมพันธ์ (Video Interactive) เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) หรือปฏิสัมพันธ์จากครูผู้สอน ด้านมโนทัศน์หรือกฎเกณฑ์ ก็ต้องจัดกลุ่มด้านระยะ (Spatial) ด้านเวลา (Temporal) การสอนโดยใช้สื่อที่เป็นภาพจะให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีกว่าที่เป็นเสียงส่วนกิจกรรมการเรียนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทัศนคติ สื่อที่ดี คือ บุคคลที่เป็นต้นแบบ (Human Model)

3) ตัวแปรของผู้เรียน ผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน การเลือกสื่อจึงควรต้องแตกต่างกันด้วย นอกจากนี้รูปแบบการเรียนรู้ ก็มีส่วนในการเลือกสื่อด้วยเช่นกัน นั้นคือ

(1) ลักษณะแสวงหา (Activists) เป็นผู้ชอบแสวงหาประสบการณ์ใหม่พยายามแก้ปัญหาโดยตนเองและจะมีความตื่นเต้นค้นหาความรู้ใหม่ๆเสมอ

(2) ลักษณะชอบการตอบสนอง (Reflectors) เป็นผู้ใช้ความคิดสุขุม รอบคอบ พิจารณา ประสบการณ์ใหม่อย่างลึกซึ้งก่อนตัดสินใจโดยขึ้นอยู่กับการสังเกตุและมีปฏิกิริยาตอบสนอง

(3) ลักษณะนักทฤษฎี (Theorists) เป็นที่บูรณาการสิ่งที่สังเกตให้เป็นรูปแบบที่มี เหตุผลโดยการวิเคราะห์อย่างละเอียดถี่ถ้วน

(4) ลักษณะนักปฏิบัติ (Pragmatists) เป็นผู้ชอบประยุกต์สิ่งใหม่ความคิดใหม่โดยทันที และไม่อดทนต่อการย้ำๆ ซ้ำๆ หรือการตอบสนองใดๆ

การเลือกใช้สื่อจึงควรพิจารณาว่าจะใช้สื่อให้เข้ากับลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน

4) สภาพแวดล้อมการเรียน สภาพแวดล้อมการเรียนที่มีผลต่อการเลือกสื่อ เช่น ขนาดของห้องเรียน จำนวนผู้เรียนในกลุ่มงบประมาณความสามารถในการผลิตสื่อใหม่ความเป็นไปได้ในการนำโทรทัศน์ วิทยุ เครื่องมืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับสื่อมาใช้ได้ เป็นต้น

5) สภาพแวดล้อมในการผลิตสื่อ สภาพเศรษฐกิจสังคมที่แตกต่างกันระหว่างใน ชุมชนต่างๆ เช่น ในเมืองและชนบท ตลอดจนประโยชน์อันคุ้มค่าของสื่อนั้น สื่อบางชนิดถูกกว่าและประโยชน์ได้เท่าเทียมกับสื่อที่แพง ก็ควรนำมาใช้มากกว่าที่จะนำสื่อที่ทันสมัยมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งที่ทำให้ผลการเรียนรู้เท่ากันในการออกแบบสื่อ เมื่อเลือกสื่อและการออกแบบก็ควรเลือกโครงเรื่อง (Theme) และเขียนวิธีดำเนินการ (Project Treatment) ซึ่งเป็นเรื่องย่อยตั้งแต่ต้นไปจนถึงจุดสุดท้ายของเรื่อง ในการเขียนวิธีดำเนินเรื่อง ทั้งในด้านสื่อกราฟิก สื่อสไลด์ วีดิทัศน์ และคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ผู้สนใจจะศึกษาได้จากตำราที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสื่อด้านนี้โดยเฉพาะ

**2.3.3 ขั้นพัฒนา (Development)**

2.3.3.1 การพัฒนาเนื้อหาความรู้ อาจแยกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการคือ

1) พัฒนาเนื้อหาความรู้แต่ละหน่วย รายละเอียดจะประกอบด้วยมโนทัศน์ ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกระบวนการ ในกรณีที่เป็นการสอนจะต้องทำงานอย่างใกล้ชิดกับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา โดยมีการปรับปรุงแก้ไขทบทวนเป็นอย่างดี

2) พัฒนาสิ่งที่เป็นตัวอย่างของเนื้อหาแต่ละหน่วย ตัวอย่างต่างๆ ที่ผู้เชี่ยวชาญ เนื้อหาให้ประกอบเนื้อหาจะมีประโยชน์มาก

3) พัฒนาการฝึกปฏิบัติในแต่ละหน่วยของเนื้อหา การมีงานให้ฝึกปฏิบัติจะช่วยให้ผู้เรียนหรือผู้ฝึกอบรมได้เข้าใจและประยุกต์รายละเอียดและตัวอย่างกับงานปฏิบัติ

4) การพัฒนาอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ใช้ตัวชี้นำ การสรุป การสังเคราะห์ หรือการใช้เครื่องมือช่วยให้ผู้เรียนจดจำเนื้อหา เป็นต้น

2.3.3.2 การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยทั่วไปในกิจกรรมการเรียนควรทำเป็นแผนการสอน (Lesson Plan) ว่าจะดำเนินการอย่างไร โดยทั่วไปการสอนที่มีประสิทธิภาพมักมี กิจกรรมดังต่อไปนี้

1) ขั้นจูงใจ มีผลงานวิจัยที่ระบุว่าในกระบวนการสอนนั้น ผู้สอนจะต้องให้ผู้เรียนเกิดความตั้งใจ สนใจก่อน เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียน ดังนั้นจึงต้องนำเสนอด้วยแรงจูงใจเสมอ แต่ก็ควรมีการดำเนินการสอนให้ผู้เรียนได้สนใจอยู่ตลอดกระบวนการเรียนการสอนด้วย

2) ให้วัตถุประสงค์แก่ผู้เรียน ควรให้ผู้เรียนทราบว่าเขาจะได้อะไรบ้างที่เรียนจบแล้ว มีงานวิจัยพบว่าผู้เรียนจะก้าวหน้าในพฤติกรรมการเรียนเป็นอย่างดี ถ้าผู้เรียนทราบในวัตถุประสงค์การเรียนอย่าชัดแจ้งก่อนเริ่มเรียน

3) คำนึงถึงความรู้พื้นฐานที่มีมาก่อนของผู้เรียนในกระบวนการเรียนการสอนต้องให้รู้ชัดแจ้งว่า ผู้เรียนต้องมีความรู้ มีทักษะ และทัศนะคติที่จำเป็นอะไรบ้าง ก่อนที่จะมาเรียนดังที่มีผลวิจัยพบว่า การเรียนรู้จะมีผลสัมฤทธิ์สูง ถ้าสิ่งที่เรียนรู้ใหม่เชื่อมโยงต่อเนื่องกับความรู้เดิมที่จำเป็นต้องมีมาก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
116130

4) ให้สารสนเทศและตัวอย่าง สารสนเทศที่เป็นสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องค้นคว้า จะต้องรับเข้าสู่ปัญญาความคิดของตนเอง เพื่อให้เกิดผลต่อวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ สารสนเทศที่ให้อาจเป็นข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ เป็นตัวอย่างทักษะ ซึ่งอาจให้ในรูปการบรรยาย ในรูปสื่อที่นำเสนอให้การปฏิบัติให้ทำตามที่สอดคล้องกับเนื้อหา ส่วนตัวอย่างที่ให้ก็เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและนำไปประยุกต์ใช้สารสนเทศที่รับง่ายขึ้น

5) การให้ฝึกปฏิบัติและข้อมูลย้อนกลับ ในการที่ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาความรู้ ทักษะ และเจตคติ ผู้เรียนต้องปฏิบัติพฤติกรรมนั้นๆ และการฝึกต้องให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ควรให้ข้อมูลย้อนกลับต่อผู้เรียน ข้อมูลย้อนกลับอาจเป็นข้อมูลว่าตอบหรือการฝึกปฏิบัตินั้นถูกต้องหรือไม่ และควรให้ข้อมูลที่ถูกต้อง อีกทั้งให้ข้อมูลต่อผู้เรียนที่ตอบหรือกระทำที่ไม่ถูกต้องว่าไม่ถูกต้องอย่างไร

6) การทดสอบ การทดสอบจะเป็นการวัดว่าผู้เรียนได้เรียนรู้ความรู้ใหม่ทักษะใหม่ทัศนะคติใหม่แล้วได้ผลอย่างไรนอกจากเป็นการประเมินพฤติกรรมผู้เรียนแล้ว การทดสอบยังทำให้ทราบว่าการเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่ และมากน้อยเพียงใดนอกจากนี้การทดสอบยังนำไปสู่การประเมินเพื่อการปรับปรุง (Formative Evaluation) กระบวนการเรียนรู้ด้วย

7) การสอนเสริมและซ่อมเสริม

การสอนเสริม (Enrichment) เป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เพิ่มขึ้นโดยอาจต่อเนื่องไปยังหน่วยความรู้อื่นที่เกี่ยวข้องและสำคัญต่อผู้เรียน เพื่อทำให้การเรียนรู้กว้างขวางขึ้น

การซ่อมเสริม (Remediation) เป็นการช่วยให้ผู้เรียนรู้เนื้อหานั้นอย่างชัดแจ้ง (Mastery Learning) โดยเฉพาะถ้าผู้เรียนมีปัญหาในจุดใดของกระบวนการเรียนรู้นั้น

2.3.3.3 การพัฒนาข้อทดสอบ ข้อทดสอบที่ดีควรเป็นข้อทดสอบที่วัดได้ครบตามต้องการและควรวิเคราะห์ข้อทดสอบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อทดสอบที่ประเมินตามวัตถุประสงค์ ควรมีจำนวนที่เหมาะสมในวัตถุประสงค์ทุกข้อ โดยไม่ให้น้ำหนักมากหรือน้อยไปในบางข้อในการทดสอบความรู้ ข้อทดสอบอาจสร้างได้ไม่ยากนักเพราะได้ทั้ง ปรนัย เติมข้อความ แต่ในการทดสอบทักษะทางปัญญาต้องสร้างข้อสอบให้ผู้เรียนแสดงออกได้ว่ามีปัญญาอย่างแท้จริงที่จะตอบข้อสอบนั้นได้ ไม่ใช่การเดา จึงอาจต้องมีหลายข้อในวัตถุประสงค์เดียวกันส่วนการทดสอบด้านทักษะการเคลื่อนไหวอาจทำได้ทั้งการตอบขั้นตอนการปฏิบัติอย่างถูกต้อง แต่ที่ดีที่สุดคือผู้เรียนแสดงพฤติกรรมได้ถูกต้อง ส่วนการทดสอบด้านทัศนคติอาจใช้แบบสอบถามความคิดเห็น หรือโดยการสังเกตพฤติกรรมด้วยแบบสำรวจพฤติกรรม ผู้สร้างข้อทดสอบได้ดี ควรศึกษาเรื่องการสร้างข้อทดสอบอย่างละเอียดถี่ถ้วน เกณฑ์ในการให้ได้ข้อทดสอบที่ดีคือ ต้องวัดความคงเส้นคงวา (Consistency) ของผู้เรียนได้ว่า ผู้เรียนมีการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างแท้จริงไม่ใช่ตอบข้อทดสอบได้จากการคาดเดา ดังนั้นข้อทดสอบจึงต้องเชื่อถือได้ (Reliability) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด (Validity) ความเชื่อถือได้ของข้อสอบนั้นขึ้นอยู่กับเวลา คือไม่ว่าผู้เรียนจะทำข้อสอบนั้นเมื่อไดก็จะได้ผลเหมือนกันทุกครั้งในกรณีที่ผู้เรียนมีการเรียนรู้เหมือนเดิม

2.3.3.4 การพัฒนาสื่อและวัสดุการสอน ในกระบวนการพัฒนาสื่อนั้นจะต้องเริ่มจากการเขียนบท (Script) และบัตรเรื่อง (Storyboard) ในขั้นนี้จะต้องมีประสบการณ์และความคิดสร้างสรรค์และอาจทำงานเป็นกลุ่ม

**2.3.4 ขั้นการนำไปทดลองใช้ (Implementation)**

เมื่อการออกแบบและพัฒนาระบบการสอนได้ดำเนินไปจนได้ผลผลิต (Product) ที่จะนำไปทดลองใช้ได้แล้ว ก็ถึงขั้นการนำไปใช้ ในขั้นการนำไปใช้นี้ต้องทำควบคู่ไปกับขั้นการประเมิน (Evaluation) เพื่อให้ได้มีการปรับปรุงตลอดเวลา ขั้นนี้เป็นขั้นการนำเสนอและจัดดำเนินการสอน กิจกรรมสำคัญที่ต้องทำก่อนคือ การฝึกอบรมให้ผู้สอนมีความสามารถนำเสนอความรู้นั้นๆ แต่ถ้าผู้สอนมีความสามารถอยู่แล้ว ขั้นนำเสนอนี้ก็คงไม่ยากเพราะวัสดุทุกอย่างได้ตระเตรียมพร้อมแล้ว องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการนำไปทดลองใช้มี 2 ประการคือ การสอน (Instruction) และบริหารการสอน (Administration) ในการสอนมีองค์ประกอบ 5 ประการคือ

2.3.4.1 กิจกรรมการสอน เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการให้แรงจูงใจ การให้วัตถุประสงค์ และการวัดพื้นความรู้เดิมที่จำเป็นของผู้เรียนก่อนเรียน

2.3.4.2 การนำเสนอสารสนเทศหรือเนื้อหาความรู้เป็นกิจกรรมจัดลำดับขั้นตอนการกำหนดขนาดของหน่วยวิชา การเสนอเนื้อหา การให้ตัวอย่าง

2.3.4.3 การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม เช่น มีการฝึกปฏิบัติให้ข้อมูลย้อนกลับ

2.3.4.4 วัดผล อาจมีการวัดผลทั้งความรู้พื้นฐาน วัดผลก่อนเรียน วัดผลขณะเรียน วัดผลหลังเรียน

2.3.4.5 กิจกรรมติดตามผล มีทั้งการสอนเสริมและซ่อมเสริมในด้านการออกแบบและพัฒนาระบบการสอนเพื่อให้ได้ระบบการสอนที่มีประสิทธิภาพที่ดี ได้กำหนดให้มีการทดลองสอนเพื่อการปรับปรุงระบบนั้นก่อน โดยนำระบบที่พัฒนาแล้วไปทดลอง (Tryout) กับผู้เรียนรายบุคคล แล้วปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องแล้วนำไปทดลองกับกลุ่มเล็ก ทำการปรับปรุงครั้งที่สองแล้วนำไปสอนในห้องเรียนจริงเพื่อปรับปรุงครั้งที่สามโดยการใช้ทดสอบการประเมินผล เพื่อการปรับปรุง (Formative Evaluation) หลังจากปรับปรุงครั้งที่สามแล้วจะได้นำไปสอนจริงตามสภาพแวดล้อมจริงแล้วก็จะทำการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน (Summative Evaluation) ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในขั้นการประเมินต่อไป การบริหารการสอนเป็นเรื่องของการอำนวยความสะดวกให้การสอนดำเนินไปได้ด้วยดี ซึ่งจะประกอบด้วยการวางแผนการสอน การกำหนดตารางเวลาสอน การให้งบประมาณในการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง การอำนวยความสะดวกในการใช้ทรัพยากรต่างๆ ข้อควรตระหนักในขั้นการสอนมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ต้องให้การดำเนินการระบบการสอนเป็นไปในรูปแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ในการออกแบบและพัฒนาระบบการสอนในปัจจุบันมีจุดประสงค์ต้องการให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียน โดยเฉพาะในการใช้เทคโนโลยีที่ก้าวหน้าในการเรียนการสอนปัจจุบัน

2) มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ครูผู้สอนจะต้องทำหน้าที่เหมือนผู้จัดการ คือเป็นผู้จัดสภาพแวดล้อมการเรียน ครูต้องทำหน้าที่เป็นผู้บริหารห้องเรียนทำให้เกิดแรงจูงใจ มีการแนะนำและประเมินผลผู้เรียน และตระหนักว่านักเรียนมีความแตกต่างกันทั้งในรูปแบบการเรียน ความรู้พื้นฐานและด้านอื่นๆ ในการจัดให้เกิดการเรียนรู้จึงต้องให้ยืดหยุ่นสัมพันธ์กับความแตกต่างของผู้เรียน ครูต้องทำหน้าที่สอนเสริมและเป็นที่ปรึกษาให้แก่ผู้เรียนด้วย

3) ครูผู้สอนต้องพัฒนาวิธีการเรียนการสอนให้ทันสมัยอยู่เสมอ โดยการวางแผนเป็นอย่างดี รู้จักใช้เทคโนโลยีใหม่ๆในการเรียนการสอน

**2.3.5 ขั้นการประเมินผล (Evaluation)**

การประเมินผลเป็นการวัดว่าวงจรของการออกแบบและพัฒนาระบบการสอนนั้นสมบูรณ์แล้ว ข้อมูลย้อนกลับจึงเป็นส่วนสำคัญที่ได้จากการประเมินผลเพื่อนำไปใช้ปรับปรุงในส่วนของแต่ละขั้นตอนให้ดีขึ้นและตรงตามวัตถุประสงค์ ถ้าการประเมินพบว่าจุดใดควรปรับปรุงเปลี่ยนแปลงก็ต้องดำเนินการปรับปรุง โดยการประเมินแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

2.3.5.1 การประเมินผลเพื่อการปรับปรุง (Formative Evaluation) เป็นกระบวนการที่นักออกแบบและพัฒนาระบบการสอน จัดทำขึ้นเพื่อการปรับปรุงกระบวนการให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยดำเนินการรวบรวมข้อมูลและสารสนเทศเพื่อการปรับปรุงนั้น การประเมินผลเพื่อการปรับปรุงนั้นจะดำเนินการไปในแบบสร้างสรรค์เป็นไปในทางบวก แต่ไม่มีกระบวนการตัดสินว่าการออกแบบและพัฒนาระบบสอนนี้ดีหรือไม่การประเมินเพื่อปรับปรุงมี 4 ขั้นตอนคือ

1) การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Review)

2) การประเมินรายบุคคล (One to One Evaluation)

3) การประเมินผลกลุ่มเล็ก (Small – Group Evaluation)

4) การประเมินภาคสนาม (Field Evaluation)

2.3.5.2 ขั้นการประเมินผลลัพธ์หรือการประเมินผลสัมฤทธิ์ (Summative Evaluation) การประเมินผลลัพธ์ เป็นการออกแบบ การรวบรวมข้อมูล และการตีความหมายข้อมูลที่ได้จากการสอนเพื่อเป็นการกำหนดว่า การสอนนั้นมีคุณค่าหรือไม่อย่างไร ในการประเมินผลลัพธ์นี้ผู้ประเมิน จึงต้องมีวัสดุอุปกรณ์พร้อมมูล และต้องมีเครื่องมือในการประเมินผลโดยใช้การประเมินแบบอิงเกณฑ์อยู่ด้วย ผู้ประเมินจะต้องวิเคราะห์ว่าเครื่องมือที่นำมาใช้ในการประเมินผลนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และเนื้อหาวิชาตลอดจนคู่มือการสอนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคส์

### 2.4.1 โปรแกรม SONY DVD Architect Studio Version 4.0

โปรแกรม SONY DVD Architect Studio เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนแผ่น ดีวีดี โดยปกติจะใช้ควบคู่กับโปรแกรม SONY Vegas ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการตัดต่อภาพยนต์ สำหรับโปรแกรม SONY DVD Architect Studioนั้นมีจุดเด่นที่สำคัญคือการทำ เมนูไตเติ้ล ที่สามารถใช้ลูกเล่นต่างๆได้โดยเฉพาะการออกแบบที่สามารถเขียนเป็นคำสั่งหรือสคริปได้รวมทั้งการเพิ่มสีสันให้กับเมนู การใช้ลูกเล่นการนำเสนอแบบเคลื่อนไหว สามารถกำหนดจุดที่ต้องการนำมาแสดงเพื่อเลือกเล่นเป็นไอคอนได้รวมทั้งยังมีความสามารถอื่นๆที่เหมาะสำหรับทำเมนูไตเติ้ล สำหรับแผ่นดีวีดี ภาพยนต์หรือภาพที่ต้องการนำมาใช่กับเครื่องเล่นดีวีดี ก่อนที่จะทำการบันทึกลงบนแผ่น

### 2.4.2 โปรแกรม Adobe Flash Version 9.0

โปรแกรม Adobe Flash เป็นโปรแกรมกราฟิกชนิดหนึ่งที่มีความสามารถมากกว่าโปรแกรมกราฟิกทั่วๆ ไป ที่ไม่ใช่แค่ว่าแสดงภาพได้ก็พอแล้ว แต่ Flash ยังสามารถส่งข้อมูลไปยัง CGI หรือแม้แต่การประมวลผลเล็กๆ น้อยๆ ได้ แต่คุณสมบัติของ Flash ไม่ได้มีแค่นี้ Flash ใช้กราฟิกแบบเว็คเตอร์ (Vector) ซึ่งจะใช้ CPU ประมวลผลจากข้อมูลในไฟล์ Flash ให้เป็นภาพ ภาพที่ได้จะคมชัด ภาพที่เห็นไม่ได้แตกเป็นริ้วๆ เมื่อซูมภาพเข้าไปมากๆ แต่มีข้อแม้ว่าภาพนั้นจะต้องสร้างจากเครื่องมือที่มีอยู่ใน Flash เท่านั้น ถ้าใช้วิธี Import ภาพบิตแมพ (Bitmap) เข้ามาผลที่ได้จะเหมือนภาพบิตแมพทั่วๆ ไป

### 2.4.3 โปรแกรม Adobe Photoshop Version 9.0

โปรแกรม Photoshop เป็นโปรแกรมตกแต่งภาพที่เรียกว่า Photo Retouching ได้รับการยอมรับว่าเป็นโปรแกรมมาตรฐานสำหรับการตกแต่งภาพที่มีความสามารถยอดเยี่ยมที่สุด เพื่อนำไปใช้กับงานด้านสิ่งพิมพ์ หรือกับงานด้านมัลติมีเดีย การทำงานของโปรแกรมสามารถสร้างภาพที่มีความซับซ้อนได้อย่างดีเยี่ยม สานฝัน และจินตนาการให้กับศิลปิน รวมทั้งผู้ที่ใช้ทั้งมืออาชีพและมือสมัครเล่นได้อย่างไร้ขีดจำกัด จุดเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือมีจำนวนฟิลเตอร์สำหรับการแต่งภาพมากมาย สามารถสร้างภาพเทคนิคได้ภายในขั้นตอนเดียว

## 2.5 ดีวีดี เครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพา จอภาพผลึกเหลว

### 2.5.1 ดีวีดี

ดีวีดี (DVD; Digital Versatile Disc) เป็นแผ่นข้อมูลแบบบันทึกด้วยแสง (optical disc) ที่ใช้บันทึกข้อมูลต่างๆ เช่น ภาพยนตร์ โดยให้คุณภาพของภาพและเสียงที่ดี ดีวีดีถูกพัฒนามาใช้แทนซีดีรอม โดยใช้แผ่นที่มีขนาดเดียวกัน (เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร) แต่ว่าใช้การบันทึกข้อมูลที่แตกต่างกัน และความละเอียดในการบันทึกที่หนาแน่นกว่า เดิมทีดีวีดีมาจากชื่อย่อว่า Digital Video

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Disc แต่ในภายหลังผู้ผลิตบางรายเห็นว่าควรเปลี่ยนชื่อเป็น Digital Versatile Disc ปัจจุบันตามคำนิยามอย่างเป็นทางการแล้ว DVD ไม่ได้ย่อมาจากชื่อเต็มแต่อย่างใด เครื่องเขียนแผ่นดีวีดี (DVD Writer) คือ เครื่องสำหรับการบันทึกข้อมูลลงบนแผ่นดีวีดี (วีระพันธ์ คำดี. 2545)

**2.5.1.1 คุณสมบัติของดีวีดี**

สามารถบันทึกข้อมูลวิดีโอที่ความละเอียดสูงได้ถึง 133 นาที การบีบอัดของวิดีโอในรูปแบบ MPEG-2 นั้นมีอัตราส่วนอยู่ที่ 4 : 0 : 1 สามารถมีเสียงในฟิล์มได้มากถึง 8 ภาษา โดยในแต่ละภาษาอาจจะเป็นระบบเสียงสเตอริโอ 2.0 ช่อง (รูปแบบ PCM) หรือ ระบบเสียงรอบทิศทาง (เช่น 4.0, 5.1, 6.1 ช่อง) ในรูปแบบ Dolby Digital (AC-3) หรือ Digital Theater System (DTS) มีคำบรรยาย (Subtitle) ได้มากสูงสุดถึง 32 ภาษา ภาพยนตร์ดีวีดีบางแผ่นนั้น สามารถเปลี่ยนมุมกล้องได้ด้วย (Multiangle) ทำภาพนิ่งได้สมบูรณ์เหมือนภาพสไลด์ ควบคุมระดับสิทธิการเล่น (Parental Lock) มีรหัสพื้นที่ใช้งานเฉพาะพื้นที่กำหนด (Regional Codes)

**2.5.1.2ประเภทของแผ่นดีวีดี**

ชนิดของแผ่นดีวีดีที่ใช้บันทึกนั้นมีอยู่ 6 ชนิด คือ

1. DVD-R
2. DVD+R
3. DVD-RW
4. DVD+RW
5. DVD-R DL
6. DVD+R DL

ข้อดีของ DVD-RW และ DVD+RW คือ สามารถนำกลับมาบันทึกใหม่ ได้กว่า 100,000 ครั้ง แต่ดีวีดีที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันนี้คือ DVD-R ในการบันทึก DVD แต่ละชนิดนั้นไม่สามารถใช้งานข้ามชนิดได้ คือ ไม่สามารถใช้งานข้ามไดร์ฟได้ เช่น DVD-RW ไม่สามารถใช้งานในเครื่องบันทึก DVD+RW ได้ ต้องเขียนกับเครื่องบันทึก DVD-RW เท่านั้น ส่วนการอ่านข้อมูลใน DVD นั้น สามารถอ่านกับเครื่องไหนก็ได้ เช่น DVD+RW สามารถอ่านกับเครื่องเล่น DVD-RW ได้

**2.5.1.3วิวัฒนาการ Optical Storage – DVD**

ดีวีดีมีเมื่อปี 1995 หลังจากซีดี 13 ปี โดยมีกลุ่มพันธมิตรใหม่ได้ก่อตั้งขึ้นเป็นสมาคม ดีวีดี (DVD Consortium) ซึ่งมีบริษัทฟิลิปส์ โซนี่ และอีก 7 บริษัท อาทิเช่น ฮิตาชิ แมทซูชิต้า (พานาโซนิค) ไพโอเนียร์ มิตซูบิชิ เจวีซี ธอมสัน โตชิบ้า และ ไทม์ วอร์นเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีวีดีจัดเป็นแผ่นบันทึกข้อมูลที่ใช้เทคโนโลยีเลเซอร์สีแดง โดยใช้ความยาวของคลื่นแสง 650 nm (nanometer) รูปลักษณ์ภายนอกของแผ่นดีวีดี จะมีลักษณะเช่นเดียวกับซีดี โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดเหมือนกับซีดี คือ

1. DVD-ROM เป็นแผ่นที่บันทึกข้อมูลได้เพียงอย่างเดียว สามารถเก็บวีดีโอคุณภาพสูงพร้อมเสียงที่มีคุณภาพเทียบได้กับภาพยนตร์ที่ฉายในโรงภาพยนตร์ อุตสาหกรรมนี้จึงได้เปลี่ยนวิธีการเผยแพร่งานจากการใช้เทปมาเป็นดีวีดีในปัจจุบัน

2. DVD-R (DVD-Recordable) เป็นแผ่นที่สามารถบันทึกข้อมูลได้เพียงครั้งเดียว โดยมากมักใชสำหรับสร้างและเก็บงานสำคัญที่มีปริมาณข้อมูลมากหรือการบันทึกวีดีทัศน์แบบถาวร

3. DVD-RW (DVD-Rewritable) เป็นแผ่นข้อมูลที่สามารถเขียนข้อมูลซ้ำได้หลายครั้ง

ดีวีดี มีความจุของข้อมูลประมาณ 4.7 GB ซึ่งสามารถเก็บได้มากกว่าซีดี 7 เท่า และเท่ากับฟล๊อปปี้ดิสก์ 3,357 แผ่น เหตุผลที่ทำให้ดีวีดีมีความจุมากกว่า คือการมีโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูลภายในที่มีขนาดเล็กกว่าจึงทำให้สามารถจุอัดได้แน่นมากกว่าและการใช้แสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นที่สั้นกว่า คือประมาณ 635-650 nm (nanometer) และสุดท้ายคือดีวีดีสามารถเก็บได้มากกว่าซีดี 1 ชั้น (layer) ซึ่งในแบบ 1 ชั้น (layer) คือประมาณ 4.7 GB สามารถให้ภาพที่คมชัดใกล้เคียงกับเทปต้นแบบ สามารถบีบอัดสัญญาณดิจิตอล รวมถึงการส่งผ่านของข้อมูลที่มีความเร็วถึง 4 เท่า และเก็บระบบเสียงที่เป็นระบบ Dolby Digital ซึ่งในหนึ่งแผ่นสามารถบรรจุเสียงพากย์ได้ 8 ภาษา และบันทึกคำบรรยายได้ถึง 32 ภาษา จึงเหมาะสำหรับใช้บันทึกข้อมูลทางด้านภาพยนตร์และวงการบันเทิง

แผ่น DVD มีลักษณะเป็นวงกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 4.8 นิ้ว (120 mm) หนา 0.6 mm และสามารถแบ่งเป็น 4 รูปแบบตามความจุซึ่งมีเทคนิคในการเก็บที่ไม่เหมือนกันดังนี้

1. Single-Side, Single Layer หรือ DVD 5 เป็นแผ่นที่ทำการจัดเก็บภาพได้เพียงชั้นเดียวและหน้าเดียว โดยสามารถบันทึกข้อมูลได้ 4.7 GB (เวลาที่บันทึกได้ 2 ชม) โดยจะใช้วัสดุ 2 แผ่นประกบกันแต่ใช้งานเพียงส่วนล่างแค่แผ่นเดียวในการบันทึกข้อมูลซึ่งรูปแบบนี้ให้งานได้แพร่หลายมากที่สุด

2. Single-Side, Double Layer หรือ DVD 9 จะมีลักษณะคล้าย DVD 5 คือมีการบันทึกข้อมูลลงในหน้าเดียว แต่จะบันทึกข้อมูลไว้ 2 ชันกระบวนการผลิตจะเป็นวัสดุแผ่นเดียว บันทึกข้อมูลได้ประมาณ 8.5 GB (เวลาที่บันทึกได้ 4 ชม) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้บันทึกข้อมูลที่ต้องการรายละเอียดมาก ๆ เช่น ภาพยนตร์ต้องการคุณภาพของภาพสูง ๆ เรื่องยาว ๆ โดยจะบรรจุข้อมูลเสียงไว้อีกชั้นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Double-Sided, Single Layer หรือ DVD 10 เป็นแผ่นที่สามารถบันทึกข้อมูลลงไปในแผ่นได้ทั้งสองหน้า และในแต่ละหน้าก็จะสามารถบันทึกข้อมูลได้เพียง 1 ชั้น ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้เป็น 2 เท่าของ DVD 5 คือ 9.4 GB (เวลาที่บันทึกได้ 4.5 ชม)

4. Double-Sided, Double Layer หรือ DVD 18 เป็นแผ่นที่สามารภบันทึกข้อมูลลงไปในแผ่นได้ทั้งสองด้าน และแต่ละด้านสามารถบันทึกได้มากถึงสองชั้น สามารถบรรจุข้อมูลได้ถึง 17 GB (เวลาที่บันทึกได้ 8 ชม ) จึงเป็นรุ่นที่จุได้สูงสุด และการนำไปใช้งานมักเป็นการบันทึกข้อมูลขนาดใหญ่มาก ๆ

**2.5.1.4 คุณลักษณะของดีวีดี**

เส้นผ่าศูนย์กลาง 120 mm ความหนา 0.6 mm ระยะห่างระหว่างแทรค 0.74 nanometers ความยาวของหลุม 0.40 nanometers ความยาวคลื่นของเลเซอร์ 640 nm ความจุของข้อมูล 4.7 GB

**2.5.1.5 ข้อดีและข้อเสียของดีวีดี**

ข้อดี คือ

1. ความยาวของคลื่นเลเซอร์เล็กกว่าทำให้สามารถอ่านข้อมูลได้ละเอียดกว่า
2. คุณภาพของเสียงและภาพถูกบันทึกโดยใช้การบีบอัดภาพแบบ MPEG-2 ทำให้คุณภาพและเสียงที่ดีกว่า
3. มีการทำงานแบบ Interactive ทำให้สามารถเลือกมุมกล้องได้มากกว่า 1 มุมกล้อง และสามารถเลือกรูปแบบการทำงานทำให้ผู้ใช้สามารถกำหนดสิ่งที่ตัวเองต้องการรับชม
4. ดีวีดีสามารถกำหนดระหัสผ่านในการชมภาพยนตร์และยังสามารถชมภาพยนตร์ในแผ่นเดียวกันแต่เป็นเวอร์ชั่นในระดับที่ต่างกนได้
5. สามารถเลือกภาษาที่ตนต้องการได้ เพราะแผ่นหนึ่งแผ่นจะเก็บซาวด์แทรคได้ถึง 8 ภาษา
6. การเพิ่มด้านในการบันทึกข้อมูล สามารถเขียนข้อมูลได้ทั้งด้านบน และด้านล่างของแผ่นทำให้สามารถเขียนข้อมูลได้ทั้ง 2 ด้าน
7. มีการแบ่งแทรกเป็น sector ทำให้การอ่านและเขียนข้อมูลได้เร็วกว่าซีดี
8. สามารถแยกลบ File บาง File

ข้อเสีย คือ ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานกลาง

**2.5.2 เครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพา**

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเล่นแผ่นดีวีดีขนาดเล็ก สามารถพกพาได้สะดวกโดยการทำงานทำได้เช่นเดียวกับเครื่องเล่นมาตราฐานขนาดใหญ่ อาจมีลูกเล่นหรือความสามารถอื่นเพิ่มเติมแล้วแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัทผู้ผลิตที่จะออกแบบเพื่อนำมาเป็นจุดขาย เช่น ระบบกันสะเทือน การอ่านแผ่นชนิดต่าง หรือความเร็วในการอ่านแผ่น

โดยคุณสมบัติทั่วไปของเครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพามีดังนี้

1. ขนาดตัวเครื่อง (Dimensions) เครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพา สามารถตอบสนองทางด้านอารมณ์ในการรับชมให้กับผู้ใช้ได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะขนาดหน้าจอ และแบตเตอรี่ที่อยู่ภายในเครื่องยิ่ง ถ้าทำงานต่อเนื่องได้ยาวนานเท่าไหร่ก็ยิ่งดีเท่านั้น ซึ่งปัจจุบันการพัฒนาขนาดตัวเครื่องของครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพาจะเน้นไปที่ขนาดเล็กน้ำหนักเบาเป็นส่วนใหญ่เพื่อให้ง่ายต่อกันพกพา

2. การรองรับชนิดของแผ่น (Disc Formats Supported) นอกจากการรองรับมาตรฐานของแผ่นดีวีดี ที่สามารถบันทึกข้อมูลได้มากกว่าแผ่น CD ธรรมดาถึง 2 เท่าแล้ว ทุกวันนี้เครื่องเล่นแบบพกพาก็ยังสามารถอ่านแผ่นชนิดอื่นๆ ได้อีก ไม่ว่าจะเป็น CD-R, CD-RW หรือ DVD-R

3. ระบบการต่อเชื่อมสู่ภายนอก (Outputs) สิ่งหนึ่งที่ถือว่าเป็นจุดสำคัญของเครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพาก็คือ ความสามารถในการเชื่อมต่อสู่ภายนอก ไม่ว่าจะเป็นจอทีวีในบ้าน จอคอมพิวเตอร์ที่โต๊ะทำงาน หรือต่อเข้ากับเครื่องโปรเจ็กเตอร์ เพื่อให้ได้ภาพที่มีขนาดใหญ่กว่าบนหน้าจอที่ติดตัวเครื่องมา เช่น S-Video ที่เป็นพอร์ตสำหรับใช้สำหรับการต่อไปยังอุปกรณ์ภาพและเสียงอื่น

4. หน้าจอ (Screen) เครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพาในทุกวันนี้มีการติดตั้งหน้าจอมาให้ในตัว แต่บางรุ่นก็ไม่มีหน้าจอติดมากับตัวเครื่อง เป็นแค่เครื่องเล่นดีวีดีอย่างเดียว ต้องไปต่อกับจอทีวีเพื่อดูภาพเอาเอง ซึ่งก็เหมาะกับบ้านที่ยังไม่มีเครื่องเล่นดีวีดี ปัจจุบัน มีขนาดหน้าจอให้เลือกหลากหลายขนาด ซึ่งหน้าจอยิ่งใหญ่ ก็ยิ่งดี เห็นภาพชัด แต่ใช้พลังงานสูงขึ้นด้วย

ปัจจุบันเครื่องเล่นดีวีดี ยังสามารถรองรับการชมภาพยนตร์ทั้งในรูปแบบเดิมที่เป็นขนาด 4:3 และในรูปแบบใหม่ widescreen ที่ต้องใช้อัตราส่วน 16:9 ได้อีกด้วยโดยปกติแล้วเครื่องเล่นจะใช้จอสีแบบ LCD มีการติดตั้งลำโพงมาให้ในตัว พร้อมระบบเสียงรอบทิศทาง และยังรองรับการเชื่อมต่อกับลำโพงภายนอก แต่สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ชนิดนี้เป็นพิเศษ ก็คือเรื่องแบตเตอรี่ ซึ่งอย่างน้อยที่สุดก็ควรจะใช้งานต่อเนื่องได้ 3 ชั่วโมง

### 2.5.3 จอภาพผลึกเหลว

จอภาพผลึกเหลว (Liquid Crystal Display ย่อ LCD) เป็นอุปกรณ์จอภาพแบบแบน บางสร้างขึ้นจากพิกเซลสี หรือพิกเซลโมโนโครมจำนวนมาก ที่เรียงอยู่ด้านหน้าของแหล่งกำเนิดแสงหรือตัวสะท้อนแสง นับเป็นจอภาพที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เพราะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยมาก ด้วยเหตุนี้ จึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีแหล่งจ่ายไฟเป็นแบตเตอรี่แต่ละพิกเซลของจอผลึกเหลวนั้นประกอบด้วยชั้นโมโลกุลผลึกเหลวที่แขวนลอยอยู่ระหว่างขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงสองขั้ว ที่ทำด้วยวัสดุอินเดียมทินออกไซด์ (Indium tin oxide) และตัวกรอง หรือฟิลเตอร์แบบโพลาไรซ์สองตัว แกนโพลาไรซ์ของฟิลเตอร์นั้นจะตั้งฉากกัน เมื่อไม่มีผลึกเหลวอยู่ระหว่างกลาง แสงที่ผ่านทะลุตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรองตัวหนึ่งก็จะถูกกั้นด้วยตัวกรองอีกตัวหนึ่ง ก่อนที่มีการจ่ายประจุไฟฟ้าเข้าไป โมเลกุลผลึกเหลวจะอยู่ในสภาวะไม่เป็นระบบ (chaotic state) ประจุบนโมเลกุลเหล่านี้ทำให้โมเลกุลทั้งหลายปรับเรียงตัวตามร่องขนาดเล็กจิ๋วบนขั้วอิเล็กโตรด ร่องบนขั้วทั้งสองวางตั้งฉากกัน ทำให้โมเลกุลเหล่านี้เรียงตัวในลักษณะโครงสร้างแบบเกลียว หรือไขว้ (ผลึก) แสงที่ผ่านทะลุตัวกรองตัวหนึ่ง จะถูกหมุนปรับทิศทางเมื่อมันผ่านทะลุผลึกเหลว ทำให้มันผ่านทะลุตัวกรองโพลาไรซ์ตัวที่สองได้ แสงครึ่งหนึ่งถูกดูดกลืนโดยตัวกรองโพลาไรซ์ตัวแรก แต่อีกครึ่งหนึ่งผ่านทะลุตัวกรองอีกตัวเมื่อประจุไฟฟ้าถูกจ่ายไฟยังขั้วไฟฟ้า โมเลกุลของผลึกเหลวก็ถูกถึงขนานกับสนามไฟฟ้า ทำให้ลดการหมุนของแสงที่ผ่านเข้าไป หากผลึกเหลวถูกหมุนปรับทิศทางโดยสมบูรณ์ แสงที่ผ่านทะลุก็จะถูกปรับโพลาไรซ์ให้ตั้งฉากกับตัวกรองตัวที่สอง ทำให้เกิดการปิดกั้นแสงโดยสมบูรณ์ พิกเซลนั้นก็จะมืด จากการควบคุมการหมุนของผลึกเหลวในแต่ละพิกเซล ทำให้แสงผ่านทะลุได้ในปริมาณต่างๆ กัน ทำให้พิกเซลมีความสว่างแตกต่างกันไปโดยปกติการปรับฟิลเตอร์โพลาไรซ์เพื่อพิกเซลโปร่งแสง เมื่อพักตัว และทึบแสงเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม บางครั้งก็เกิดผลตรงกันข้ามสำหรับเอฟเฟกต์แบบพิเศษ

**ชนิดของจอภาพผลึกเหลว**

TN+Film (Twisted Nematic) เป็นเทคโนโลยีของจอผลึกเหลว ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ และการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปัจจุบัน พัฒนาจนสามารถทำให้มีความเร็วของการตอบสนองด้วยความเร็วสูงเพียงพอ ที่จะทำให้เงาบนภาพเคลื่อนไหวลดลงได้มาก ทำให้จอแบบ TN+Film มีจุดเด่นด้านการตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว (จอTN+Film จะใช้การวัดการตอบสนอง เป็นแบบ grey to grey ซึ่งจะแตกต่างจากค่า ISO ที่วัดแบบ black to white) แต่จุดเสียของจอแบบ TN+Film นั่นคือมีรัศมีการมองเห็นที่แคบ โดยเฉพาะแนวตั้ง และส่วนใหญ่จะไม่สามารถแสดงสีได้ครบ 16.7ล้านสี(24-bit truecolor)

IPS (In-Plane Switching) คิดค้นโดยบริษัท Hitachi ในปี พ.ศ. 2539 ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นกว่า TN+Film ทั้งด้านรัศมีการมองเห็น และการแสดงสีที่ 8-bit แต่การปรับปรุงดังกล่าว ทำให้เกิดการตอบสนองที่ชักช้า ถึง 50ms และยังแพงมากอีกด้วย

จากนั้นในปี พ.ศ. 2541 Hitachi ได้นำระบบ S-IPS (Super-IPS) ออกมาแทนที่ระบบ IPS เดิม ซึ่งได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านการตอบสนองที่ดีขึ้น และสีสันที่ใกล้เคียงจอภาพแบบ CRT พบได้ในโทรทัศน์ระบบจอผลึกเหลว

MVA เป็นการรวมข้อดีระหว่าง TN+Film กับ IPS เข้าด้วยกันทำให้มี Response Time ที่ต่ำ และ View Angle ที่กว้างเป็นพิเศษ แต่มีราคาแพงมาก

PVA เป็นการพัฒนาจากแบบ MVA ให้มีราคาถูกลงซึ่งทำให้มีค่า Contrast Ratio ที่สูงมาก และมี Response Time ที่ต่ำ ใช้ในจอภาพแบบผลึกเหลวระดับสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัตนา อภิรักษาวงศ์ (2543) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยระบบมัลติมีเดีย เรื่อง การช่วยคลอดปกติสำหรับนักศึกษาพยาบาล มีความมุ่งหมาย คือ เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยระบบมัลติมีเดีย การช่วยคลอดปกติสำหรับนักศึกษาพยาบาล โดยมีขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังนี้ ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น วิเคราะห์งานและเนื้อหา กำหนดจุดประสงค์ วิเคราะห์ผู้เรียน สร้างผังการแสดงการทำงาน สร้างเรื่องราว และเขียนโปรแกรม จากนั้นนำ บทเรียนที่ได้ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมทำการตรวจสอบ นำไปทดสอบและปรับปรุงจากกลุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง คือ การทดสอบรายบุคคล และการทดสอบกลุ่มเล็ก เพื่อหาข้อบกพร่อง และ ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง จากการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเสนอเนื้อหา (tutorial) ที่มีลักษณะมัลติมีเดีย ประกอบไปด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียงประกอบ และภาพเคลื่อนไหวจาก วีดีทัศน์ในเหตุการณ์จริง ผู้เรียนสามารถ ควบคุมหารนำเสนอเนื้อหาได้ด้วยตนเอง หรือเลือกเรียนย้อนกลับไปมาในเนื้อหา หรือเลือกศึกษาเฉพาะเนื้อหาที่ต้องการเรียนได้ เหมาะสำหรับผู้เรียนที่ต้องการทบทวนบทเรียนด้วยตนเอง มีความทันสมัยเหมาะสมต่อสภาพการณ์ปัจจุบัน สามารถนำไปเป็นแนวทางการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเนื้อหาอื่น ๆ ได้ เป็นอย่างดี จากนั้นบทเรียนที่ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ ผลการทดลองใช้พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนสามารถช่วยสอนให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีกว่าการสอนตามปกติ

สุวิทย์ ฉุยฉาย (2543) ศึกษาเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส หลักสูตรอนุปริญญาวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส ตามหลักสูตรอนุปริญญาวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏ ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2536 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับอนุปริญญา ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีการศึกษา 2543 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส ซึ่งประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียน คือ ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสและกำลังไฟฟ้า ประสิทธิภาพและการระบายความร้อน ผลการทดลองใช้บทเรียนพบว่า บทเรียนมัลติมีเดียที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 84.70/81.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน และผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับบทเรียนอยู่ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

รณฤทธิ์ จันทรนาม (2548) ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเครื่องกลไฟฟ้า 2 เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนของนักศึกษาที่มีรูปแบบการเรียนแตกต่างกัน โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัลติมีเดีย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา เครื่องกลไฟฟ้า 2 เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุน ของนักศึกษาที่มีรูปแบบการเรียนแตกต่างกัน 4 รูปแบบ คือ แบบคิดอเนกนัย แบบดูดซึม แบบคิดเอกนัย และแบบปรับปรุง เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา เครื่องกลไฟฟ้า 2 เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนของนักศึกษาที่เรียนด้วยมัลติมีเดียต่างกัน 2 รูปแบบ และเพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ วิชาเครื่องกลไฟฟ้า 2 เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนระหว่างรูปแบบการเรียนแตกต่างกัน และบทเรียนมัลติมีเดียที่มีรูปแบบต่างกัน มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ และวิทยาลัยเทคนิคสุวรรณภูมิ จำนวน 120 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้คือ บทเรียนมัลติมีเดียที่มีรูปแบบแตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ บทเรียนมัลติมีเดียแบบเนื้อหาเต็มแต่สามารถเรียนข้ามผ่าน และบทเรียนมัลติมีเดียแบบเนื้อหาหลักแต่สามารถขอเรียนเพิ่ม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบจำแนกรูปแบบการเรียนของคอล์บ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทิศทาง (Two-way ANOVA) ผลการวิจัยพบว่า 1. รูปแบบการเรียนต่างกัน 4 รูปแบบ คือ แบบคิดอเนกนัย แบบดูดซึม แบบคิดเอกนัย และแบบปรับปรุง ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาไม่แตกต่างกัน 2. บทเรียนมัลติมีเดียต่างกัน 2 รูปแบบ คือ บทเรียนมัลติมีเดียแบบเนื้อหาเต็มแต่สามารถเรียนข้ามผ่าน และบทเรียนมัลติมีเดียแบบเนื้อหาหลักแต่สามารถขอเรียนเพิ่ม ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาไม่แตกต่างกัน 3. ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้บทเรียนมัลติมีเดียที่มีรูปแบบต่างกัน 2 รูปแบบ และรูปแบบการเรียนแตกต่างกัน 4 รูปแบบ ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

จากผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงถึงศักยภาพของงานสื่อการศึกษาที่ใช้สื่อประสม หรือมัลติมีเดียเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมัลติมีเดียสามารถแสดงความหมายของสิ่งต่างๆ ที่ผู้สอนต้องการอธิบายได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น เมื่อผู้เรียนศึกษาจากบทเรียนมัลติมีเดียแล้วสามารถแปลความหมายได้ตรงตามที่ผู้ออกแบบบทเรียนตั้งใจไว้ นอกจากนี้รูปแบบการนำเสนอแบบมัลติมีเดียยังส่งเสริมแรงจูงใจของผู้เรียนในการเรียนรู้ ให้ความคงทนในความทรงจำอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยเนื้อหา จำนวน 5 หน่วยการสอน เป็นการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของ สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

## 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

**3.1.1 ประชากร** คือ นักศึกษาระดับอาชีวศึกษาสาขาช่างอุตสาหกรรม สังกัดวิทยาลัยเทคนิคในเขตกรุงเทพมหานคร

**3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง** คือ นักศึกษาระดับอาชีวศึกษาสาขาช่างอุตสาหกรรม สังกัดวิทยาลัยเทคนิคในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการสุ่มอย่างง่ายจำนวน 2 แห่ง ได้แก่ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร เป็นจำนวน 60 คน

## 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล ที่คณะผู้วิจัยได้สร้างขึ้นประกอบด้วย

3.2.1 สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพของ สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

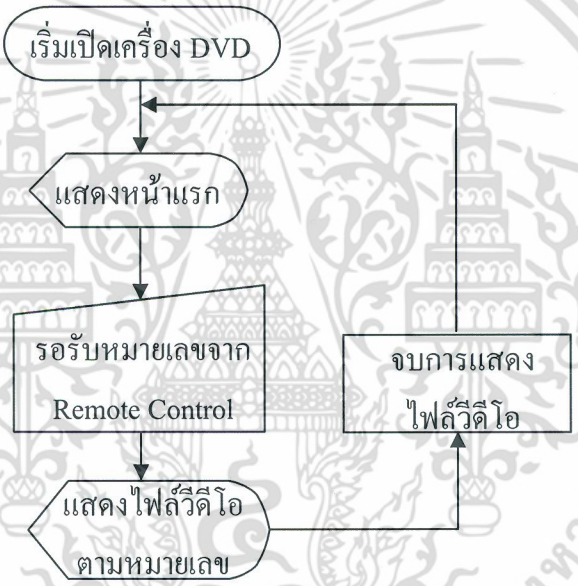
### 3.2.1 การสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

เนื่องจากแนวคิดของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ดีวีดี มีความคล้ายคลึงกับมัลติมีเดีย ซีดีรอม ต่างกันที่ สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ดีวีดี ไม่ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์แสดงผล แต่ใช้เพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเล่นดีวีดีและเครื่องรับโทรทัศน์เท่านั้น สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ดีวีดี จึงใช้เทคโนโลยีของแผ่นดีวีดีซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้มากเมื่อเทียบกับแผ่นซีดีรอมมาตรฐานที่เก็บข้อมูลได้เพียง 680 เมกะไบต์ แต่แผ่นดีวีดี สามารถเก็บได้มากกว่าถึง 7 เท่า คือ 4.7 กิกะไบต์ ถ้านำแผ่นดีวีดี มาบันทึกภาพวิดิทัศน์แล้ว สามารถให้ภาพที่คมชัดใกล้เคียงกับเทปต้นแบบจากสตูดิโอ และระบบเสียงนั้นสามารถเก็บเสียงที่เป็นระบบ Dolby Digital อีกทั้งสามารถบรรจุเสียงพากย์ได้ 8 ภาษา และบันทึกคำบรรยายได้

คณะผู้วิจัยได้กำหนดคุณสมบัติของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ดีวีดีไว้ว่า คลิปวิดีโอที่บรรจุลงในแผ่นดีวีดี เมื่อถูกเลือกหมายเลขรูปให้แสดงภาพ และแสดงภาพจนจบคลิปนั้น ๆ แล้วจะต้องย้อนกลับไปยังหน้าเมนูไตเติ้ลหน้าแรกของแผ่น เพื่อรอการถูกเลือกหมายเลขคลิปวิดีโออื่นต่อไป ดังแสดงขั้นตอนการทำงานในรูป




**รูปที่ 3.1** ขั้นตอนการทำงานของแผ่นดีวีดีเมื่อคลิปวิดีโอถูกเลือกหมายเลขให้แสดง

คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

3.2.1.1 ทำการวิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์รูปภาพประกอบในตำรา นำตำรา เอกสารที่ใช้สอนวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และเอกสารต่างๆ มาวิเคราะห์ในเนื้อหาให้สอดคล้องกับรูปภาพเคลื่อนไหวที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ การเรียนรู้

3.2.1.2 ศึกษารายละเอียด กำหนดขอบเขตเนื้อหา และรูปแบบการทำงานที่จะนำมาสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ และ ออกแบบโดยร่างแบบร่างบทเรียน (storyboard) กำหนดลักษณะรูป ตามเนื้อหาที่วิเคราะห์

3.2.1.3 สร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ โดย ทำการสร้างภาพเคลื่อนไหวให้ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ ได้ตามวัตถุประสงค์หรือคำบรรยาย ให้ครบทุกประเด็นตามที่วิเคราะห์ไว้พร้อมตั้งชื่อไฟล์คลิปวิดีโอตรงกับชื่อหมายเลขรูป สร้างภาพเมนูไตเติ้ลหน้าแรกของแผ่น ทำการเขียนคลิปวิดีโอทั้งหมดที่เตรียมไว้ให้ครบตามหมายเลขรูปในหนังสือลงแผ่นดีวีดี โดยมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 24 รูป

บทที่ 2 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 14 รูป

บทที่ 3 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 13 รูป

บทที่ 4 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 7 รูป

บทที่ 5 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 9 รูป

ใบงาน ที่ 1- 15 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 16 รูป

รวมทั้งหมด 83 รูปภาพเคลื่อนไหว

3.2.1.4 นำสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ที่สร้างเสร็จเสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านการผลิตสื่อทำการตรวจสอบ และตอบแบบประเมินสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ เพื่อความถูกต้องความเหมาะสม และนำข้อบกพร่องมาทำการแก้ไขปรับปรุง สำหรับรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ มีดังนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ได้แก่

1. ดร. สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ผศ. โกศล ตราชู อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. นายสุพิน ปานะสุนทร ตำแหน่ง ครู คศ.3 วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ หัวหน้าแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตสื่อ ได้แก่

1. รศ. อรรถพร ฤทธิเกิด อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. นายอภิภู สิทธิภูมิมงคล หัวหน้าฝ่ายหอสมุดและคลังความรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล

3. นายมาเนตต์ กอบน้ำเพ็ชร ผู้ชำนาญด้านเทคนิค สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงวิทยาศาสตร์

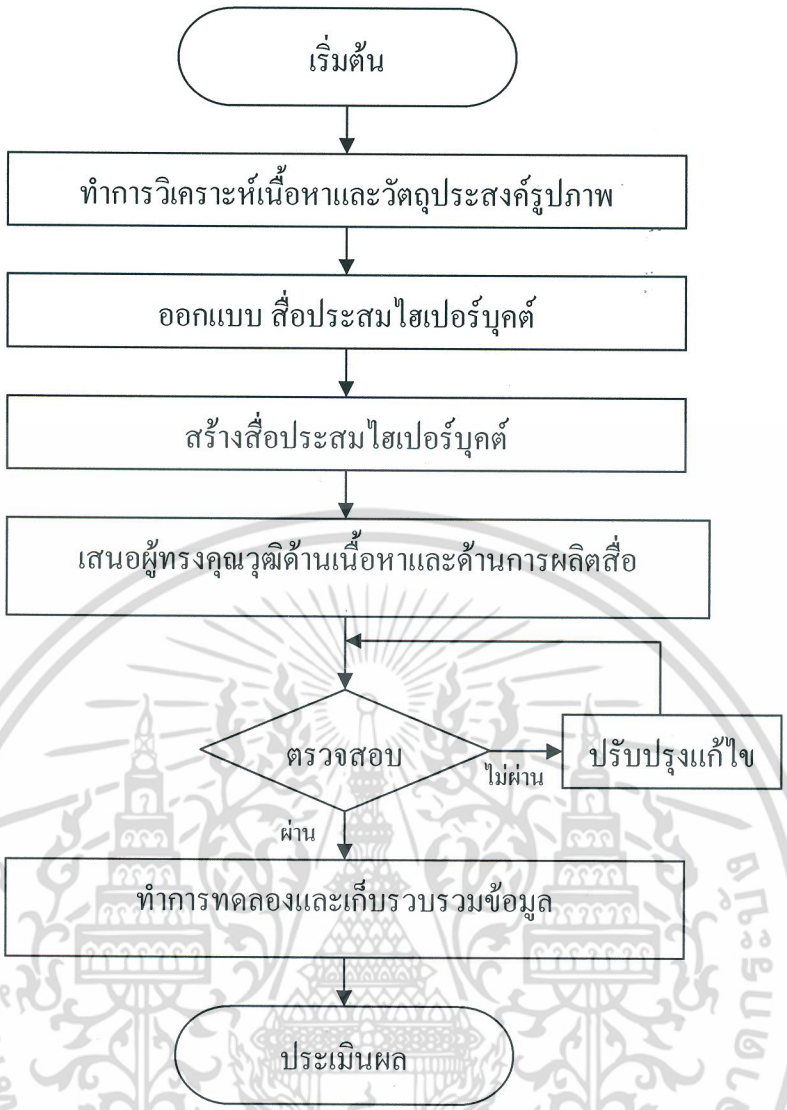
3.2.1.5 นำสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ที่พัฒนาเสร็จไปทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1.6 ประเมินสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ใน 2 ด้าน คือ

1. ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

2. ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.2** แสดงขั้นตอนการสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

### 3.2.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ

คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ดังนี้

3.2.2.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการสร้างแบบประเมินคุณภาพ จากเอกสารต่างๆ

3.2.2.2 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาสร้าง แบบประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

3.2.2.3 ออกแบบโดยการกำหนดหัวข้อแบบประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับในการให้คะแนนโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 หมายถึง คุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ดีมาก

4 หมายถึง คุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ดี

3 หมายถึง คุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ปานกลาง

2 หมายถึง คุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ พอใช้

1 หมายถึง คุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ควรปรับปรุง

ในการประมวลผลค่าทางสถิติของแบบประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ มีการแปรความหมายของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปแปลความหมายดังนี้

4.50 – 5.00 หมายถึง คุณภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์อยู่ในระดับ ดีมาก

3.50 – 4.49 หมายถึง คุณภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์อยู่ในระดับ ดี

2.50 – 3.49 หมายถึง คุณภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์อยู่ในระดับ ปานกลาง

1.50 – 2.49 หมายถึง คุณภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์อยู่ในระดับ พอใช้

1.00 – 1.49 หมายถึง คุณภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับดี คือ ต้องได้คะแนนอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 3.5 ขึ้นไป

3.2.2.4 สร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

3.2.2.5 นำแบบประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ที่สร้างเสร็จ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

3.2.2.6 วิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ หากต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 3.5 ต้องทำการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องเพื่อให้มีคุณภาพที่เหมาะสม

**3.2.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

3.2.3.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารต่างๆ

3.2.3.2 วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2.3.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 50 ข้อ ให้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

3.2.3.4 เสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาทำการตรวจสอบ และพิจารณาความสอดคล้อง ของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยใช้สูตรและเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์. 2538 : 88-89)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ IOC = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ = ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N = จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

เกณฑ์การให้คะแนน

+1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่มีความเห็นว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่มีความเห็นไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่มีความเห็นว่าไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

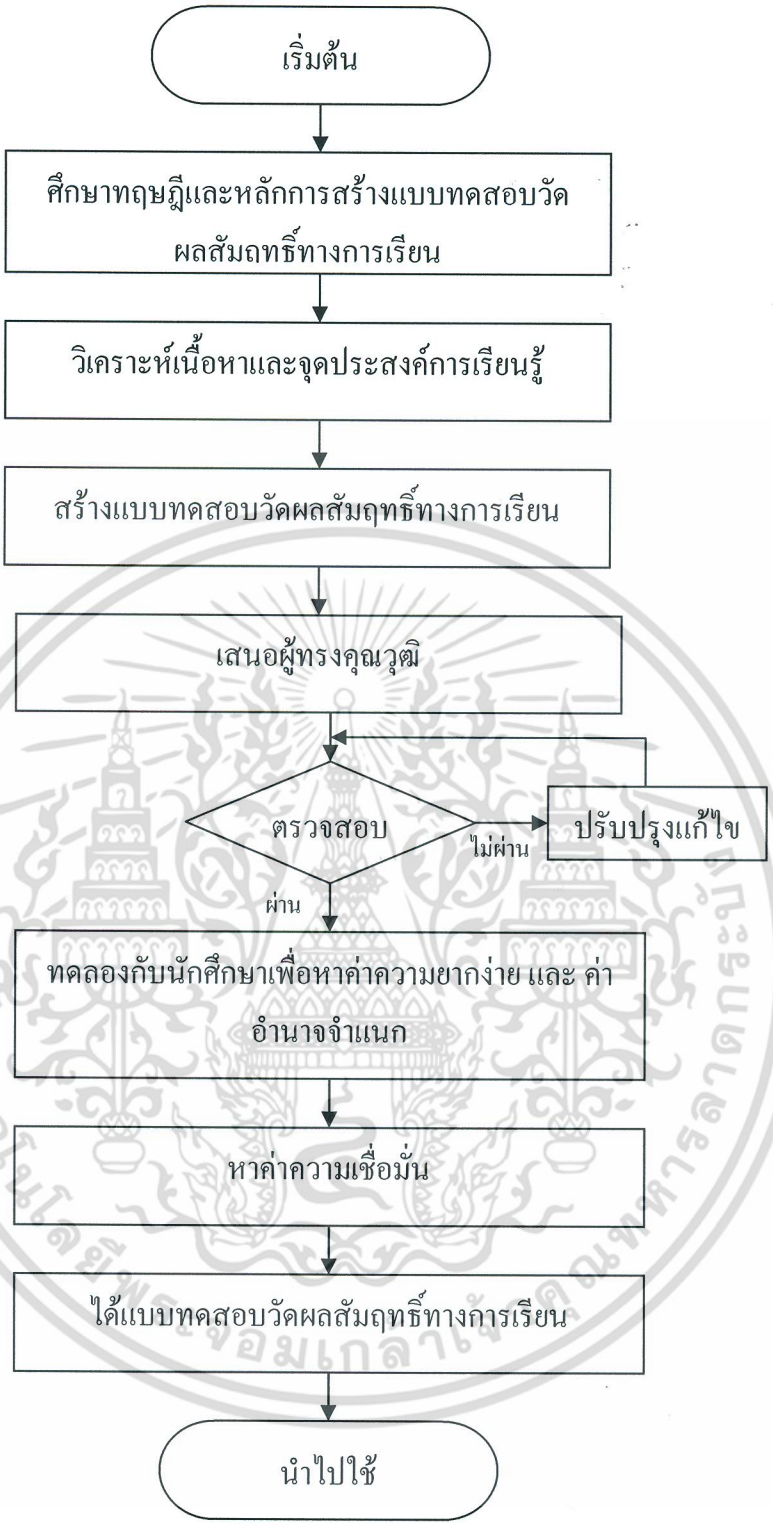
โดยเกณฑ์การยอมรับว่าข้อคำถามนั้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปถือว่าผ่าน ซึ่งพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องมีมากกว่า 0.5 ทุกรายการ

3.2.3.6 นำแบบทดสอบ ที่สร้างไปทดลองกับนักศึกษาที่เคยเรียน วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ และไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป

3.2.3.7 หาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson

3.2.3.8 ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.3** แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.4 การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน**

คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานดังนี้

3.2.2.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากเอกสารต่างๆ

3.2.2.2 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

3.2.2.3 ออกแบบโดยการกำหนดหัวข้อแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับในการให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

5 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ในการประมวลผลค่าทางสถิติของแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีการแปรความหมายของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปแปลความหมายดังนี้

4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ มากที่สุด
3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ มาก
2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ ปานกลาง
1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ น้อย
1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ น้อยที่สุด

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ที่ใช้ได้ต้องมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คือ ต้องได้คะแนนอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 3.5 ขึ้นไป

3.2.2.4 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

3.2.2.5 นำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ที่สร้างเสร็จ ไปใช้งานร่วมกับสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

3.2.2.6 เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 นำหนังสือ ขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลไปยังวิทยาลัยเทคนิคที่ได้รับการสุ่มตัวอย่าง เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการทำการวิจัยในแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

3.3.2 แจ้งกลุ่มตัวอย่างให้ทราบล่วงหน้า และแจ้งเวลานัดหมายในการทดลอง

3.3.3 นำสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ แบบทดสอบและแบบสอบถามความพึงพอใจไปทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง และเก็บข้อมูลการวิจัย

3.3.4 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้

## 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาผลการประเมินสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์โดยแบบประเมินที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นมาทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. การหาค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ใช้สำหรับการหาค่าเฉลี่ย (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164)

สูตร $$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$n$ แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2. การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สำหรับวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 179)

สูตร $$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$X$ แทน ค่าแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

n แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

$\sum$ แทน ผลรวมของข้อมูล

3. การหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

สูตร $p = \frac{R}{N}$

เมื่อ p หมายถึง ความยากง่าย

R หมายถึง จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบถูก

N หมายถึง จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบทั้งหมด

4. การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

สูตร $r = \frac{R_u - R_l}{N/2}$

เมื่อ r หมายถึง อำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

$R_u$ หมายถึง จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบถูกในส่วนคนเก่ง

$R_l$ หมายถึง จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบถูกในส่วนคนอ่อน

N หมายถึง จำนวนคนที่ทำแบบทดสอบทั้งหมด

5.การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson

สูตร $r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right)$

เมื่อ $r_{tt}$ หมายถึง ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k หมายถึง จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

p หมายถึง สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อหนึ่งๆ

q หมายถึง สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อหนึ่งๆ = 1-p

$s^2$ หมายถึง ค่าความแปรปรวนของคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพ

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

เมื่อ $E_1$ แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum x$ แทน คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

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

เมื่อ $E_2$ แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อการพัฒนา สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพเมื่อทำการพัฒนาเสร็จแล้ว ได้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพ และความพึงพอใจโดยวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

## 4.1 ผลการประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

การพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ได้ประเมินคุณภาพจาก ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และ ด้านการผลิตสื่อ ด้านละ 3 ท่าน ได้ค่าคุณภาพดังนี้

**ตารางที่ 4.1** แสดงการวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา

| รายการประเมิน | $\overline{X}$ | S.D. | ความหมาย |
|---|---|---|---|
| 1. ความถูกต้องของลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน | 3.67 | 0.58 | ดี |
| 2. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา | 3.67 | 0.58 | ดี |
| 3. ความถูกต้องของภาพวงจรและกราฟการทำงาน | 4.67 | 0.58 | ดีมาก |
| 4. ความสอดคล้องระหว่างภาพกับเนื้อหา | 3.67 | 0.58 | ดี |
| 5. ความน่าสนใจของรูปแบบการนำเสนอ | 4.33 | 0.58 | ดี |
| 6. ความจูงใจของเนื้อหาต่อผู้เรียน | 4.67 | 0.58 | ดีมาก |
| 7. ความเหมาะสมของเนื้อหา | 4.33 | 0.58 | ดี |
| 8. สามารถนำไปใช้งานในการเรียนการสอนได้ | 4.67 | 0.58 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | 4.21 | 0.58 | ดี |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 ซึ่งอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาพบว่ารายการที่อยู่ในระดับดีมาก มี 3 รายการ ได้แก่ ความถูกต้องของภาพวงจรและกราฟการทำงาน ความจูงใจของเนื้อหาต่อผู้เรียน และสามารถนำไปใช้งานในการเรียนการสอนได้ รายการที่อยู่ในระดับดี มี 5 รายการ เรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยได้ดังนี้ ความน่าสนใจของรูปแบบการนำเสนอ ($\overline{X}$= 4.33) ความเหมาะสมของเนื้อหา ($\overline{X}$ = 4.33) ความถูกต้องของลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน($\overline{X}$ = 3.67) ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา ($\overline{X}$ = 3.67) และความสอดคล้องระหว่างภาพกับเนื้อหา ($\overline{X}$ = 3.67)

**ตารางที่ 4.2** แสดงการวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพ ด้านการผลิตสื่อ

| รายการประเมิน | $\overline{X}$ | S.D. | ความหมาย |
|---|---|---|---|
| 1. การจัดวางรูปแบบหน้าจอในการนำเสนอ | 4.33 | 0.58 | ดี |
| 2. ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ | 4.00 | 1.00 | ดี |
| 3. ความสะดวกในการนำไปใช้งาน | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 4. ความเหมาะสมในการใช้งาน | 4.67 | 0.58 | ดีมาก |
| 5. ความชัดเจนของคำแนะนำการใช้งาน | 3.67 | 0.58 | ดี |
| 6. ความชัดเจนและขนาดของภาพที่นำเสนอ | 4.33 | 0.58 | ดี |
| 7. ความเหมาะสมของตัวอักษร | 3.67 | 0.58 | ดี |
| 8. ความเหมาะสมของสีที่ใช้ | 3.33 | 0.58 | ปานกลาง |
| 9. มีความน่าสนใจ และมีลักษณะจูงใจต่อผู้เรียน | 4.33 | 0.58 | ดี |
| 10. สามารถนำไปใช้งานในการเรียนการสอนได้ | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | 4.23 | 0.50 | ดี |

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.23 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ซึ่งอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาพบว่ารายการที่อยู่ในระดับดีมาก มี 3 รายการ เรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยได้ดังนี้ ความสะดวกในการนำไปใช้งาน ($\overline{X}$ = 5.00) สามารถนำไปใช้งานในการเรียนการสอนได้ ($\overline{X}$ = 5.00) ความเหมาะสมในการใช้งาน ($\overline{X}$ = 4.67) รายการที่อยู่ในระดับดี มี 6 รายการ เรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยได้ดังนี้ การจัดวางรูปแบบหน้าจอในการนำเสนอ ($\overline{X}$ = 4.33) ความชัดเจนและขนาดของภาพที่นำเสนอ ($\overline{X}$ = 4.33) มีความน่าสนใจ และมีลักษณะจูงใจต่อผู้เรียน ($\overline{X}$ = 4.33) ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ ($\overline{X}$ = 4.00) ความชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคำแนะนำการใช้งาน ($\overline{X}$ = 3.67) และความเหมาะสมของตัวอักษร ($\overline{X}$ = 3.67) รายการที่อยู่ในระดับปานกลาง มี 1 รายการ ได้แก่ ความเหมาะสมของสีที่ใช้ ($\overline{X}$ = 3.33)

**4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 60 คน ซึ่งผลการทดลองหาประสิทธิภาพ แสดงผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

| รายการ | คะแนนเต็ม | คะแนนเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ยร้อยละ | เกณฑ์ร้อยละ |
|---|---|---|---|---|
| คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน | 30 | 24.50 | 81.67 | 80 (E1) |
| คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน | 30 | 24.25 | 80.83 | 80 (E2) |

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีประสิทธิภาพของบทเรียน (E1:E2) เท่ากับ 81.67:80.83 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน คือ อยู่ในเกณฑ์ 80:80

**4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ**

การวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพโดยคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกับการหาประสิทธิภาพที่เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 60 คน ซึ่งผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียน แสดงผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.4** การวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

| รายการประเมิน | $\bar{X}$ | S.D. | ความพอใจ |
|---|---|---|---|
| 1. ความสะดวกในการใช้งาน | 4.10 | 0.75 | มาก |
| 2. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น | 4.28 | 0.71 | มาก |
| 3. ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอยากเรียน | 4.43 | 0.62 | มาก |
| 4. การนำเสนอทำให้ผู้เรียนสนใจ | 3.98 | 0.83 | มาก |
| 5. รูปแบบและวิธีการนำเสนอมีความความเหมาะสม | 4.18 | 0.75 | มาก |
| 6. ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอยากเรียนรู้ด้วยตนเอง | 4.40 | 0.60 | มาก |
| 7. คำแนะนำการใช้งานเข้าใจง่าย | 4.03 | 0.71 | มาก |
| 8. การอธิบายเนื้อหาเข้าใจง่าย | 3.80 | 0.82 | มาก |
| 9. ความเหมาะสมของภาพวงจรการทำงาน | 4.15 | 0.76 | มาก |
| 10. ความเหมาะสมของตัวอักษรที่ใช้ | 3.52 | 0.70 | มาก |
| 11. ความเหมาะสมของสีที่ใช้ | 3.70 | 0.79 | มาก |
| 12. ความชัดเจนและขนาดของภาพที่นำเสนอ | 4.21 | 0.76 | มาก |
| 13. ความเหมาะสมในการใช้ภาพเคลื่อนไหว อธิบายการทำงานของวงจรและกราฟการทำงาน | 3.87 | 0.81 | มาก |
| 14. ผู้เรียนมีความพึงพอใจในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์เพียงใด | 4.30 | 0.81 | มาก |
| 15. ผู้เรียนมีความพึงพอใจ และ เห็นด้วยในการสร้าง สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์มาใช้ในรายวิชาอื่นๆ เพียงใด | 4.63 | 0.58 | มากที่สุด |
| รวม | 4.11 | 0.74 | มาก |

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 ซึ่งอยู่ในระดับพอใจมาก เมื่อพิจารณาพบว่ารายการที่อยู่ในระดับพอใจมากที่สุด มี 1 รายการ ได้แก่ ผู้เรียนมีความพึงพอใจ และ เห็นด้วยในการสร้าง สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์มาใช้ในรายวิชาอื่นๆ เพียงใด ($\bar{X}$ = 4.63) ส่วนรายการที่ได้อยู่ในระดับพอใจมากที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่ ความเหมาะสมของตัวอักษรที่ใช้ ($\bar{X}$ = 3.52)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์สำหรับอาชีวะศึกษา วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพ และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยมีสาระสำคัญในการวิจัยสรุปได้ดังต่อไปนี้

**5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

5.1.1.1 เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ

5.1.1.2 เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจ การใช้งาน สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ในห้องปฏิบัติการ สำหรับวิชาสาขาทางช่างอุตสาหกรรม

**5.1.2 สมมติฐานการวิจัย**

5.1.2.1 สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E1: E2 ซึ่งกำหนดค่าไว้เท่ากับ 80:80

5.1.2.2 กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในต่อการใช้งานสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ในห้องปฏิบัติการสำหรับวิชาสาขาทางช่างอุตสาหกรรม ระดับมาก (ระดับ 3.50 ขึ้นไป)

**5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

**5.1.3.1 ประชากร** คือ นักศึกษาระดับอาชีวะศึกษาสาขาช่างอุตสาหกรรม สังกัดวิทยาลัยเทคนิคในเขตกรุงเทพมหานคร

**5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง** คือ นักศึกษาระดับอาชีวะศึกษาสาขาช่างอุตสาหกรรม สังกัดวิทยาลัยเทคนิคในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการสุ่มอย่างง่ายจำนวน 2 แห่ง ได้แก่ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร เป็นจำนวน 60 คน

**5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล ที่คณะผู้วิจัยได้สร้างขึ้นประกอบด้วย

5.1.4.1 สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

5.1.4.2 แบบประเมินคุณภาพของ สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

5.1.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1.4.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล**

**5.1.5.1 การเก็บข้อมูลจากผู้ทรงคุณวุฒิ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้**

ติดต่อขอรับหนังสือ จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึง ผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อ ขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์ ในการตรวจสอบ สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ และแบบประเมินผล

**5.1.5.2 การเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้**

- ติดต่อขอรับหนังสือ จาก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อ ขออนุญาติและขอความอนุเคราะห์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
- นำหนังสือ ขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ไปยังวิทยาลัยเทคนิค เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการทำการวิจัยในแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
- แจ้งกลุ่มตัวอย่างให้ทราบล่วงหน้า และแจ้งเวลานัดหมายในการทดลอง
- นำสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์และแบบสอบถามความพึงพอใจ ไปทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง และเก็บข้อมูลการวิจัย
- ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้

**5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล**

5.1.6.1 ผลการประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

5.1.6.2 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

5.1.6.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

**5.1.7 สรุปผลการวิจัย**

จากการดำเนินการวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. คุณภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ผ่านความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ทางด้านเนื้อหามีคุณภาพอยู่ในระดับดี ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 ทางด้านการผลิตสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.23 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50

2. ประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีประสิทธิภาพของบทเรียน (E1:E2) เท่ากับ 81.67 :80.83 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐาน คือ ไม่ต่ำกว่า 80:80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

## 5.2 อภิปรายผล

สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่พัฒนาขึ้น ในการใช้งานจริงนั้นต้องใช้ควบคู่กับ เอกสารวิชาวงจรอิเล็ทรอนิกส์โดยนำแผ่นดีวีดีสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ เปิดใช้งานจากเครื่องเล่นดีวีดี หรือกับคอมพิวเตอร์ที่สามารถอ่านแผ่นดีวีดีได้ เมื่ออ่านเอกสารแล้วต้องการดูภาพเคลื่อนไหวก็สามารถลือกดูภาพที่ต้องการตามหัวข้อได้ จากการวิจัยพบว่าสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพนั้นสามารถใช้งานในการเรียนการสอนได้จริง และจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิก็พบว่า คุณภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ทั้งด้านเนื้อหาและด้านการผลิตสื่อ โดยที่ค่าคุณภาพด้านเนื้อหาพบว่า คะแนนเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาเท่ากับ 4.21 และคุณภาพด้านการผลิตสื่อพบว่า คะแนนเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตสื่อเท่ากับ 4.23 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีทั้ง 2 ด้าน

ในการนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 60 คนจะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพของสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีประสิทธิภาพของบทเรียน (E1:E2) เท่ากับ 81.67 :80.83 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐาน คือ ไม่ต่ำกว่า 80:80 แสดงว่า สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์สามารถนำไปใช้งาน ได้อย่างมีประสิทธภาพ และเนื่องจากการใช้งานนั้นต้องใช้ควบคู่กับ เอกสารวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จึงสามารถนำไปใช้ได้ทั้งการเป็นสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนและสื่อสอนเสริมเพิ่มเติม หรือทบทวนความรู้ก็ได้

จากผลการหาประสิทธิภาพพบว่าสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์สามารถนำไปใช้งาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น อาจเนื่องมาจากการนำเสนอสื่อที่มีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหวแสดง และอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมไปสู่สิ่งที่เป็นรูปธรรมทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น มากกว่าการนำเสนอเพียงภาพนิ่งเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับ พัลลภ พิริยสุรวงศ์ (2543) และ Hatfield and Bitter (1994) ที่กล่าวว่า มัลติมีเดียจะกลายมาเป็นเครื่องมือที่สำคัญทางการศึกษาในอนาคต ทั้งนี้เพราะว่ามัลติมีเดียสามารถที่จะนำเสนอได้ทั้งเสียง ข้อความ ภาพเคลื่อนไหว ดนตรี กราฟิก ภาพถ่ายวัสดุตีพิมพ์ ภาพยนตร์ และวิดีทัศน์ ประกอบกับสามารถที่จะจำลองภาพของการเรียนการสอนที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองแบบเชิงรุก (Active Learning) และมัลติมีเดียสามารถแสดงการจำลองสภาพการณ์ของวิชาต่างๆ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงก่อนการลงมือปฏิบัติจริง โดยสามารถที่จะทบทวนขั้นตอนและกระบวนการได้เป็นอย่างดี นักเรียนอาจจะเรียนหรือฝึกซ้ำได้ตลอดเวลาที่ต้องการ สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชาวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์ได้ประยุกต์ใช้คุณสมบัติของการนำเสนอของมัลติมีเดียที่สอดคล้องกับความต้องการและการทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชาของผู้เรียนจึงส่งผลทำให้บทเรียนสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

จากการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน หรือ ผู้เรียนพบว่าความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 ซึ่งอยู่ในระดับพอใจมาก แสดงว่าผู้เรียนที่ใช้งานสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์มีความพึงพอใจมาก และ จากการศึกษาพบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดหากมีการนำสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ไปใช้ในรายวิชาอื่นต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะการออกแบบของการใช้งานของเมนูต่างๆ ควบคู่กับการควบคุมโดยรีโมทคอนโทรล พร้อมตั้งชื่อไฟล์คลิปวิดีโอตรงกับชื่อหมายเลขรูปในหนังสือเรียน ทำให้ผู้เรียนมีความสะดวกในการเลือกดูภาพเคลื่อนไหวตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตามในการแสดงตัวอักษรและภาพเคลื่อนไหวในบางรายการก็ยังมีความไม่เหมาะสมเท่าที่ควร เนื่องจากข้อจำกัดในการแสดงผลบนหน้าจอโทรทัศน์เมื่อมีการแปลงเป็นไฟล์วิดีโอ เกิดความสูญเสียของรายละเอียดของภาพและสีบนหน้าจอ และตัวอักษรยังขาดความชัดเจนในบางไฟล์ซึ่งสังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจนเท่าใดนัก ในส่วนนี้จึงได้รับการประเมินความพึงพอใจน้อยกว่ารายการอื่นๆ ซึ่งข้อจำกัดนี้คณะผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงสำหรับการทำงานในครั้งต่อไป

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในการใช้งานสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพควรใช้กับเครื่องเล่นดีวีดีแบบพกพา เพื่อความสะดวกในการใช้งานและสะดวกต่อผู้เรียนที่จะใช้งานร่วมกับเอกสารวิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2. ในการใช้ภาพเคลื่อนไหวอธิบายเนื้อหาหรือสื่อความหมายนั้นสามารถช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนและเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ซึ่ง สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้มีการใช้ภาพเคลื่อนไหวอธิบายประกอบคำบรรยาย สำหรับรายวิชาอื่นๆ สามารถนำเสนอในลักษณะของการใช้ วิดีทัศน์ ภาพเคลื่อนไหว และเสียงประกอบ ที่สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อหาวิชานั้นๆ ได้นอกเหนือจากการใช้ภาพเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป**

1. วิจัยพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ในรายวิชาอื่น ที่สามารถใช้ภาพเคลื่อนไหวอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น

2. ทำเมนูให้อยู่ในรูปแบบที่ผู้เรียนต้อง กดหมายเลขเลือกภาพที่ต้องการโดยที่ไม่มีภาพใดๆ บนหน้าจอให้เลือก แล้วแสดงภาพเคลื่อนไหว หลังจากนั้นเมื่อเล่นเสร็จแล้วกลับไปยังหน้าแรกเพื่อรอการกดหมายเลขต่อไป

3. วิจัยพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ ในรูปแบบใช้งาน อื่น เช่น การใช้ยูเอสบีไดรว์ร่วมกับเครื่องเล่นที่สามารถใช้ได้ การใช้ในเมมโมรี่เพื่อใช้ร่วมกับโทรศัพท์มือถือ หรือ พ๊อกเกตพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


กฤตกร กัลยารัตน์. 2545. การพัฒนาโปรแกรมพจนานุกรมคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิดานันท์ มลิทอง. 2536. **เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย.** กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิดานันท์ มลิทอง. 2543. **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม.** กรุงเทพฯ. อรุณการพิมพ์

เกศินี โชติกเสถียร. 2523: **การใช้เทคโนโลยีทางการศึกษาในห้องเรียน.** กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

จำนง พรายแย้มแข. 2535. **เทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนรู้กับการสอนซ่อมเสริม**(ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์).พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ฉลองชัย สุรวัฒนาบูรณ์ 2528: **เทคโนโลยีการศึกษา.** กรุงเทพฯ. ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชม ภูมิภาค 2515: **เทคโนโลยีทางการสอนและการศึกษา** กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. สำนักพิมพ์ประสานมิตร

ชวาล แพรรัตกุล. 2518. **เทคนิคการวัดผล** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช

ชาญวิทย์ หาญรินทร์. 2547. **วงจรอิเล็กทรอนิกส์.** นนทบุรี. สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ

ชูศรี วงรัตนะ. 2546. **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย** กรุงเทพฯ : เทพเนรมิตการพิมพ์

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2523. **เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อการศึกษา เล่ม 1.** นนทบุรี. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และนิคม ทาแดง. 2531. **การพัฒนาระบบการสอนทางไกล.** นนทบุรี. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. **เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์.

บุญชม ศรีสะอาด. 2538. **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย.**กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. 2545. **การวิจัยเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์. 2538: **การวัดและการประเมินผลการศึกษาและการประยุกต์.** กรุงเทพฯ. อักษรเจริญทัศน์

บุญยงค์ แก้วบุดดี. 2545. โปรแกรมจำลองแบบและวิเคราะห์ระบบ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บุญเรียง ขจรศิลป์. 2542. **สถิติการวิจัย I.** กรุงเทพฯ : หจก.พี.เอ็น.การพิมพ์.

ประกิจ รัตนสุวรรณ. 2526. **การวัดผลและประเมินผลทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 254. เอกสารประกอบการเรียนวิชาสถิติเพื่อการวิจัย.กรุงเทพมหานคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พรสวรรค์ วงศ์พรประดิษฐ์ 2547: บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง วิวัฒนาการของการสื่อสาร วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบันฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา ทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พัลลภ พิริยสุรวงศ์. 2542. การออกแบบและพัฒนามัลติมีเดียแบบฝึกโดยใช้รูปแบบการควบคุมการเรียนต่างกัน. ดุษฎีนิพนธ์ สาขาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ไพศาล หวังพานิช. 2526. **การวัดผลทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

มงคล ทองสงคราม. 2541. **อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง

ยืน ภู่วรรณ. 2531. **การใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอน.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุทธพงษ์ จูจรูญ. 2547. คู่มืออิเล็กทรอนิกส์แนะนำการวิเคราะห์ปัญหาโครงข่ายระบบสื่อสัญญาณหลักผ่านวงแหวนสายใยแก้วนำแสง กรณีศึกษา บริษัท ทีเอ ออเร้นจ์ จำกัด วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบันฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542. **การทำวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : บริษัท ที.พี.พริ้นท์ จำกัด.

รัตนา อภิรักษาวงศ์. 2543. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยระบบมัลติมีเดีย เรื่อง การช่วยคลอดปกติสำหรับนักศึกษาพยาบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิริยา บุญชัย. 2523. **การทดสอบและวัดผลทางการศึกษา** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

วีระพันธ์ คำดี. 2545. **เทคนิคในการสร้างงานมัลติมิเดียอย่างมืออาชีพ.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

รณฤทธิ์ จันทรนาม. 2548. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเครื่องกลไฟฟ้า 2 เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนของนักศึกษาที่มีรูปแบบการเรียนแตกต่างกัน โดยใช้มัลติมีเดีย 2 รูปแบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ศิริรัตน์ เพ็ชร์แสงศรี และ สุรสิทธิ์ ราตรี. 2549. เอกสารประกอบการวิจัย เรื่อง การพัฒนาสื่อประสมไฮเปอร์บุคส์ สำหรับอาชีวะศึกษา. เอกสารอัดสำเนา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุวิทย์ ฉุยฉาย. 2543. การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Hatfield, M. M. and Bitter, G.G. 1994. "A Multimedia Approach to the Professional Development". **Technology in Professional Development**. 102-115.

Jeffcoate, Judith. 2007. **Multimedia in Practice.** London: Pearson Education.

Kuder Richardson. 1939. **Statistical Methods for Psychology**. London. School of Economies and Political Science.

Robert M Gangne. and Leslie J. Briggs. 1989. **Principles of Instruction Design. (**3rd ed). New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Seels, B. & Glasgow, Z. 1998. **Making Instructional Design Decisions.** New Jersey: Prentice Hall.

Vaughan, Tay. 2008. **Multimedia: Making It Work.** (7th ed). New York: McGraw-Hill.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

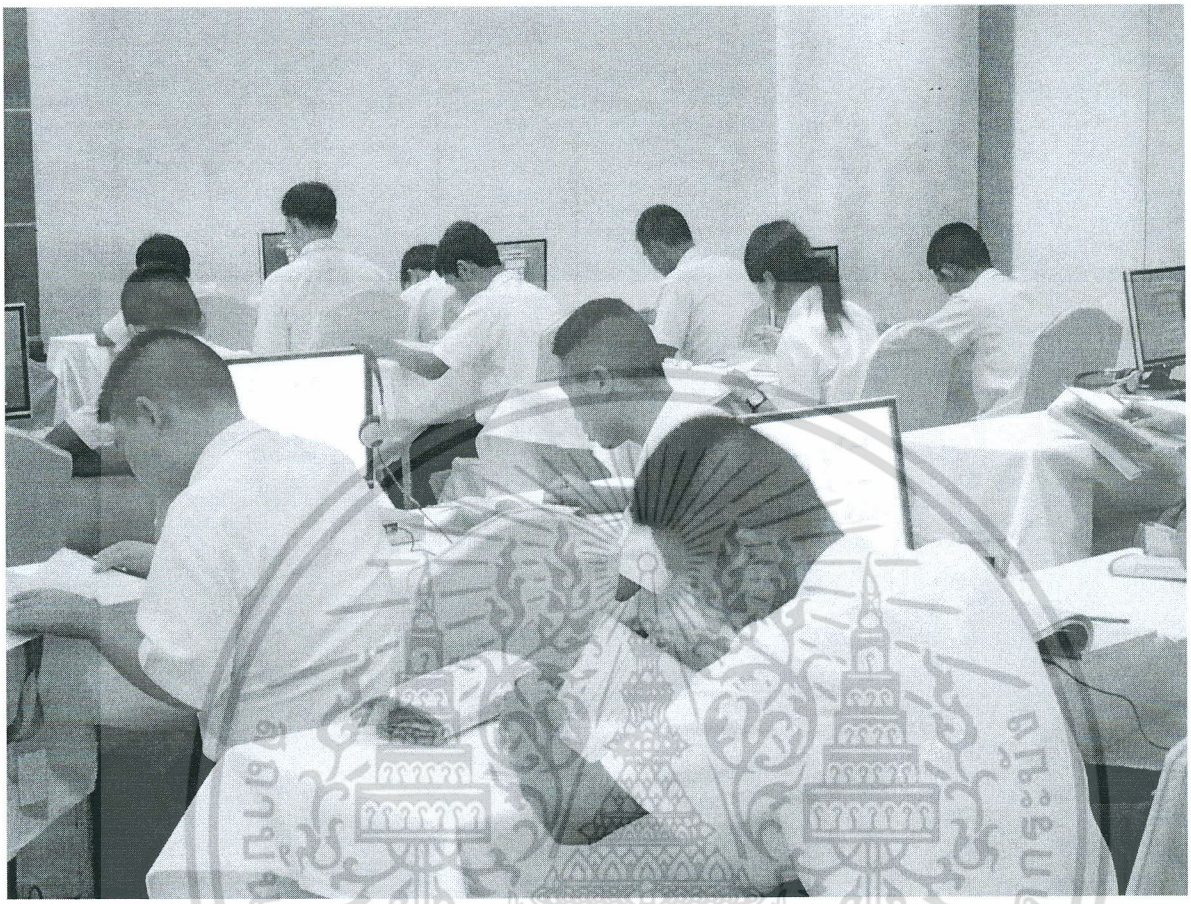
# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

## ประมวลภาพการเก็บข้อมูลวิจัย และงานสัมมนาเชิงปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ ก.1** นักศึกษากำลังศึกษาด้วยสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ ก.2** นักศึกษากำลังศึกษาด้วยสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ ก.3** การจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง เทคนิคการสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ ก.4** รศ. ดร. สุรสิทธิ์ ราตรี วิทยากร บรรยาย เรื่อง เทคนิคการสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ ก.5** ภาพแสดงหน้าปกแผ่น ดีวีดี สื่อประสมไฮเปอร์บุคส์ วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

## แบบประเมินคุณภาพสื่อประสมไฮเปอร์บุคส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบประเมินคุณภาพ (ด้านเนื้อหา)
# สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

**<u>คำชี้แจง</u>** โปรดทำเครื่องหมาย ( / ) ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| รายการประเมิน | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก | ดี | ปานกลาง | พอใช้ | ควรปรับปรุง |
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1. ความถูกต้องของลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน | | | | | |
| 2. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา | | | | | |
| 3. ความถูกต้องของภาพวงจรและกราฟการทำงาน | | | | | |
| 4. ความสอดคล้องระหว่างภาพกับเนื้อหา | | | | | |
| 5. ความน่าสนใจของรูปแบบการนำเสนอ | | | | | |
| 6. ความจูงใจของเนื้อหาต่อผู้เรียน | | | | | |
| 7. ความเหมาะสมของเนื้อหา | | | | | |
| 8. สามารถนำไปใช้งานในการเรียนการสอนได้ | | | | | |

ข้อควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบประเมินคุณภาพ (ด้านการผลิตสื่อ)
# สื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

**<u>คำชี้แจง</u>** โปรดทำเครื่องหมาย ( / ) ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| รายการประเมิน | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก | ดี | ปานกลาง | พอใช้ | ควรปรับปรุง |
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1. การจัดวางรูปแบบหน้าจอในการนำเสนอ | | | | | |
| 2. ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ | | | | | |
| 3. ความสะดวกในการนำไปใช้งาน | | | | | |
| 4. ความเหมาะสมในการใช้งาน | | | | | |
| 5. ความชัดเจนของคำแนะนำการใช้งาน | | | | | |
| 6. ความชัดเจนและขนาดของภาพที่นำเสนอ | | | | | |
| 7. ความเหมาะสมของตัวอักษร | | | | | |
| 8. ความเหมาะสมของสีที่ใช้ | | | | | |
| 9. มีความน่าสนใจ และมีลักษณะจูงใจต่อผู้เรียน | | | | | |
| 10. สามารถนำไปใช้งานในการเรียนการสอนได้ | | | | | |

ข้อควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

## แบบสอบถามในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์ วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

**<u>คำชี้แจง</u>** โปรดทำเครื่องหมาย ( / ) ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| รายการประเมิน | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | พอใจมากที่สุด | พอใจมาก | พอใจปานกลาง | พอใจน้อย | พอใจน้อยที่สุด |
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1. ความสะดวกในการใช้งาน | | | | | |
| 2. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น | | | | | |
| 3. ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอยากเรียน | | | | | |
| 4. การนำเสนอทำให้ผู้เรียนสนใจ | | | | | |
| 5. รูปแบบและวิธีการนำเสนอมีความความเหมาะสม | | | | | |
| 6. ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอยากเรียนรู้ด้วยตนเอง | | | | | |
| 7. คำแนะนำการใช้งานเข้าใจง่าย | | | | | |
| 8. การอธิบายเนื้อหาเข้าใจง่าย | | | | | |
| 9. ความเหมาะสมของภาพวงจรการทำงาน | | | | | |
| 10. ความเหมาะสมของตัวอักษรที่ใช้ | | | | | |
| 11. ความเหมาะสมของสีที่ใช้ | | | | | |
| 12. ความชัดเจนและขนาดของภาพที่นำเสนอ | | | | | |
| 13. ความเหมาะสมในการใช้ภาพเคลื่อนไหว อธิบายการทำงานของวงจรและกราฟการทำงาน | | | | | |
| 14. ผู้เรียนมีความพึงพอใจในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์เพียงใด | | | | | |
| 15. ผู้เรียนมีความพึงพอใจ และ เห็นด้วยในการสร้างสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์มาใช้ในรายวิชาอื่นๆเพียงใด | | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

## แบบทดสอบท้ายบทเรียน

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบฝึกหัดบทที่ 1

**คำสั่ง** จงทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงบนหน้าคำตอบที่ถูกที่สุด

1. การจัดวงจรใช้งานของทรานซิสเตอร์ จะมีลักษณะอย่างไร
   ก. จัดไบแอสตรงระหว่างขา B กับขา E
   ข. จัดไบแอสกลับระหว่างขา C กับขา B
   ค. จัดจุดป้อนสัญญาณอินพุตและทางออกเอาต์พุตจุดละ 2 ขั้ว
   ง. จัดขาใดขาหนึ่งของทรานซิสเตอร์เป็นขาคอมมอน
2. ข้อใด คือ คุณสมบัติของวงจรคอมมอนเบส
   ก. มีอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตต่ำ 100 Ω
   ข. มีอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตสูง 100 Ω
   ค. มีอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตสูง 300 Ω
   ง. เฟสสัญญาณอินพุตไม่เหมือนกับเฟสสัญญาณเอาต์พุต
3. วงจรคอมมอนเบสมีการนำไปใช้ในงานใด
   ก. วงจรบัฟเฟอร์ ข. วงจรออสซิลเลเตอร์
   ค. วงจรขยายเสียง ง. วงจรตั้งเวลา
4. ข้อใดคืออัตราการขยายทางกระแสของวงจรคอมมอนคอลเลกเตอร์
   ก. มีค่าน้อยกว่า 1 ข. ประมาณ 20 – 50 เท่า
   ค. ประมาณ 19 – 49 เท่า ง. มีค่าเท่ากับ 1
5. "อัตราการขยายทางแรงดันประมาณ 250 – 300 เท่า เนื่องจากเอาต์พุตอิมพีแดนซ์สูง อินพุตอิมพีแดนซ์ต่ำ" เป็นคุณสมบัติของวงจรคอมมอนชนิดใด
   ก. วงจรคอมมอนเบส
   ข. วงจรคอมมอนคอลเลกเตอร์
   ค. วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์
   ง. วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์
6. การที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้จะต้องจัดไบแอสอย่างไร
   ก. ขา B กับขา E จัดไบแอสตรง
   ข. ขา B กับขา C จัดไบแอสตรง
   ค. ขา C กับขา E จัดไบแอสกลับ
   ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ข้อใดเป็นข้อเสียของการจัดไบแอสแบบฟิกซ์ไบแอส

ก. ใช้อุปกรณ์มาก

ข. อัตราการขยายสัญญาณต่ำ

ค. อัตราการขยายไม่คงที่

ง. กระแส $I_C$ ไหลไม่คงที่

8. วงจรไบแอสแบบใด เมื่อทรานซิสเตอร์ ทำงานแล้วจะไม่คงที่ต่ออุณหภูมิ

ก. ไบแอสคงที่ ข. ไบแอสช่วย

ค. ไบแอสปรับช่วยคงที่ ง. ไบแอสผสม

9. วงจรไบแอสที่นิยมใช้งานมากที่สุด คือ

ก. ไบแอสช่วย ข. ไบแอสผสม

ค. ไบแอสปรับช่วยคงที่ ง. ไบแอสคงที่

10. การตรวจสอบสภาพทรานซิสเตอร์ จะใช้เครื่องมือวัดชนิดใด

ก. โวลต์มิเตอร์ ข. แอมมิเตอร์

ค. โอห์มมิเตอร์ ง. ออสซิลโลสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบฝึกหัดบทที่ 2

**คำสั่ง** จงทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงบนหน้าคำตอบที่ถูกที่สุด

1. การจัดวงจรคอมมอนของเฟต สามารถจัดได้กี่แบบ
   ก. 2 แบบ
   ข. 3 แบบ
   ค. 4 แบบ
   ง. 5 แบบ
2. วงจรคอมมอนของเฟต แบบใด ที่นำไปใช้ในวงจรขยายความถี่สูงดี
   ก. คอมมอนเดรน
   ข. คอมมอนเกต
   ค. คอมมอนซอร์สฟอลโลเวอร์
   ง. คอมมอนซอร์ส
3. วงจรคอมมอนของเกตแบบใด ที่ให้คุณภาพดีทางด้านการขยายแรงดันและขยายกำลัง
   ก. คอมมอนเดรน
   ข. คอมมอนเกต
   ค. คอมมอนซอร์ส
   ง. คอมมอนซอร์สฟอลโลเวอร์
4. การจัดวงจรไบแอสให้กับเฟตจะขึ้นอยู่กับขั้วของแรงดันที่ขาใด
   ก. ขาเดรน (D)
   ข. ขาซอร์ส (S)
   ค. ขาเกต (G)
   ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข
5. การจัดวงจรไบแอสให้เจเฟต จะเหมือนกับการจัดวงจรให้เฟตในข้อใด
   ก. เอนแฮนซ์เมนต์มอสเฟต
   ข. เวอร์ติคอลมอสเฟต
   ค. ดีพลีชั่นมอสเฟต
   ง. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบฝึกหัดบทที่ 3

**คำสั่ง** จงทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงบนหน้าคำตอบที่ถูกที่สุด

1. ข้อใดเป็นวงจรขยายสัญญาณภาคเดียว
   - ก. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน
   - ข. วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์
   - ค. วงจรขยายแบบพุช-พูล
   - ง. วงจรขยายแบบคอมพลีเมนตารี่
2. การต่อวงจรทำงานทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน จะต่อเหมือนกับวงจรคอมมอนแบบใด
   - ก. วงจรคอมมอนคอลเลกเตอร์
   - ข. วงจรคอมมอนเบส
   - ค. วงจรคอมมอน อิมิตเตอร์
   - ง. ถูกทั้ง ข้อ ก และ ค
3. การคำนวณวิเคราะห์การทำงานของภาคขยายหลาย ๆ ภาคนี้จะต้องคำนวณจากภาคอะไร
   - ก. อินพุต
   - ข. เอาต์พุต
   - ค. โหลด
   - ง. ภาคขยายภาคแรก
4. ในวงจร พุช-พูล นิยมใช้อุปกรณ์ชนิดใดในการจัดเฟสสัญญาณ
   - ก. รีซิสเตอร์
   - ข. คาปาซิเตอร์
   - ค. หม้อแปลง
   - ง. โช้กคอยส์
5. วงจรเชื่อมต่อแบบใดที่ให้ผ่านเฉพาะสัญญาณไฟสลับเท่านั้น
   - ก. วงจรเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง
   - ข. วงจรเชื่อมต่อด้วยคาปาซิเตอร์
   - ค. วงจรเชื่อมต่อโดยตรง
   - ง. ถูกทั้ง ข้อ ก และ ข้อ ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบฝึกหัดบทที่ 4

**คำสั่ง** จงทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงบนหน้าคำตอบที่ถูกที่สุด

1. SCR เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สารกึ่งตัวนำในกลุ่มใด
   ก. ไบโลลาร์จังชั่นทรานซิสเตอร์
   ข. ยูนิจังชั่นทรานซิสเตอร์
   ค. ไทริสเตอร์
   ง. ทรานสดิ้วเซอร์
2. การทำให้ SCR หยุดนำกระแสโดยใช้สวิตซ์ จะทำในลักษณะใด
   ก. ตัดแหล่งจ่ายที่จ่ายให้ SCR
   ข. ตัดสวิตซ์อนุกรมกับ SCR
   ค. ต่อสวิสซ์ขนานกับ SCR
   ง. ถูกทั้ง ข้อ ข และ ข้อ ค
3. SCR นิยมนำมาใช้งานในด้านใดมากที่สุด
   ก. การทำงานเป็นสวิตซ์
   ข. การควบคุมเฟสทางไฟฟ้า
   ค. การทำงานเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย
   ง. ถูกทั้ง ข้อ ก และ ข้อ ข
4. หลักการควบคุมแบบใดที่เป็นการควบคุมกำลังงานโดยใช้ SCR
   ก. การควบคุมกระแสไฟฟ้า
   ข. การควบคุมแรงดันไฟฟ้า
   ค. การควบคุมโดยการจุดชนวนที่ขา G
   ง. การควบคุมเฟสสัญญาณ
5. การหยุดนำกระแสของ SCR ในวงจรไฟสลับ เป็นอย่างไร
   ก. เมื่อได้รับเฟสบวก
   ข. เมื่อได้รับเฟสลบ
   ค. เมื่อได้รับการจุดชนวนเกตที่มุม 90 องศา
   ง. เมื่อแรงดันตกคร่อม A-K เป็นเฟสบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบฝึกหัดบทที่ 5

**คำสั่ง ตอนที่ 1** จงทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงบนหน้าคำตอบที่ถูกที่สุด

1. ไทรแอกไม่สามารถนำไปใช้งานได้กับวงจรใด
   ก. วงจรหรี่ไฟแสงสว่าง
   ข. วงจรหรี่ไฟขดลวดความร้อน
   ค. ควบคุมความเย็นเครื่องปรับอากาศ
   ง. ควบคุมความเร็วมอเตอร์
2. จากวงจรหรี่ไฟแสงสว่างในหัวข้อเนื้อหาที่ 5.4 แรงดันที่ทำให้ไดแอกทำงานได้จากอุปกรณ์ในข้อใด
   ก. $R_2$
   ข. $C_1$
   ค. $R_1$
   ง. $R_1, R_2$
3. จากวงจรในข้อ 3 ถ้าปรับ $R_2$ ให้มีค่าความต้านทานมากขึ้นวงจรจะเป็นอย่างไร
   ก. ตัว $C_1$ ใช้เวลาประจุแรงดันมากขึ้น
   ข. ไอแอก $D_1$ ได้รับแรงดันเบรกโอเวอร์เร็ว
   ค. ไทรแอก $Q_1$ นำกระแสได้เร็วขึ้น
   ง. กำลังไฟฟ้าเกิดที่โหลดเพิ่มมากขึ้น
4. จากวงจรในข้อ 3 ถ้าปรับ $R_2$ ให้มีค่าความต้านทานมากขึ้น วงจรจะเป็นอย่างไร
   ก. เพิ่มแรงดันให้กับโหลด
   ข. ป้องกันการชำรุดของตัวไดแอกและไทรแอก
   ค. หน่วงเวลาการทำงานของโหลด
   ง. ป้องกันสัญญาณรบกวนในวงจรควบคุม
5. การนำไทรแอกไปใช้งานกับไฟสลับ 3 เฟส แรงดันไฟสลับที่จ่ายให้วงจรต้องมีเฟสต่างกันเท่าใด
   ก. 60
   ข. 80
   ค. 120
   ง. 160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**คำสั่ง** จงทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงบนหน้าคำตอบที่ถูกที่สุด

1. วงจรคอมมอนของทรานซิสเตอร์สามารถจัดได้กี่แบบ
   ก. 2 แบบ ข. 3 แบบ
   ค. 4 แบบ ง. 5 แบบ
2. ข้อใดคือ ค่าเพาเวอร์เกน (PG) ของวงจรคอมมอนเบส
   ก. 20 – 30 dB ข. 15 – 30 dB
   ค. 250 – 300 dB ง. 300 – 100 dB
3. ข้อใด คือ คุณสมบัติของวงจร คอมมอนคอลเลกเตอร์
   ก. มีอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตต่ำ 100 Ω
   ข. มีอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตสูง 100 Ω
   ค. เฟสสัญญาณอินพุตไม่เหมือนกันกับเฟสสัญญาณเอาต์พุต
   ง. มีอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตสูง 300 K Ω
4. วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์ ถูกนำไปใช้ในงานใด
   ก. วงจรขยายสัญญาณ ข. วงจรบัฟเฟอร์
   ค. วงจรขยายแรงดัน ง. วงจรกำเนิดความถี่
5. “นิยมนำไปใช้ในการขยายกระแสและแรงดัน” เป็นการนำไปใช้งานของวงจรคอมมอนชนิดใด
   ก. วงจรคอมมอนคอลเลกเตอร์
   ข. วงจรคอมมอนเบส
   ค. วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์
   ง. วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์
6. ใช้อุปกรณ์ประกอบวงจรน้อย เป็นลักษณะการจัดไบแอสใด
   ก. ไบแอสแบบคงที่ ข. ไบแอสแบบช่วย
   ค. ไบแอสแบบปรับช่วยคงที่ ง. ไบแอสแบบผสม
7. ข้อใดเป็นข้อดีของการจัดไบแอสแบบสเตบิไลซ์ (Stabilize)
   ก. มีความคงที่ต่ออุณหภูมิดีมาก
   ข. ใช้อุปกรณ์น้อยชิ้น
   ค. สัญญาณที่ออกเอาต์พุตมีความผิดเพี้ยนต่ำ
   ง. อัตราการขยายคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. วงจรไบแอสที่ให้ความถี่ต่ออุณหภูมิดีที่สุดคือ
   ก. ไบแอสคงที่ ข. ไบแอสช่วย
   ค. ไบแอสปรับช่วยคงที่ ง. ไบแอสผสม
9. ข้อใดคือข้อเสียของวงจรไบแอสแบบผสม
   ก. อัตราการขยายสัญญาณต่ำ
   ข. สัญญาณป้อนกลับเป็นค่าลบ
   ค. ทรานซิสเตอร์ชำรุดเสียหายง่าย
   ง. ใช้งานกับวงจรที่ทำงานต่อเนื่องตลอดเวลาไม่ได้
10. การที่จะรู้สภาพของทรานซิสเตอร์มีสภาพดี ขาด และยังสามารถรู้ชนิดทรานซิสเตอร์ด้วย ต้องดูอย่างไรจากการใช้เครื่องมือวัด
   ก. ดูผลการวัดหนึ่งครั้งและดูขั้วของโอห์มมิเตอร์
   ข. ดูผลการวัดสองครั้งและสลับขั้วของโอห์มมิเตอร์
   ค. ดูผลการวัดหนึ่งครั้งและสลับขั้วของโวลต์มิเตอร์
   ง. ดูผลการวัดสองครั้ง และดูขั้วของแอมมิเตอร์
11. การจัดวงจรคอมมอนของเฟต ข้อใด จะมีเฟสสัญญาณตรงข้ามกันระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต
   ก. คอมมอนเกต
   ข. คอมมอนซอร์ส
   ค. คอมมอนเดรน
   ง. คอมมอนซอร์สฟอลโลเวอร์
12. วงจรคอมมอนของเฟสแบบใดที่นำไปใช้ในวงจรแมตซ์ชิ่ง
   ก. คอมมอนซอร์ส
   ข. คอมมอนเดรน
   ค. คอมมอนเกต
   ง. คอมมอนซอร์สฟอลโลเวอร์
13. วงจรคอมมอนแบบใด ที่นำไปประยุกต์ใช้กับวงจรขยายย่านความถี่สูง
   ก. คอมมอนซอร์สฟอลโลเวอร์
   ข. คอมมอนเดรน
   ค. คอมมอนซอร์ส
   ง. คอมมอนเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. การจัดวงจรไบแอสให้กับเฟต สามารถจัดได้กี่แบบ

ก. 2 แบบ

ข. 3 แบบ

ค. 4 แบบ

ง. 5 แบบ

15. มาตรฐานที่ทดสอบหาคุณสมบัติของเฟต จะทำการทดสอบที่อุณหภูมิค่าเท่าใด

ก. $0^{\circ}$ C

ข. $10^{\circ}$ C

ค. $25^{\circ}$ C

ง. $100^{\circ}$ C

16. ข้อใดเป็นข้อดีของวงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน

ก. ให้อัตราการขยายแรงดันสูงมาก

ข. ให้อัตราการขยายกำลังสูงมาก

ค. เปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณในย่านกว้าง

ง. ให้อัตราการขยายกระแสสูงมาก

17. การคาสเคด หมายถึงวิธีการใด

ก. การนำอาทรานซิสเตอร์มาต่ออนุกรมกันหลาย ๆ ตัว

ข. การนำเอาวงจรขยายหลาย ๆ ภาคมาต่ออนุกรมกัน

ค. การนำเอาวงจรขยายหลาย ๆ ภาค มาต่อขนานกัน

ง. การเชื่อมต่อวงจรขยายด้วยอุปกรณ์ R, L, C

18. ข้อใด คือ ลักษณะของวงจรขยาย

ก. เป็นวงจรขยายเสียงที่ใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว

ข. ทรานซิสเตอร์จะขยายสัญญาณตัวละ 1 ไซเกิล

ค. ทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะสลับกันทำงาน

ง. ถูกทั้ง ข้อ ก และ ข้อ ข

19. วงจรขยายเสียงแบบคอมพลีเมนตารี่ถูกพัฒนามาจากวงจรขยายชนิดใด

ก. วงจรขยายแบบ พุช-พูล

ข. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน

ค. วงจรขยายแบบคาสเคด

ง. วงจรขยายแบบดิฟเฟอเรนเชี่ยล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. วงจรเชื่อมต่อแบบใดที่มีข้อดีในเรื่องของคุณภาพเสียงในวงจรขยายเสียง
    ก. วงจรเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง
    ข. วงจรเชื่อมต่อด้วยรีซิสเตอร์
    ค. วงจรเชื่อมต่อด้วยคาปาซิเตอร์
    ง. วงจรเชื่อมต่อโดยตรง
21. SCR จะหยุดนำกระแสได้อย่างไร
    ก. เมื่อแรงดันแคโทด ตกลงเป็นศูนย์
    ข. เมื่อกระแสที่แอโนด ตกลงเป็นศูนย์
    ค. เมื่อกระแสและแรงดันที่แคโทด ตกลงเป็นศูนย์
    ง. เมื่อกระแสและแรงดันที่แอโนด ลดลงเป็นศูนย์
22. กระแสที่ทำให้ SCR นำกระแสอยู่ได้ เรียกว่ากระแสอะไร
    ก. กระแสแอโนด
    ข. กระแสโฮลดิ้ง
    ค. กระแสแลทชิ่ง
    ง. กระแสเกต
23. การควบคุมเฟส คือ การควบคุมในลักษณะใด
    ก. การควบคุมแรงดันด้านอินพุต
    ข. การควบคุมแรงดัน A-G
    ค. การควบคุมมุมจุดชนวนที่ขา G
    ง. การควบคุมแรงดันที่โหลด
24. ข้อใดคือ ข้อดีของการนำ SCR ไปใช้ควบคุมกำลังงาน
    ก. SCR จะไม่เกิดประกายไฟในขณะเริ่มนำกระแส
    ข. ทนต่ออุณหภูมิได้สูงถึง 1000°C
    ค. ทนแรงดันและกระแสได้สูง ๆ
    ง. ถูกทุกข้อ
25. เพราะเหตุใด SCR จึงถูกนำไปใช้งานเป็นสวิตซ์
    ก. ทนกระแสไฟฟ้าได้สูง
    ข. ทนอุณหภูมิได้สูง
    ค. น้ำหนักเบา ราคาถูก
    ง. ทนแรงดันได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ

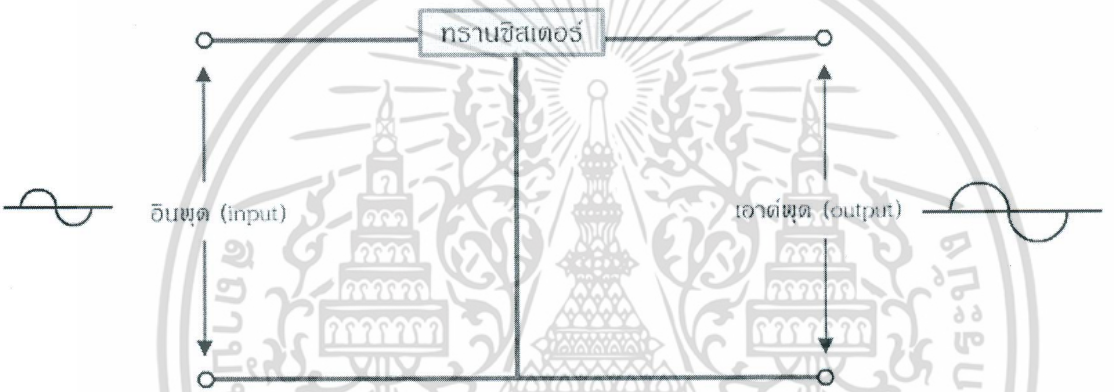
## ตัวอย่าง เอกสารประกอบการเรียน วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# วงจรทรานซิสเตอร์เบื้องต้น

การจัดวงจรใช้งานของทรานซิสเตอร์ จะต้องมีทางเข้าหรือจุดป้อนสัญญาณเข้าหรือที่เรียกว่า อินพุต (Input) 2 ขั้ว และจะต้องมีทางออกหรือจุดออกของสัญญาณ หรือเอาต์พุต (Output) 2 ขั้ว เช่นกัน แต่เนื่องจากทรานซิสเตอร์ (Transistor) มีเพียง 3 ขา คือ ขาเบส (Base : B) ขาคอล เลกเตอร์ (Collector : C) และขาอิมิตเตอร์ (Emitter : E) เมื่อต้องการจัดเป็นอินพุต 2 ขั้ว และเอาต์พุต 2 ขั้ว จึงต้องจัดขาใดขาหนึ่งของทรานซิสเตอร์เป็นขาร่วมหรือคอมมอน (Common) โดยใช้ร่วมเป็นขาอินพุตและขาเอาต์พุต ดังบล็อกไดอะแกรม ในรูปที่ 1




รูปที่ 1 การจัดวงจรการทำงานของทรานซิสเตอร์

วงจรคอมมอน หรือ วงจรขาร่วมของทรานซิสเตอร์ สามารถจัดได้ 3 แบบ คือ

1. วงจรเบสร่วม หรือ คอมมอนเบส (Common Base)
2. วงจรคอลเลกเตอร์ร่วมหรือคอมมอนคอลเลกเตอร์ (Common Collector)
3. วงจรอิมิตเตอร์ร่วมหรือคอมมอนอิมิตเตอร์ (Common Emitter)

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือบอกถึงเนื้อหาช่วงแต่ละหัวข้อต่อไปนี้

1.1 วงจรคอมมอนเบส

1.2 วงจรคอมมอนคอลเลกเตอร์

1.3 วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

1.4 การจัดไบแอสทรานซิสเตอร์

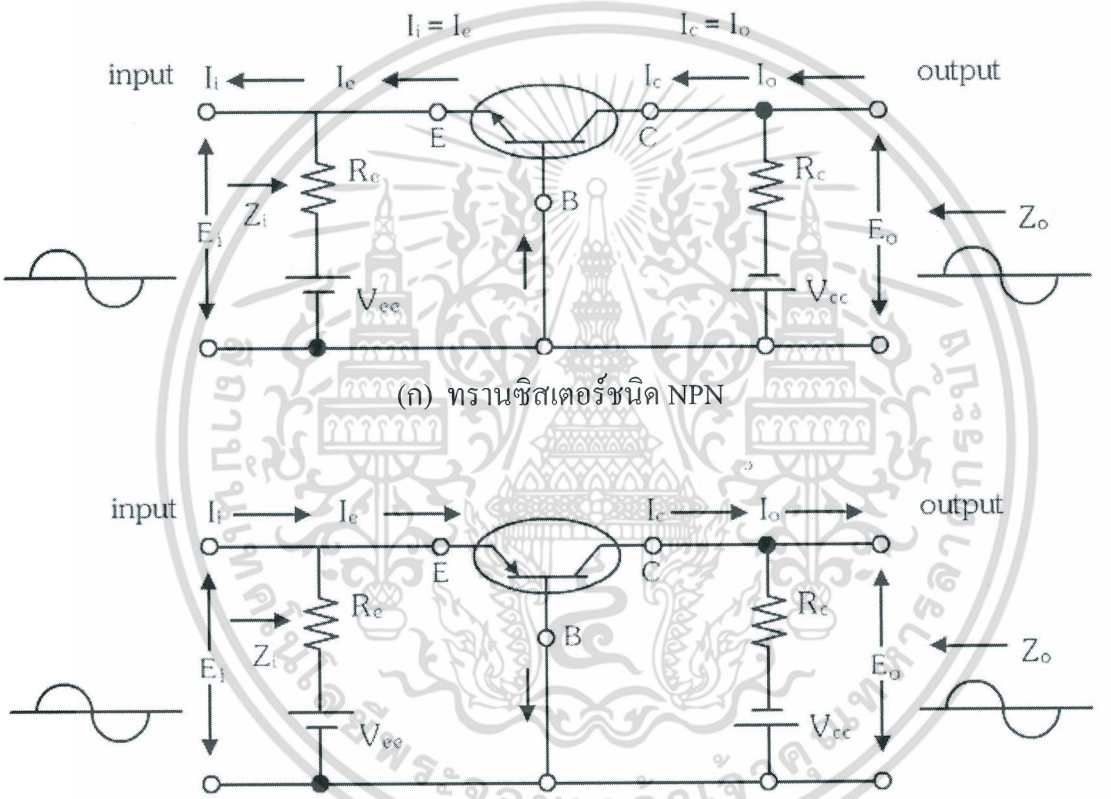
1.5 การตรวจสอบทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.1 วงจรคอมมอนเบส (Common Base)

วงจรคอมมอนเบส หรือ วงจรเบสร่วม เป็นวงจรที่ใช้ขา เบส หรือ ขา B เป็นขาร่วมระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต สัญญาณที่ป้อนจะเข้าที่ขา E และสัญญาณจะถูกส่งออกที่ขา C ซึ่งเป็นขาเอาต์พุต การป้อนสัญญาณอินพุตที่เข้ามาเป็นผลให้กระเสน $I_E$ ไหลเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณอินพุตที่เข้ามาเป็นผลให้กระแส $I_C$ ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุตไหลเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การป้อนสัญญาณ อินพุตเข้ามาจะทำให้ระดับแรงดันอินพุต ($E_I$) เปลี่ยนแปลง เป็นผลให้ระดับแรงดันเอาต์พุต ($E_O$) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งสภาวะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะทำให้เกิดการขยายสัญญาณขึ้น ดังรูปที่ 2 (ก) และ (ข)

(ข) ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP




(ก) ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



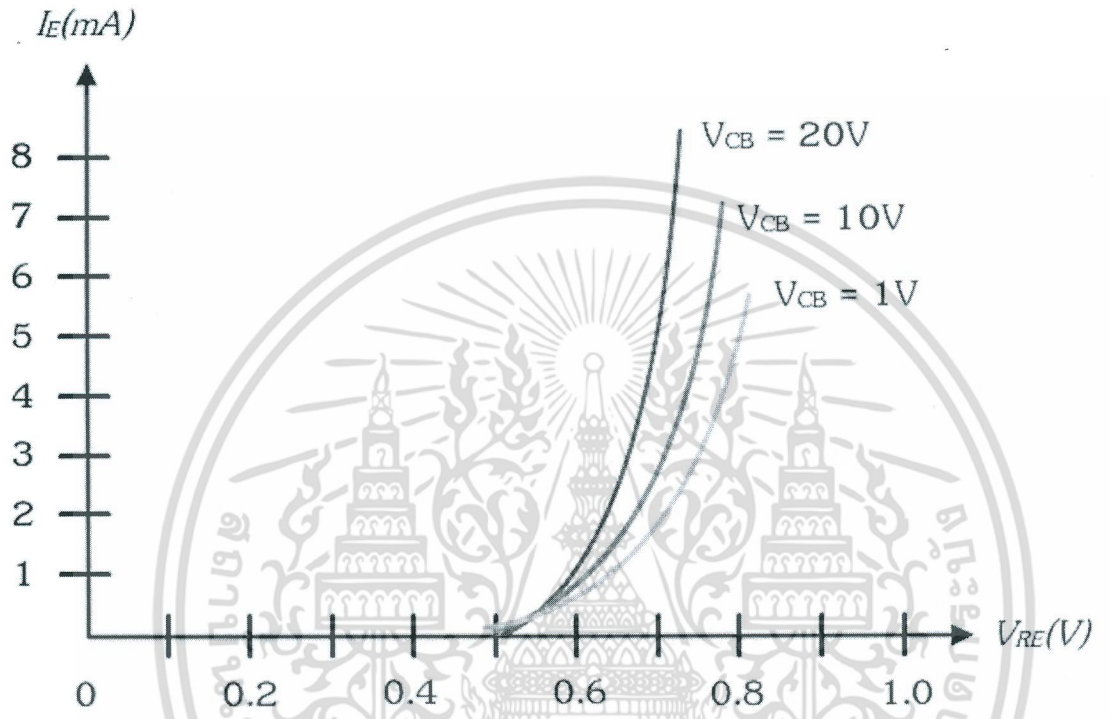

รูปที่ 2 วงจรคอมมอนเบสเบื้องต้น

จากรูปที่ 1.2 (ก) และ (ข) อักษรย่อต่าง ๆ ที่ใช้ในวงจร มีความหมาย ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| $E_I$ (Input Voltage) | = | แรงดันทางอินพุต |
| $E_O$ (Output Voltage) | = | แรงดันทางเอาต์พุต |
| $I_I$ (Input Current) | = | แรงดันทางเอาต์พุต |
| $I_O$ (Output Current) | = | กระแสทางเอาต์พุต |
| $Z_I$ (Input Impedance) | = | อิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุต |
| $Z_O$ (Output Impedance) | = | อิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุต |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของเอาต์พุต แรงดัน $V_{CB}$ มีผลต่อระดับแรงดัน $V_{EB}$ ด้วย และระดับกระแส $I_E$ หา อินพุต จะทำให้ค่าแบตเตอรี่สมมติตรงรอยต่อ $E_B$ หรือดีพลีชั่นรีเจี่ยน (Depletion Region) ตรงรอยต่อ $E_B$ เปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีผลต่อสภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ เมื่อนำค่า $V_{EB}$' $V_{CB}$ และ $I_E$ ที่วัด และบันทึกค่าไว้ไปเขียนหรือพล็อตกราฟ จะได้กราฟคุณสมบัติทางอินพุตของวงจรคอมมอนเบส ดังรูปที่ 5




รูปที่ 5 กราฟคุณสมบัติด้านอินพุตของวงจรคอมมอนเบส

**หมายเหตุ** แสดงเนื้อหาตัวอย่างของบทที่ 1 เพียงบางส่วนเท่านั้น

**หมายเหตุ** ในบทที่ 1 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 24 รูป
ในบทที่ 2 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 14 รูป
ในบทที่ 3 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 13 รูป
ในบทที่ 4 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 7 รูป
ในบทที่ 5 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 9 รูป
ใบงาน ที่ 1- 15 มีการแสดงภาพเคลื่อนไหวในสื่อประสมไฮเปอร์บุคต์จำนวน 16 รูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

# วงจรเฟตเบื้องต้น

เฟต (FET) มาจากคำเต็มว่า ฟิลด์เอฟเฟค ทรานซิสเตอร์ (Field Effect Transistor) คือ ทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้าง และหลักการทำงานที่แตกต่างกับทรานซิสเตอร์ที่กล่าวมาแล้ว เฟต จะเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดข้อเดียวหรือยูนิโพลาล์ (UNIPOLAR) ในการทำงานของเฟต จะใช้แรงดันในการควบคุมกระแสที่ไหลในตัวเฟต จะใช้กระแสเพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง คือ ใช้กระแสอิเล็กตรอนในเฟตชนิดเอ็นแชนเนล (N-Channel) และใช้กระแสโฮลในเฟตชนิด พี แชนเนล (P-Channel) ในการทำงานของเฟต จะใช้แรงดันควบคุมกระแสเหมือนกับการทำงานของหลอดสูญญากาศ นั้นคือ กระแสจะถูกควบคุมด้วยสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงดัน สิ่งนี้เองที่เป็นเหตุผลที่ทำให้สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า ฟิลด์เอฟเฟคทรานซิสเตอร์หรือเฟต เพราะคำว่า ฟิลด์ เอฟเฟค (Field Effect) แปลว่า เกิดผลจากสนามไฟฟ้า

เฟต เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอีกแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในวงจรขยายสัญญาณ ซึ่งการควบคุมการทำงานของเฟตนั้น จะขึ้นอยู่กับการจัดวงจรร่วมหรือคอมมอน (Common) ของเฟต ซึ่งจัดได้ 3 แบบ คือ

1. วงจรคอมมอนเกต (Common Gate)
2. วงจรคอมมอนเดรน (Common Drain)
3. วงจรคอมมอนซอร์ส (Common Source)

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบาย หรือบอกถึงเนื้อหาของแต่ละหัวข้อต่อไปนี้

2.1 วงจรคอมมอนเกต (Common Gate)

2.2 วงจรคอมมอนเดรน (Common Drain)

2.3 วงจรคอมมอนซอร์ส (Common Source)

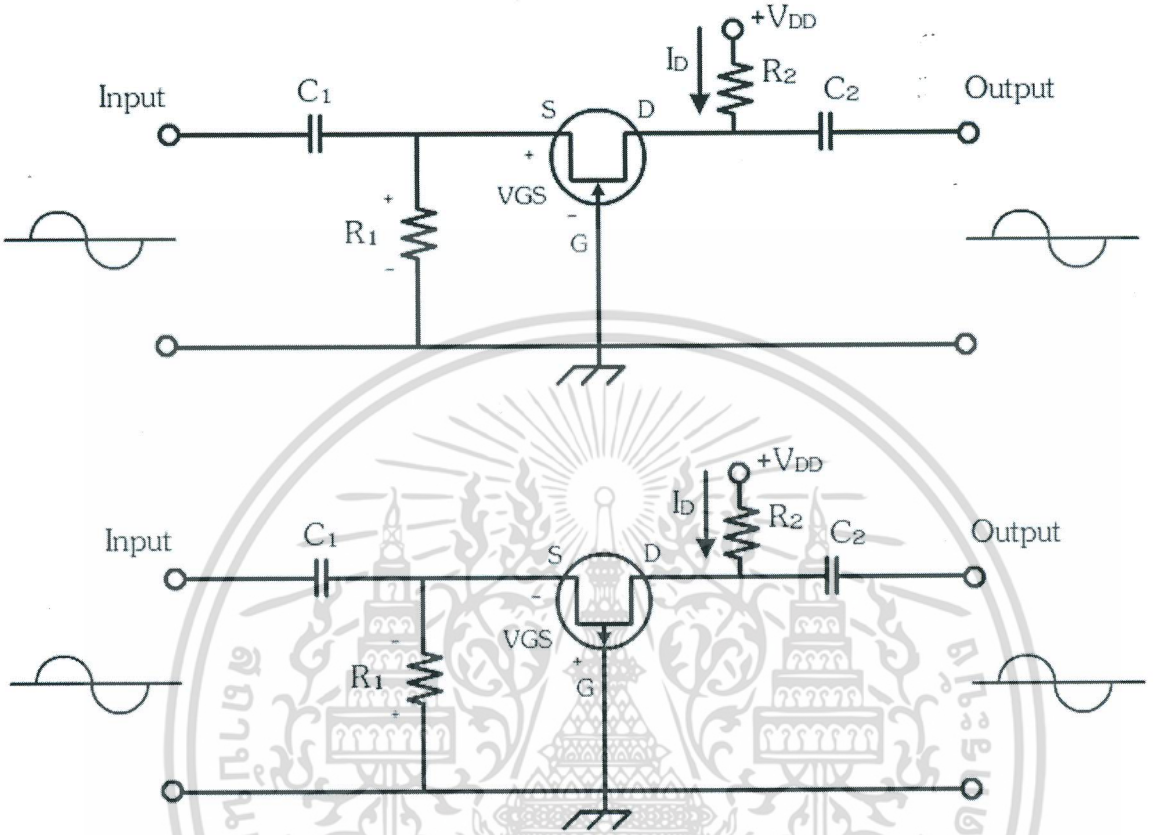
2.4 การจัดแบแอสให้กับเฟต

2.5 การตรวจสอบเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1 วงจรคอมมอนเกต (Common Gate)

วงจรคอมมอนเกตเป็นวงจรที่ใช้ขา G เป็นขาร่วมระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต ขาอินพุตถูกป้อนเข้าที่ขา S ขาเอาต์พุตจะถูกป้อนออกที่ขาD การจัดวงจรคอมมอนเกต แสดงดังรูปที่ 25




รูปที่ 25 วงจรคอมมอนเกตของ เจเฟต

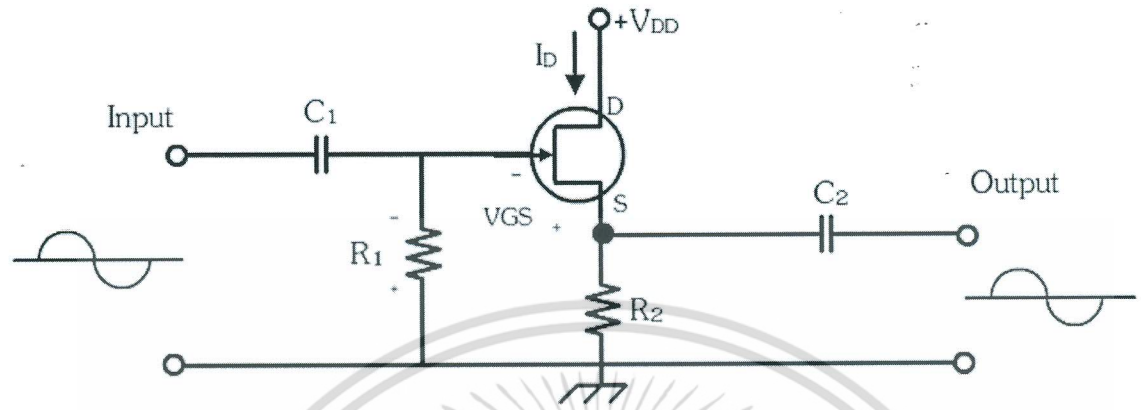
จากรูปที่ 25 เป็นวงจรคอมมอนเกตของ เจเฟต ทั้งชนิด N แชนเนลและชนิด P แชนเนล สัญญาณอินพุตจะถูกป้อนเข้าที่ขา S กับขา G โดยให้ขา G ลงกราวด์ ค่าอิมพีแดนซ์ทางอินพุตจะมีค่าต่ำเพราะขา S ได้รับไบแอสตรง สัญญาณออกเอาต์พุตถูกป้อนเฟสของสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตจะเหมือนกัน (INPHASE) คือ สัญญาณอินพุตป้อนเข้าบวก สัญญาณออกเอาต์พุตก็เป็นบวก สัญญาณอินพุตป้อนเข้าลบ สัญญาณออกเอาต์พุตก็เป็นลบ

วงจรคอมมอนเกตนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับวงจรคอมมอนซอร์สที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ ๆ เพื่อเปลี่ยนค่าอิมพีแดนซ์ให้สูงขึ้น วงจรเกตร่วมนี้จะให้เสถียรภาพของวงจรได้ดี สามารถใช้งานกับความถี่สูง ๆ ได้ จึงนำไปใช้ในวงจรขยายย่านความถี่สูง เช่น ย่าน VHF และ UHF สามารถให้อัตราขยายแรงดันและอัตราขยายกำลังได้สูง

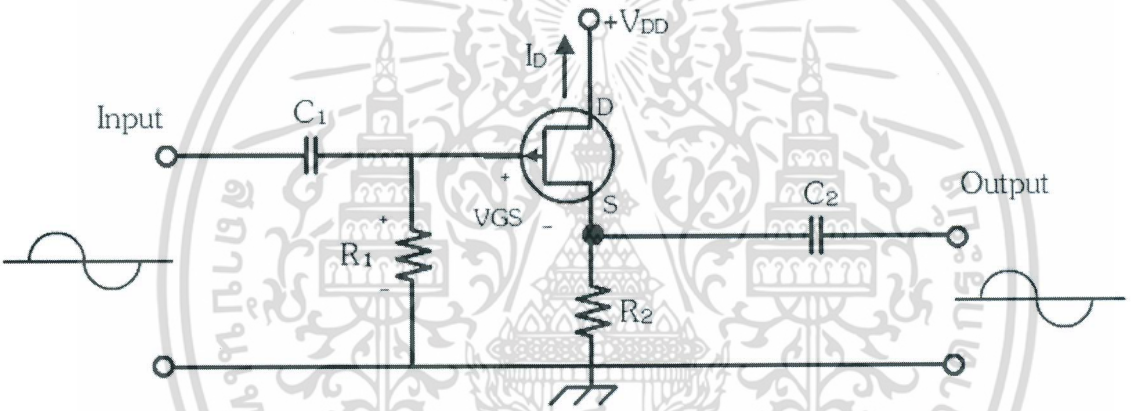
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 วงจรคอมมอนเดรน (Common Drain)

วงจรคอมมอนเดรน เป็นวงจรที่ใช้ขา D เป็นขาร่วมระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต ขาอินพุต ถูกป้อนเข้าที่ขา G ขาเอาต์พุตถูกป้อนออกที่ขา S การจัดวงจรคอมมอนเดรน แสดงดังรูปที่ 26




(ก) JFET ชนิด N แชนเนล




(ข) JFET ชนิด P แชนเนล

รูปที่ 26 วงจรคอมมอนเดรน

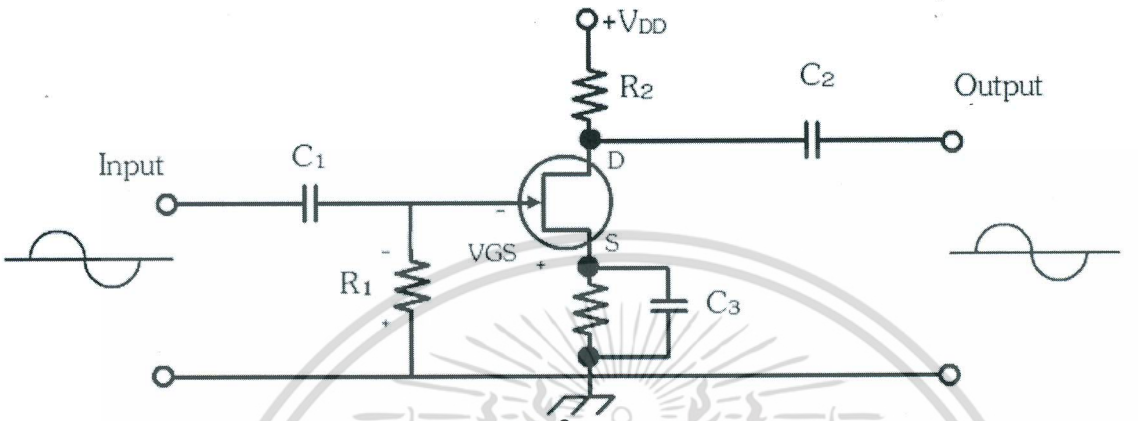
จากรูปที่ 26 เป็นวงจรคอมมอนเดรนของ เจเฟต ทั้งชนิด N แชนเนล และ P แชนเนล วงจรคอมมอนเดรนนี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ซอสฟอลโลเวอร์ (SOURCE FOLLOWER) สัญญาณอินพุต จะถูกป้อนเข้าที่ขา G กับขา D โดยให้ขา D เป็นขาร่วม ค่าอิมพีแดนซ์ทางอินพุตมีค่าสูงมาก เพราะขา G จะได้รับไบแอสกลับ สัญญาณออกเอาต์พุตถูกป้อนออกที่ขา S กับขา D ค่าอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตมีค่าต่ำมาก เพราะขา S ได้รับไบแอสตรง เฟสของสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตจะเหมือนกัน คือ เข้าบวกออกบวก เข้าลบออกลบ เช่นเดียวกับของวงจรคอมมอนเกต

วงจรคอมมอนเดรน นำไปใช้ในวงจรแมตซ์ชิ่ง ปรับอิมพีแดนซ์ของวงจรให้เหมาะสมกัน เพื่อการส่งผ่านสัญญาณที่ดีที่สุด สามารถให้อัตราขยายกระแสสูง และอัตราขยายกำลังสูง

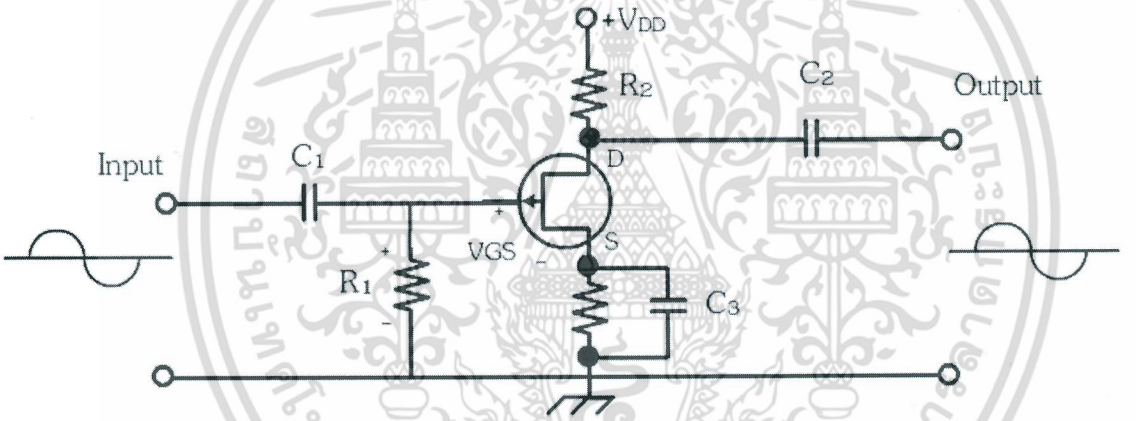
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3 วงจรคอมมอนซอร์ส (Common Source)**

วงจรคอมมอนซอร์ส เป็นวงจรที่ใช้ขา S เป็นขาร่วมระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต ขาอินพุตถูกป้อนเข้าที่ขา G ขาเอาต์พุตถูกป้อนออกที่ขา D การจัดวงจรคอมมอนซอร์ส แสดงดังรูปที่ 27




(ก) JFET ชนิด N แชนเนล




(ข) เจเฟต ชนิด P แชนเนล

รูปที่ 27 วงจรคอมมอนซอร์ส

จากรูปที่ 27 เป็นวงจรคอมมอนซอร์ส เจเฟต ทั้งชนิด N แชนเนล และ P แชนเนล สัญญาณอินพุต จะถูกป้อนเข้าที่ขา G กับขา S โดยให้ขา S เป็นขาร่วม ค่าอิมพีแดนซ์ทางอินพุตจะมีค่าสูงมาก เพราะขา G ได้รับไบแอสกลับ สัญญาณออกเอาต์พุตถูกป้อนออกที่ขา D กับขา S ค่าอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตมีค่าต่ำกว่าอิมพีแดนซ์ทางอินพุต เพราะถึงแม้ว่าขา D ได้รับไบแอสกลับเทียบกับขา S ซึ่งเป็นสารตอนเดียวกัน ทำให้ยังมีกระแสไหลผ่านไ แต่ถึงแม้ว่าจะมีอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตต่ำก็ตาม ก็ยังมีค่าสูงกว่าอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุตของวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ เฟสของสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตจะต่างกัน 180 องศา (OUT OF PHASE) คือ สัญญาณอินพุตป้อนเข้าบวก สัญญาณออกเอาต์พุตจะเป็นลบ สัญญาณอินพุตป้อนเข้าลบ สัญญาณออกเอาต์พุตจะเป็นบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หมายเหตุ** แสดงเนื้อหาตัวอย่างของบทที่ 2 เพียงบางส่วนเท่านั้น

# บทที่ 3

# วงจรขยายสัญญาณและวงจรเชื่อมต่อ

โดยปกติแล้ววงจรขยายสัญญาณจะมีทั้งแบบภาคเดียว (ใช้ทรานซิสเตอร์หรือเฟตตัวเดียว) และหลายภาค (ใช้ทรานซิสเตอร์ หรือ เฟตหลายตัว) ซึ่งถ้าหากใช้วงจรขยายเพียงภาคเดียวจะได้อัตราการขยายที่จำกัด ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ตามที่ต้องการได้กว้างมากนัก แต่ถ้าหากเป็นวงจรที่ใช้งานจริง เช่น เครื่องขยายเสียง ที่ต้องการสัญญาณทางด้านเอาต์พุต (Output) ใหญ่มากนับสิบโวลต์ แต่สัญญาณอินพุตนั้นมีขนาดเล็กเป็นมิลลิโวลต์เท่านั้น ไม่เพียงแต่ต้องการขยายแรงดันเป็น พัน ๆ เท่า เท่านั้น จะต้องขยายกระแสให้ใหญ่ขึ้นเป็นพัน ๆ เท่าด้วย เช่นกัน ซึ่งผลของอัตราการขยายกระแสและแรงดัน ก็คืออัตราการขยายกำลังนั้นเอง

ดังนั้น วงจรขยายสัญญาณโดยทั่วไปจึงต้องเป็นวงจรขยายสัญญาณแบบหลายภาค คือ ใช้ทรานซิสเตอร์หรือเฟตหลาย ๆ ตัว และแต่ละตัวจะทำหน้าที่ขยายด้วยอัตราการขยายที่แตกต่างกัน ทรานซิสเตอร์หรือเฟตบางตัวจะขยายแรงดันและกระแส จึงต้องจัดวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์ ทรานซิสเตอร์หรือเฟตบางตัวผู้ออกแบบวงจรต้องการขยายเพียงกระแสอย่างเดียว ไม่ขยายแรงดัน ก็จัดวงจรขยายแบบคอมมอนคอลเลกเตอร์ และวงจรขยายสัญญาณจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการทำงาน เป็นต้น

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือบอกถึงเนื้อหาของแต่ละหัวข้อ ดังต่อไปนี้

3.1 วงจรขยายสัญญาณแบบดาร์ลิงตัน

3.2 วงจรขยายสัญญาณแบบคาสเคด

3.3 วงจรขยายแบบพุช – พูล

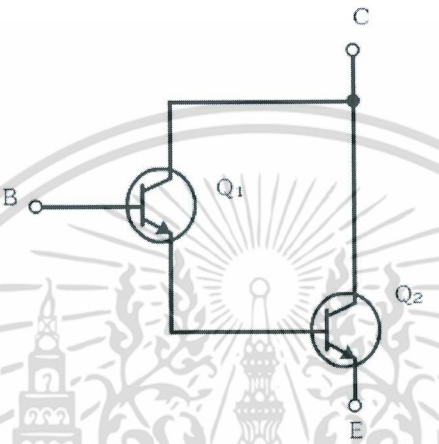
3.4 วงจรขยายแบบคอมพลีเมนตารี่

3.5 วงจรเชื่อมต่อหรือวงจรคัปปลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 วงจรขยายสัญญาณแบบดาร์ลิงตัน (Darlington Amplifier Circuit)

ดาร์ลิงตัน ทรานซิสเตอร์ (DARLINGTON TRANSISTOR) คือการนำทรานซิสเตอร์ 2 ตัวมาต่อร่วมกัน นำไปใช้ในวงจรขยายเพื่อเพิ่มอัตราการขยายกระแสของตัวทรานซิสเตอร์ แต่ไม่เพิ่มอัตราขยายแรงดัน อัตราขยายแรงดันต่ำกว่า 1 (ไม่ขยายแรงดัน) เพราะการต่อวงจรแบบดาร์ลิงตันนี้จะเป็นการต่อวงจรแบบ คอมมอนคอลเลกเตอร์ หรือแบบอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์นั่นเอง การต่อวงจรดาร์ลิงตัน แสดงดังรูปที่ 39




รูปที่ 39 การต่อทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน

จากรูปที่ 39 เป็นการต่อวงจรของทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน จากวงจรจะเห็นว่าขา B ของ $Q_1$ เป็นขาป้อนสัญญาณเข้า ขา C ของ $Q_1$ ต่อร่วมกับขา C ของ $Q_2$ ขา E ของ $Q_1$ ต่อเข้าขา B ของ $Q_2$ และขา E ของ $Q_2$ จะเป็นขาจ่ายสัญญาณออก การต่อวงจรในลักษณะนี้ จะทำให้วงจรมีอิมพีแดนซ์ทางอินพุต ($Z_I$) สูง และมีอิมพีแดนซ์ทางเอาต์พุต ($Z_0$) ต่ำ ผลดังกล่าวนี้เองจึงทำให้วงจรดาร์ลิงตันมีอัตราการขยายกระแสสูงมาก อัตราขยายกระแสสามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

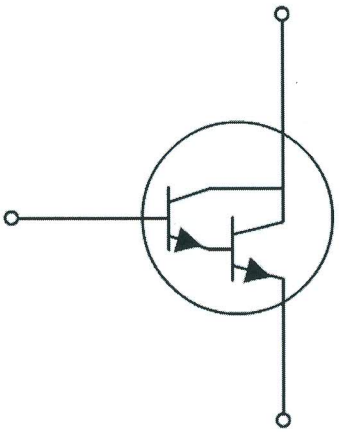
$$\text{อัตราขยายกระแส} = A_I = \beta_1 \times \beta_2$$

ถ้าสมมติว่าทรานซิสเตอร์แต่ละตัวมีค่า $\beta = 50$ อัตราขยายกระแสของวงจรดาร์ลิงตันจะมีค่า

$$A_I = 50 \times 50 \quad = 2{,}500 \text{ เท่า}$$

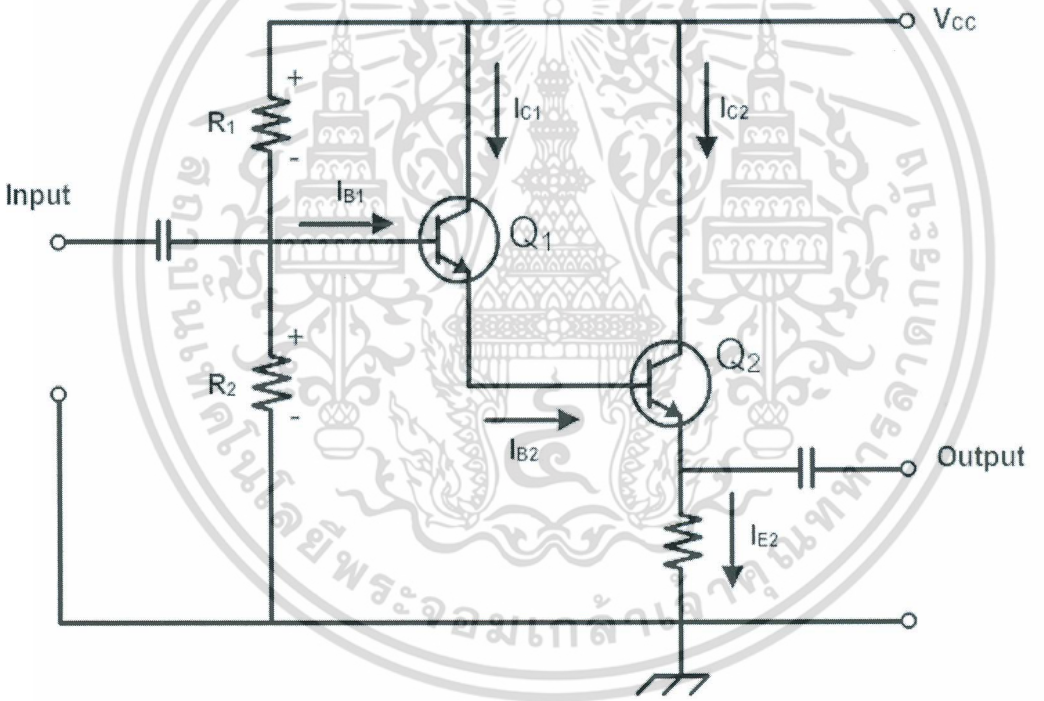
จากข้อดีดังกล่าวของวงจรดาร์ลิงตัน จึงทำให้ทรานซิสเตอร์บางตัวถูกสร้างขึ้นมาโดยต่อวงจรภายในเป็นแบบดาร์ลิงตันเลย และยังคงต่อขาออกมาภายนอกเพียง 3 ขา คือ ขา C, ขา E, และขา B เหมือนทรานซิสเตอร์ธรรมดา แสดงดังรูปที่ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 40 ทรานซิสเตอร์ที่มีโครงสร้างภายในต่อแบบดาร์ลิงตัน

การต่อวงจรทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน ก็จะต่อได้เหมือนกับวงจรคอมมอนคอลเลกเตอร์นั่นเอง แสดงดังรูปที่ 41

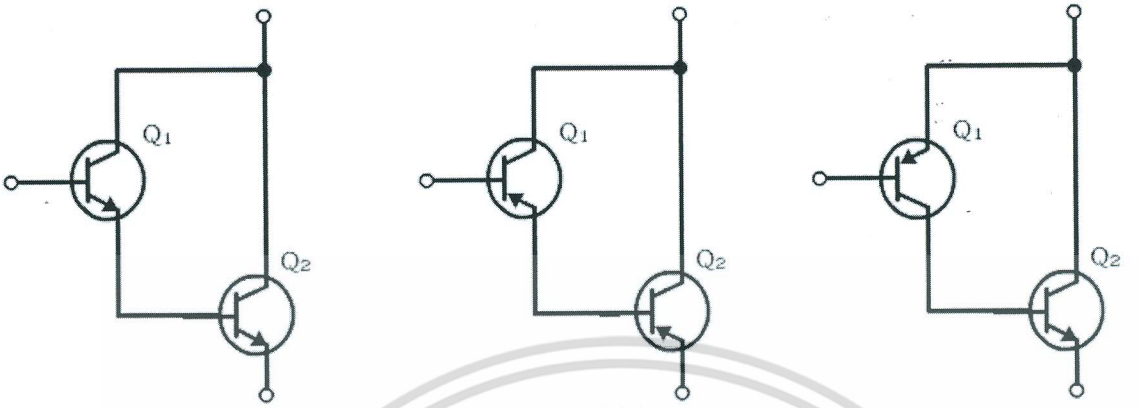



รูปที่ 41 วงจรขยายสัญญาณแบบดาร์ลิงตัน

จากรูปที่ 41 เป็นวงจรขยายสัญญาณโดยต่อทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน ถูกจัดวงจรขยายแบบคอมมอนคอลเลกเตอร์ อินพุตถูกป้อนเข้าที่ขา B ของ $Q_1$ มี $R_1$ และ $R_2$ เป็นตัวกำหนดไบแอส ทำให้มีกระแส $I_{B1}$ ไหล $Q_1$ นำกระแส มีกระแส $I_{C1}$ ไหล เนื่องจากขา E ของ $Q_1$ ต่อเข้าขา B ของ $Q_2$ โดยตรง ดังนั้น กระแส $I_{C1}$ จึงเป็นกระแสอินพุตของ $Q_2$ คือ กระแส $I_{B2}$ ($I_{C1} = I_{E1} = I_{B2}$) $Q_2$ นำกระแสมีกระแส $I_{C2}$ ไหล มีกระแส $I_{C2}$ ไหลมาตกคร่อม $R_E$ ($I_{C2} = I_{E2}$) เป็นสัญญาณออกเอาตพุตเป็นอัตราขยายกระแสที่สูงมาก จึงเป็นที่นิยมใช้ในการต่อวงจรขยายเสียงภาคขยายกำลัง การต่อวงจรดาร์ลิงตันที่ใช้งานสามารถต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ 3 แบบ คือ NPN-NPN ดาร์ลิงตัน, PNP-PNP ดาร์ลิงตัน, และ PNP-NPN ดาร์ลิงตัน วงจรเบื้องต้นแสดงดังรูปที่ 42




ก) NPN-NPN ดาร์ลิงตัน ข) PNP-PNP ดาร์ลิงตัน ค) PNP-NPN ดาร์ลิงตัน

รูปที่ 42 การต่อวงจรดาร์ลิงตันใช้งานแบบเบื้องต้น

จากรูปที่ 42 เป็นการต่อวงจรดาร์ลิงตันใช้งานแบบเบื้องต้นในลักษณะต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าสามารถใช้งานได้ทั้งทรานซิสเตอร์ PNP และ NPN รูป (ก) จะเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ทั้งคู่ รูป (ข) จะเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ทั้งคู่ และรูป (ค) จะเป็นทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ชนิด ถึงแม้จะใช้ทรานซิสเตอร์แตกต่างกัน หรือเหมือนกันก็ตาม ในการต่อวงจรแบบดาร์ลิงตัน ในการทำงานของวงจรและในการขยายสัญญาณจะเหมือนกัน คือ ทรานซิสเตอร์ $Q_1$ รับสัญญาณเข้ามาที่ขา B ขยายสัญญาณแล้วส่งต่อไปให้ขา B ของ $Q_2$ เพื่อขยายสัญญาณอีกภาคหนึ่งอย่างต่อเนื่อง แล้วส่งสัญญาณที่ได้ออกเอาต์พุต

**หมายเหตุ** แสดงเนื้อหาตัวอย่างของบทที่ 3 เพียงบางส่วนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# วงจรใช้งานของเอสซีอาร์

SCR เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่ม ไทริสเตอร์ (Thyristor) ที่นิยมนำไปใช้งานด้านอุตสาหกรรม SCR ได้ถูกพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการทนแรงดันไฟฟ้า และทนกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้น เพราะฉะนั้น SCR จึงถูกนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้อย่างกว้างขวางและมีความหลากหลายในการใช้งาน

SCR มีหลายเบอร์ หลายขนาด มีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป โดยจะเน้นในความเหมาะสมในการใช้งาน ดังนั้น ในการศึกษาเพื่อให้ทราบรายละเอียดหรือข้อมูลทางเทคนิคของ SCR (Data Technique) จึงถือว่าสำคัญมากเพ่อช่วยให้การเลือก SCR ไอย่างเหมาะสมกับการใช้งาน โดยเฉพาะความเหมาะสมในเรื่องของแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้งาน ซึ่งทำให้ SCR มีความทนทานมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือบอกถึงเนื้อหาของแต่ละหัวข้อต่อไปนี้

4.1 รายละเอียดข้อมูลของ SCR

4.2 ค่าพิกัดต่าง ๆ ของ SCR

4.3 วงจรการควบคุมให้ SCR ทำงานและหยุดทำงาน

4.4 วงจรไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ SCR

4.5 การใช้ SCR ในวงจรแรงดันไฟสลับ

4.6 การใช้ RC ควบคุมเฟสการเร็กติไฟเออร์ของ SCR

4.7 การควบคุมไฟ 3 เฟสของแรงดันไฟสลับด้วย SCR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.1 รายละเอียดข้อมูลของ SCR**

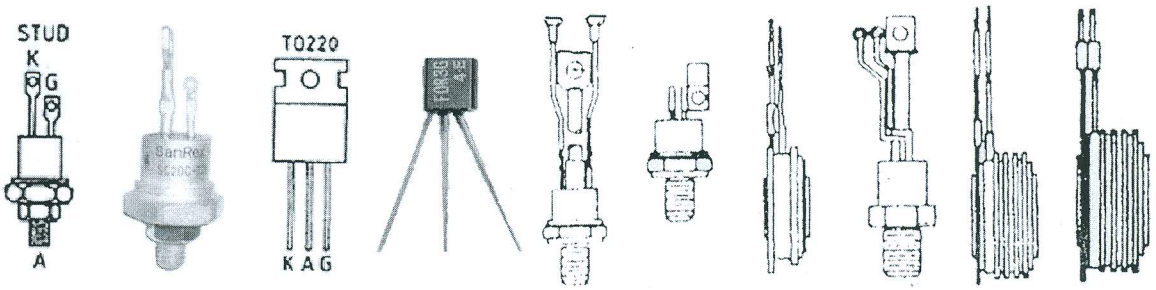
การเลือก SCR เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้งานนั้น สามารถดูได้จากตารางแสดงรายละเอียดของข้อมูลที่กำหนดไว้ในแต่ละเบอร์ของ SCR โดยผู้ผลิตจะเป็นผู้แจ้งข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ในตารางข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้อย่างถูกต้อง ดังตารางที่ 4.1 (ก)

**MAXIMUM RATINGS (ค่าสูงสุดของการทำงานของ SCR)**

| Rating | Symbol | Value | Unit |
|---|---|---|---|
| Peak Reverse Voltage (1) | $V_{RRM}$ | | Volts |
| 2N6394 | | 50 | |
| 2N6395 | | 100 | |
| 2N6396 | | 200 | |
| MRC220-5 | | 300 | |
| 2N6397 | | 400 | |
| MRC220-7 | | 500 | |
| 2N6398 | | 600 | |
| MRC220-9 | | 700 | |
| 2N6399 | | 800 | |
| Forward Current RMS $T_J = 125^\circ C$ (All Conduction Angles) | $I_{T(RMS)}$ | 12 | Amps |
| Peak Forward Surge Current (1/2 cycle, Sine Wave, 60 Hz $T_J = 125^\circ C$ | TSM | 100 | Amps |
| Circuit Fusing Considerations ($T_J$ = -40 to + 1250°, t = 1.0 to 8.3 ms) | $I_2t$ | 40 | $A_2S$ |
| Forward Peak Gate Power | $P_{GM}$ | 20 | Watts |
| Forward Average Gate Power | $P_{G(AV)}$ | 0.5 | Watts |
| Forward Peak Gate Current | $I_{GM}$ | 2.0 | Amps |
| Operating Junction Temperature Range | $T_J$ | -40 to + 125 | °C |
| Storage Temperature Range | $T_{Stg}$ | -40 to + 150 | °C |
| THERMAL CHARACTERISTICS | | | |
| Characteristic | Symbol | Max | Unit |
| Thermal Resistance, Junction to Case | $R\theta_{JC}$ | 2.0 | °CM |

(ก) ตารางแสดงค่าสูงสุดในการทำงานและการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ข) รายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของรูปร่างและโครงสร้าง SCR

ELECTRICAL CHARACTERISTECS (TC = 25°C Unless Otherwise Noted.)

| Characteristic | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| *Peak Forward Blocking Voltage | $V_{DRM}$ | | - | - | Volts |
| ($T_J$ = 125°C) 2N6394 | | 50 | | | |
| 2N6395 | | 100 | | | |
| 2N6396 | | 200 | | | |
| MRC220-5 | | 300 | | | |
| 2N6397 | | 400 | | | |
| MRC220-7 | | 500 | | | |
| 2N6398 | | 600 | | | |
| MRC220-9 | | 700 | | | |
| 2N6399 | | 800 | | | |
| *Peak Forward Blocking Current (Rated $V_{DRM}$@ $T_J$ = 125°C) | $I_{ORM}$ | - | - | - | mA |
| *Peak Reverse Blocking Current (Rated $V_{RRM}$@ $T_J$ = 125°C) | $I_{RRM}$ | - | - | - | mA |
| *Peak "on" Voltage ($I_{TM}$ = 24A Peak) | $V_{TM}$ | - | 1.7 | 2.2 | Volts |
| *Gate Trigger Current (Continuous dc.) (Anode Voltage = 12 Vdc, $R_L$ = 100 Ohms) | $I_{GT}$ | - | 5.0 | 30 | mA |
| *Gate Trigger Voltage (Continuous dc.) (Anode Voltage = 12 Vdc, $R_L$ = 100 Ohms) | $V_{GT}$ | - | 0.7 | - | Volts |

(ค) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ SCR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Characteristic | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| *Gate Trigger Current (Continuous dc.) (Anode Voltage = Rated $V_{DRM}$, $R_L$ = 100 Ohms, $T_J$ = 125°C ) | $V_{GD}$ | 0.2 | - | - | Volts |
| *Holding Current (Anode Voltage = Rated = 12 Vdc) | $I_H$ | - | 6.0 | 40 | mA |
| *Holding Current ($I_{TM}$ = 12A, $I_{GT}$ = 40mAdc) | $t_{gt}$ | - | 1.0 | 2.0 | μs |
| Turn-on Time/ $V_{DRM}$, ($I_{TM}$ = 12A, $I_R$ = 12A) ($I_{TM}$ = 12A, $I_R$ = 12A$T_J$ = 125°C ) | | - | 15<br>35 | - | μs |
| Forward Voltage Application Rate ($T_J$ = 125°C ) | Dv/dt | - | 50 | - | V/μs |

Indicates JEDEC Registered Data.

(ค) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ SCR

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงข้อมูลและรายละเอียดของ SCR

จากตารางที่ 4.1 เป็นตารางแสดงข้อมูลและรายละเอียดของ SCR แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ตารางที่ 4.1 (ก) เป็นตารางแสดงรายละเอียดค่าสูงสุดต่าง ๆ ในการทำงานและการใช้งานของ SCR และตารางที่ 4.1 (ข) แสดงรายละเอียดและโครงสร้างและรูปร่างของ SCR ตารางที่ 4.1 (ค) เป็นตารางแสดงรายละเอียดคุณสมบัติทางไฟฟ้า ดังนั้นการเลือกใช้งานของ SCR จะต้องคำนึงถึงค่ารายละเอียดข้อมูลเหล่านี้ ข้อมูลรายละเอียดและขีดจำกัดของ SCR นอกจากจะขึ้นอยู่กับค่าที่แสดงไว้แล้ว ยังขึ้นอยู่กับค่าสภาวะอุณหภูมิบริเวณที่นำ SCR ไปใช้งานด้วย ดังนั้นผู้ผลิตจึงกำหนดรายละเอียดและขีดจำกัดไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25°C เป็นมาตรฐานสากลที่ใช้กันทั่วไป SCR จะทำงานได้สมบูรณ์ที่สุดตามค่าที่แสดงไว้ในตารางข้อมูลรายละเอียดที่อุณหภูมิห้อง 25°C นี้ อย่างไรก็ตามการกำหนดค่า ต่าง ๆ ในการใช้งานควรกำหนดที่ค่าต่ำลงมา เพื่อป้องกันความเสียหายหรือชำรุดของตัว SCR ด้วย

**4.2 ค่าพิกัดต่าง ๆ ของ SCR**

การนำ SCR ไปใช้งานด้านต่าง ๆ นั้น เพื่อความปลอดภัยควรเลือกค่าการทำงานของ SCR ให้ต่ำกว่าค่าสูงสุดที่แสดงไว้ในตารางคุณสมบัติเสมอ ซึ่งจะสามารถยืดอายุ SCR ให้ทำงานได้ในระยะเวลาที่ยาวนานมากขึ้น ข้อมูลรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางในแต่ละค่ามีความสำคัญต่อการทำงานของ SCR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำความเข้าใจและรู้รายละเอียดของแต่ละค่า มีส่วนทำให้สามารถใช้งาน SCR ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย รายละเอียดและขีดจำกัดของ SCR ที่สำคัญ มีดังนี้

1. แรงดันเบรกโอเวอร์ไบแอสตรงหรือฟอร์เวิร์ด เบรกโอเวอร์โวลเตจ (Forward Break Over Voltage) ใช้อักษรย่อ $V_{BF}$ หรือ $V_{BR(F)}$ หรือ $V_{F(BO)}$ คือแรงดันที่ป้อนให้เฉพาขา A และ ขา K เป็นไบแอสตรงหรือฟอร์เวิร์ดไบแอส (Forward Bias) ซึ่งทำให้ SCR นำกระแสได้โดยไม่มีแรงดันบวกมาจุดชนวนหรือทริก (Trig) ที่ขา G การใช้งานไม่นิยมให้ SCR นำกระแสดด้วยวิธีนี้ เพราะเสี่ยงต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับ SCR ดังนั้นการกำหนดค่าแรงดันไบแอส ตรงที่จะจ่ายให้ SCR ทำงานนั้น ต้องกำหนดให้ต่ำกว่าค่านี้

2. แรงดันบล็อกกิงไบแอสตรงสูงสุดหรือพีคฟอร์เวิร์ดบล็อกกิงโวลเตจ (Peak Forward Blocking Voltage) ใช้อักษรย่อ $V_{FOM}$ หรือ $V_{DRM}$ คือ แรงดันที่ป้อนให้เฉพาะขา A และขา K เป็นไบแอสตรงสูงสุดที่ตัว SCR ยังไม่นำกระแสโดยไม่มีแรงดันบวกมาจุดชนวนที่ขา G ซึ่งถ้าหากจ่ายแรงดันให้เกินกว่าค่าแรงดันบล็อกกิง ตัว SCR จะนำกระแสทันที ค่าแรงดันบล็อกกิงไบแอสตรงที่กำหนดไว้ มักเป็นค่าเดียวกันกับค่าแรงดันเบรกโอเวอร์ไบแอสตรง เพราะมีความหมายและวิธีการใกล้เคียงกัน

3. กระแสโฮลดิ้งเคอร์เรนต์ (Holding Current) ใช้อักษรย่อ $I_H$ หรือ $I_{HO}$ คือค่ากระแสต่ำสุดที่ไหลผ่านตัว SCR ระหว่างขา A และขา K แล้ว SCR ยังคงนำกระแสได้อย่างต่อเนื่อง ภายหลังจากการจุดชนวนด้วยไฟบวกที่ขา G แล้ว ถ้ากระแสไหลผ่าน SCR ต่ำกว่าค่ากระแสโฮลดิ้ง SCR จะหยุดนำกระแสทันที ค่ากระแสโฮลดิ้งนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิในตัว SCR เอง ถ้าอุณหภูมิใน SCR ต่ำลงค่ากระแสโฮลดิ้งจะสูงขึ้น

4. แรงดันบล็อกกิงไบแอสกลับสูงสุดหรือพีครีเวิร์สบล็อกกิงโวลเตจ (Peak Reverse Blocking Voltage) ใช้อักษรย่อ $V_{ROM}$ หรือ $V_{RRM}$ คือค่าแรงดันที่ป้อนให้ขา A กับขา K แล้ว SCR ยังคงนำกระแสได้อย่างต่อเนื่อง ภายหลังจากการจุดชนวนด้วยไฟบวกที่ขา G แล้ว ถ้ากระแสไหลผ่าน SCR ต่ำกว่าค่ากระแสโฮลดิ้ง SCR จะหยุดนำกระแสทันที ค่ากระแสโฮลดิ้งนี้สามารถเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิในตัว SCR เอง ถ้าอุณหภูมิใน SCR ต่ำลงค่ากระแสโฮลดิ้งจะสูงขึ้น

5. แรงดันจุดชนวนเกตหรือเกตทริกเกอร์โวลเตจ (Gate Trigger Voltage) ใช้อักษรย่อ $V_{GT}$ คือ แรงดันที่ป้อนให้ขา G เทียบกับขา K ถ้าจ่ายแรงดันจุดชนวนหรือทริกให้ขา G เป็นบวก ถึงค่าแรงดันจุดชนวนเกตที่กำหนดไว้ในคู่มือ SCR จะนำกระแส ซึ่งผู้ผลิตมักจะแสดงค่าไว้ที่ค่าใช้งานและค่าสูงสุด เพื่อให้สามารถเลือกใช้ค่าได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง

6. กระแสจุดชนวนเกตหรือเกตทริกเกอร์เคอร์เรนต์ (Gate Trigger Current) ใช้อักษรย่อ $I_{GT}$ คือค่ากระแสที่ใช้จุดชนวนขา G ของ SCR เพื่อทำให้ SCR นำกระแส โดยทั่วไปผู้ผลิตมักแสดงค่ากระแสจุดชนวนเกตไว้ที่ค่าใช้งานและค่าสูงสุด เพื่อให้ผู้ใช้จ่ายกระแสเกตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

7. ย่านอุณหภูมิในการทำงานหรือโอเปอเรติ้งจังชั่นเทมเพอเรเจอร์เรนจ์ (Operating Junction Temperature Range) ใช้อักษรย่อ $T_J$ คือ ย่านอุณหภูมิตรงรอยต่อที่ SCR ทำงานได้เป็นย่านอุณหภูมิที่

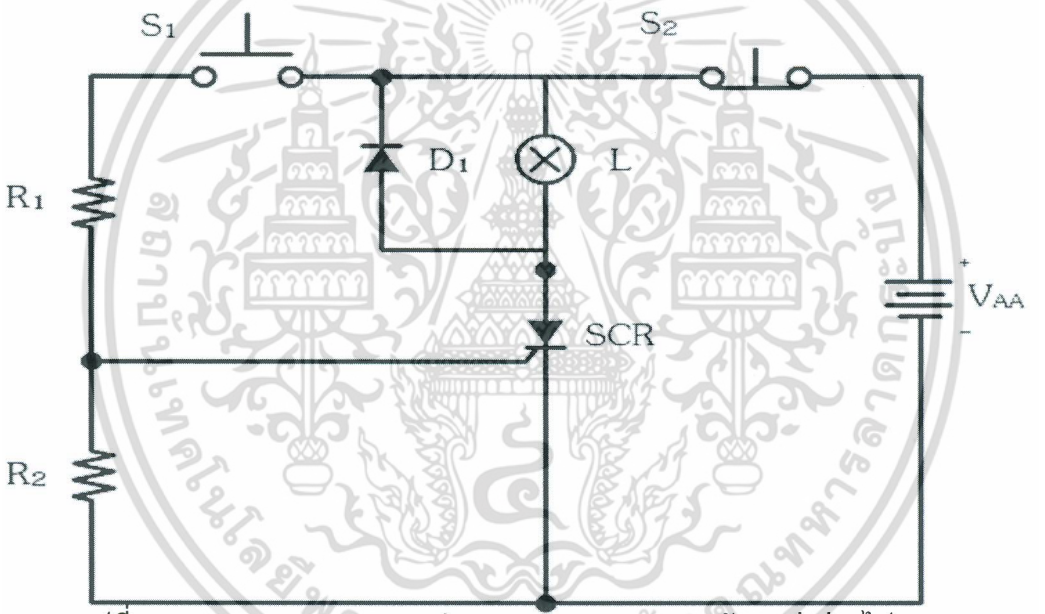
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCR สามารถทำงานได้โดยไม่ชำรุดเสียหาย ค่าที่บอกไว้จะเริ่มตั้งแต่อุณหภูมิค่าต่ำสุดถึงอุณหภูมิค่าสูงสุด มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

**4.3 วงจรการควบคุมให้ SCR ทำงานและหยุดทำงาน**

ในวงจรใช้งานของ SCR กับแรงดันไฟตรงนั้น โดยทั่วไปมักนิยมใช้ SCR ทำงานเป็นสวิตซ์ปิด-เปิด แรงดันไฟตรงที่จะจ่ายผ่านไปให้โหลดทำงาน ปัญหาที่พบในการนำ SCR ไปใช้กับแรงดันไฟตรง คือ การควบคุมให้ SCR ที่นำกระแสอยู่หยุดนำกระแส ซึ่งจะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมมาใช้เพื่อทำให้ SCR สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดวงจรเพื่อทำให้ SCR ที่นำกระแสอยู่หยุดนำกระแสได้สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

4.3.1 ใช้สวิตซ์ตัดต่อแหล่งจ่ายไฟ วิธีการนี้ใช้หลักการตัดแหล่งจ่ายแรงดันและกระแสออกจากวงจรโดยใช้สวิตซ์เป็นตัวตัดไฟ ดังรูปที่ 52



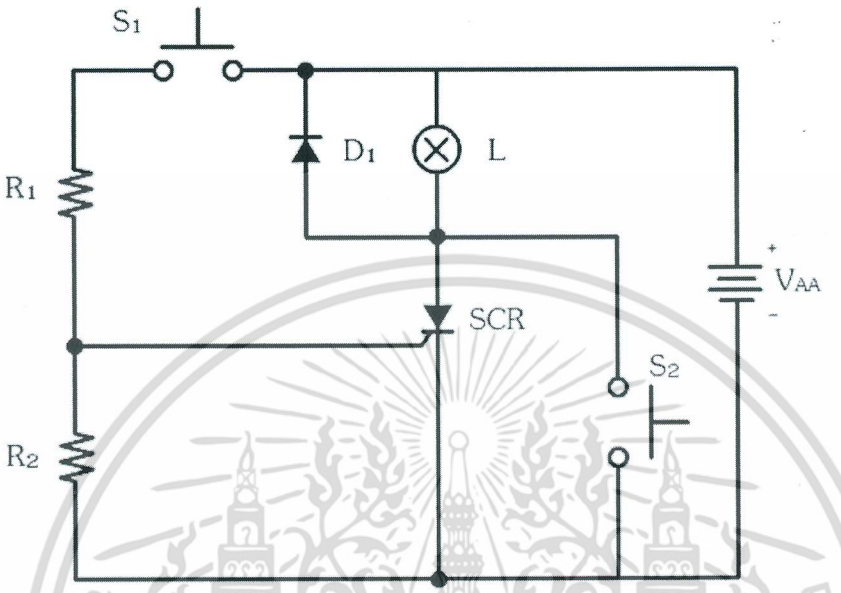

รูปที่ 52 วงจรควบคุมการหยุดนำกระแสของ SCR แบบตัดแหล่งจ่ายไฟออก

จากวงจรในรูปที่ 52 เป็นวงจรควบคุมการหยุดนำกระแสแบบตัดแหล่งจ่ายไฟออก ในวงจรประกอบด้วยสวิตซ์ $S_1$ อยู่ในสภาวะปกติตัดวงจร ส่วนสวิตซ์ $S_2$ ปกติอยู่ในสภาวะต่อวงจรขณะยังไม่กดสวิตซ์ $S_1$ SCR จะยังไม่นำกระแส หลอดไฟ $L_1$ ไม่สว่าง เมื่อกดสวิตซ์ $S_1$ เป็นการต่อวงจรแบ่งแรงดัน $R_1$, $R_2$ มีศักย์บวกตกคร่อมขาบนของ $R_2$ จ่ายเป็นแรงดันไปจุดชนวนขา G ของ SCR ทำให้ SCR นำกระแส ทำให้หลอดไฟ $L_1$ สว่าง ส่วนนี้จะมี $D_1$ ต่อขนานกับ $L_1$ เพื่อป้องกันการเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำย้อนกลับหรือแบ็กอีเอ็มเอฟ (Back EMF) จ่ายไปให้กับ SCR ในขณะที่ SCR หยุดนำกระแสซึ่งอาจทำให้ SCR ทำงานไม่เป็นปกติหรือเสียหายได้ SCR เมื่อนำกระแสแล้วถึงแม้จะตัดสวิตซ์ $S_1$ ออก SCR ยังคงนำกระแสได้ต่อไป การที่จะทำให้ SCR หยุดนำกระแสได้จะต้องกดสวิตซ์ $S_2$ เพื่อตัดแหล่งจ่ายไฟออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจร SCR จึงจะหยุดนำกระแส หลอดไฟ $L_1$ ดับ ถึงแม้จะกดให้สวิตซ์ $S_2$ ต่อวงจรอีกครั้ง SCR ก็ยังไม่นำกระแสจนกว่าจะกดสวิตซ์ $S_1$ อีกครั้ง

**4.3.2 ใช้สวิตส์ลัดวงจร SCR** วิธีนี้ใช้หลักการลัดวงจร SCR ออกจากวงจรชั่วขณะ โดยใช้สวิตซ์ต่อขนานกับ SCR วงจรแสดงดังรูปที่ 53




รูปที่ 53 วงจรควบคุมการหยุดกระแสแบบลัดวงจร SCR

จากวงจรในรูปที่ 53 เป็นวงจรควบคุมการหยุดนำกระแสแบบลัดวงจร SCR การทำงานจะคล้ายกับวงจรตามรูปที่ 52 คือ สวิตซ์ $S_1$ เป็นสวิตซ์จ่ายแรงดันบวกเพื่อจุดชนวนที่ขา G ของ SCR ทำให้ SCR นำกระแสหลอดไฟ $L_1$ สว่าง เมื่อต้องการให้ SCR หยุดนำกระแสให้กดสวิตซ์ $S_2$ เป็นการลัดกระแส SCR ออกจากวงจรลงกราวด์ ทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่าน SCR ดังนั้น SCR จึงหยุดนำกระแส

**<u>หมายเหตุ</u>** แสดงเนื้อหาตัวอย่างของบทที่ 4 เพียงบางส่วนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# วงจรใช้งานของไทรแอกและไดแอก

ไทรแอก (TRIAC) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มของไทริสเตอร์ (THYRISTOR) ที่มีคุณสมบัติในการนำควบคุมเฟส (PHASE) ของสัญญาณไฟสลับทั้งช่วงบวกและช่วงลบได้นอกเหนือจากการนำไปใช้งานทางด้านไฟกระแสตรงเหมือนกับ SCR การใช้งานของไทรแอก มักจะใช้ควบคู่กับไอแอก (DIAC) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในกลุ่มเดียวกันที่ใช้ควบคุมแรงดัน และกระแสที่ใช้ในการจัดชนวนที่ขาเกตของไทรแอก ซึ่งมีประโยชน์ต่อการใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง ทั้งในอดีต จนถึงปัจจุบัน

**จุดประสงค์ของการเรียนรู้**

เพื่อให้ผู้เรียน สามารถอธิบาย หรือ บอกถึงเนื้อหาของแต่ละหัวข้อต่อไปนี้

5.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของไทรแอก

5.2 การทำงานของไทรแอกกับแรงดันไฟสลับ

5.3 วงจรหรี่ไฟขดลวดความร้อน

5.4 วงจรหรี่ไฟแสงสว่าง

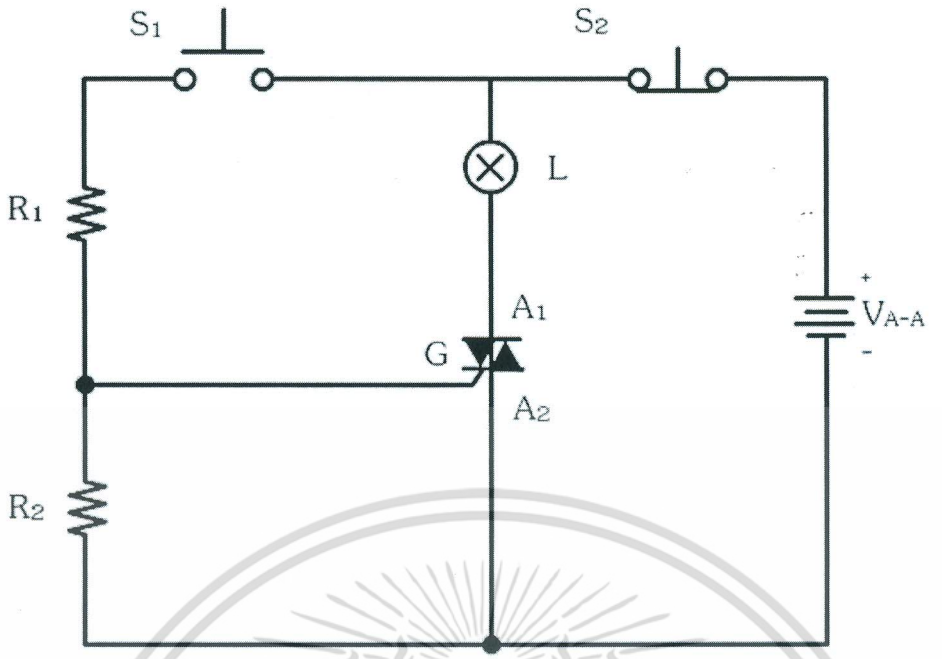
5.5 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์

5.6 การควบคุมแรงดันไฟสลับชนิด 3 เฟส โดยใช้ไทรแอก

## 5.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของไทรแอก

การทำงานของไทรแอกจะต้องคำนึงถึงสภาวะนำกระแสซึ่งจะต้องให้อยู่ในควอทแดรนต์ที่ 1 และควอทแดรนต์ที่ 3 เพื่อให้ไทรแอกทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้กระแสในการทำงานต่ำ แรงดันที่ใช้จุดชนวนขา G ของไทรแอกเพื่อให้ทำงานอยู่ในควอทแดรนต์ที่ 1 และ 3 จะต้องใช้แรงดันที่มีขั้วเหมือนกับขา $A_2$ เป็นแรงดันบวก ขา G ก็เป็นแรงดันบวกด้วย และเมื่อ $A_2$ เป็นแรงดันลบ ขา G ก็เป็นแรงดันไฟลบด้วย ดังวงจรที่แสดงในรูปที่ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 59 วงจรเปิด-ปิด (ON-OFF) แสดงการทำงานของไทรแอกเบื้องต้น

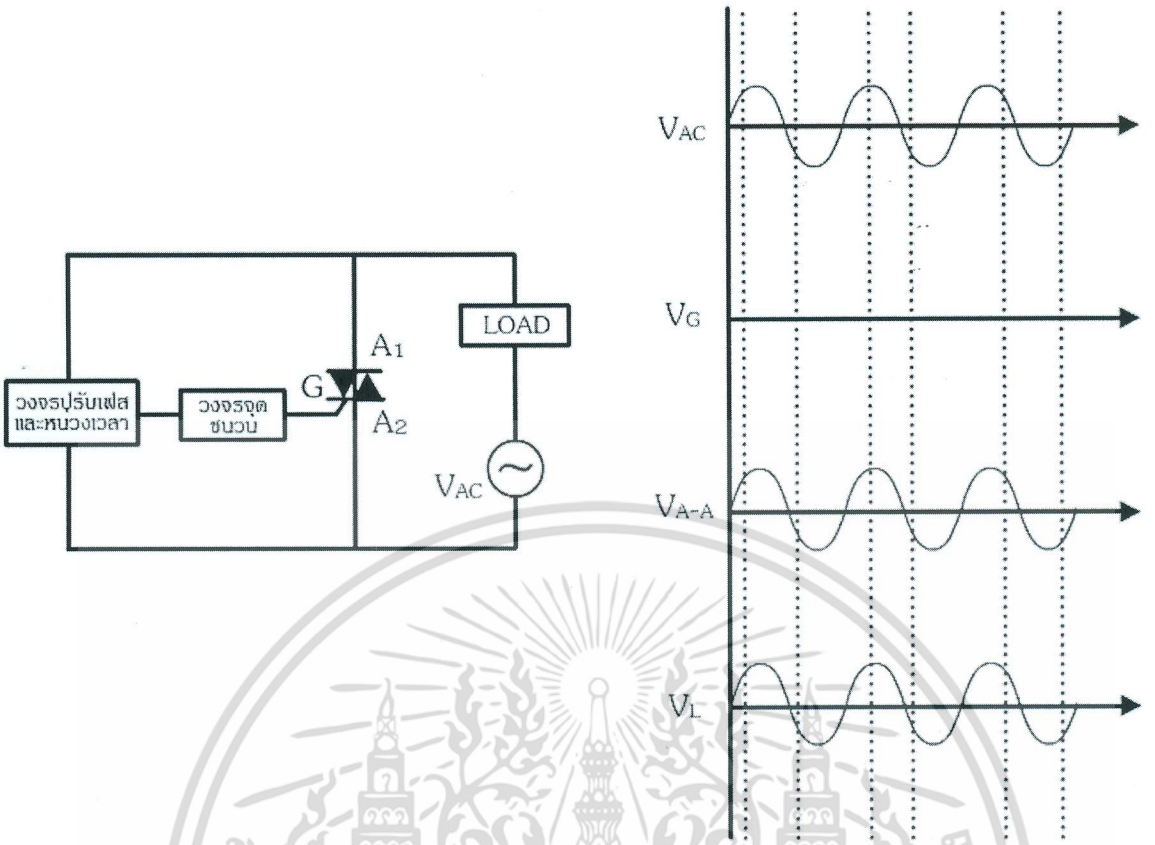
วงจรรูปที่ 59 เป็นวงจรเปิด-ปิด (ON-OFF) แสดงการทำงานของไทรแอกต่อแรงดันไฟตรงแบบเบื้องต้น โดยที่สวิตซ์ $S_1$ เมื่อถูกกดให้ต่อวงจร จะมีแรงดันบวกตกคร่อม $R_2$ จ่ายเป็นแรงดันจุดชนวนขา G ซึ่งไทรแอกจะนำกระแส หลอดไฟ $L_1$ จะสว่าง ถึงแม้สวิตซ์ $S_1$ จะกลับไปอยู่ในสภาวะตัดวงจรแล้วก็ตาม ไทรแอกก็ยังคงนำกระแสต่อไป ไทรแอกจะหยุดนำกระแสเมื่อกดสวิตซ์ $S_2$ ทำให้แหล่งจ่าย $V_{A-A}$ ถูกตัดออกจากวงจรชั่วขณะ

จากนั้นกลับขั้วแรงดัน $V_{A-A}$ โดยจ่ายไฟลบให้ขา $A_2$ จ่ายไฟบวกให้ขา $A_1$ ไทรแอกจะยังไม่นำกระแสจนกว่าจะกดสวิตซ์ $S_1$ ทำให้มีแรงดันไฟลบตกคร่อม $R_2$ จ่ายเป็นแรงดันจุดชนวนขา G ซึ่งจะทำให้ไทรแอกยังนำกระแสต่อไป และไทรแอกจะหยุดนำกระแสเมื่อกดสวิตซ์ $S_2$ ทำให้แหล่งจ่าย $V_{A-A}$ ถูกตัดออกจากวงจรไปชั่วขณะเท่านั้น

**5.2 การทำงานของไทรแอกกับแรงดันไฟสลับ**

การทำงานของไทรแอกสามารถทำงานได้ทั้งช่วงบวก และช่วงลบของแรงดันไฟสลับ ดังนั้น ไทรแอกจึงได้รับความนิยมนำไปใช้งานควบคุมแรงดันไฟสลับ และเมื่อมีการควบคุมเฟสการทำงานของแรงดันไฟสลับให้เหมาะสม จะทำได้โดยควบคุมจังหวะการกระตุ้นของไทรแอกให้เหมาะสมถูกต้องที่มุมเฟสต่างกัน ก็จะได้แรงดันไฟสบับที่จ่ายผ่านไปยังโฟลดโดยมีกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับโหลดต่างกัน และสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าให้เกิดขึ้นกับโหลดได้ตามต้องการ ดังวงจรที่ แสดงในรูปที่ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ก) วงจร (ข) สัญญาณแรงดันที่จุดต่าง ๆ

รูปที่ 60 วงจรการทำงานของไทรแอกกับแรงดันไฟสลับ

จากวงจรรูปที่ 60 (ก) เป็นวงจรที่ใช้ไทรแอกทำงานกับแรงดันไฟสลับ โดยที่ไทรแอกจะทำหน้าที่ สวิตซ์ปิด-เปิด การควบคุมให้ไทรแอกทำงานจะใช้อุปกรณ์จุดชนวน โดยมีวงจรปรับเฟสและหน่วงเวลาจะทำหน้าที่กำหนดเวลาเริ่มทำงานของอุปกรณ์จุดชนวน ทำให้เฟสเริ่มทำงานของไทรแอกเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ช่วงแรงดันไฟสลับที่จ่ายให้โหลดมากน้อยไปด้วย และกำลังไฟฟ้าที่ตัวโหลดก้จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

ในรูปที่ 60 (ข) แสดงสัญญาณแรงดันที่จุดต่าง ๆ ของวงจร ด้วยการกำหนดมุมเฟสการจุดชนวนขา G ของไทรแอกให้ทำงานที่มุมเฟสต่างกัน จากมุมเฟสค่าน้อย ๆ ของแรงดันไฟสลับ ไปหามุมเฟสค่ามาก ๆ ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ได้รูปสัญญาณไฟสลับที่ตกคร่อมโหลด ($V_L$) ในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป

**ที่มุมเฟส 20 องศา** แรงดันไฟสลับที่ป้อนให้ขา G เป็นแรงดันจุดชนวน จะถูกส่งไปกระตุ้นขา G ของไทรแอกเมื่อมุมสัญญาณแรงดัน $V_{AC}$ ทำงานเป็นมุมเฟส 20° ไทรแอกจะนำกระแสอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงทำให้มีแรงดันไฟสลับตกคร่อมโหลด ($V_L$) มาก ดังนั้นจึงมีกำลังไฟฟ้าเกิดขึ้นที่โหลดมาก ช่วงนี้แรงดันไฟสลับที่ตกคร่อมตัวไทรแอกจะมีน้อยมาก

**ที่มุมเฟส 90 องศา** แรงดันไฟสลับที่ป้อนให้ขา G เป็นแรงดันจุดชนวน จะถูกส่งไปกระตุ้นขา G ของไทรแอก เมื่อมุมสัญญาณแรงดัน $V_{AC}$ ทำงานเป็นมุมเฟส 90° ไทรแอกจะนำกระแสช้าลง ดังนั้นแรงดันไฟสลับที่ตกคร่อมโหลด ($V_L$) จะน้อยลง ช่วงนี้แรงดันไฟสลับตกคร่อมตัวไทรแอกจะมากขึ้น เพราะค่ามุมจุดชนวนมีค่ามากขึ้น

**ที่มุมเฟส 150 องศา** แรงดันไฟสลับที่ป้อนให้ขา G เป็นแรงดันจุดชนวน จะถูกส่งไปกระตุ้นขา G ของไทรแอก เมื่อมุมสัญญาณแรงดัน $V_{AC}$ ทำงานเป็นมุมเฟส 150° ไทรแอกจะนำกระแสช้าลงมากขึ้น แรงดันไฟสลับที่ตกคร่อมโหลด ($V_L$) ยิ่งลดลงอีก กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่โหลดยิ่งน้อยลง ช่วงนี้แรงดันไฟสลับตกคร่อมตัวไทรแอกมากขึ้นไปอีก เพราะค่ามุมจุดชนวนมีค่ามากขึ้นอีก

ในช่วงที่ไทรแอกไม่นำกระแสตัวไทรแอกจะมีความต้านทานสูง ดังนั้นแรงดันทั้งหมดจึงตกคร่อมที่ตัวไทรแอก ทำให้ไม่มีแรงดันตกคร่อมที่โหลด แต่ในช่วงที่ไทรแอกนำกระแส ไทรแอกจะมีความต้านทานต่ำ จึงไม่มีแรงดันตกคร่อมไทรแอก แรงดันทั้งหมดจึงบไปตกคร่อมอยู่ที่โหลดการควบคุมมุมเฟสของแรงดันจุดชนวนขา G ของไทรแอก จะมีผลต่อแรงดันไฟสลับที่ตกคร่อมโหลดที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้กำลังไฟฟ้าที่โหลดเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

**<u>หมายเหตุ</u>** แสดงเนื้อหาตัวอย่างของบทที่ 5 เพียงบางส่วนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 1

## เรื่อง วงจรคอมมอนเบส

### วัตถุประสงค์

1. สามารถประกอบวงจรทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนเบสได้
2. วัดและทดสอบวงจรทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนเบสได้
3. สามารถนำวงจรทรานซิสเตอร์แบบคอมอนเบสไปใช้งานได้

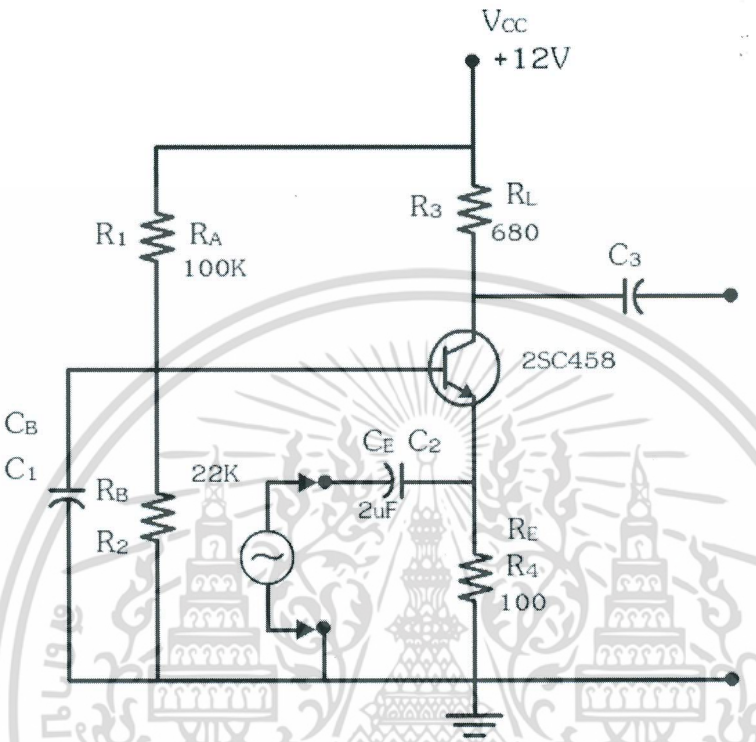
### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง ชนิดปรับค่าได้ 0 – 30 โวลต์ | 1 เครื่อง |
| 2. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคปชนิด 2 เส้นภาพ | 1 เครื่อง |
| 4. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง | 1 เครื่อง |
| 5. ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2 SC 458 หรือ เบอร์อื่นแทน | 1 ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน $R_1$ 100 KΩ, $R_2$ 22 kΩ, $R_L$ 680 Ω, $R_E$ 100Ω อย่างละ | 1 ตัว |
| 7. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ลำดับขั้นการทดลอง**

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 68 ยังไม่ต้องป้อนสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ




รูปที่ 68 วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนเบส

2. วัดและบันทึกค่าแรงดันที่จุดทำงานของวงจรที่กำหนดให้ในตาราง 1 ด้วย DC Voltmeter

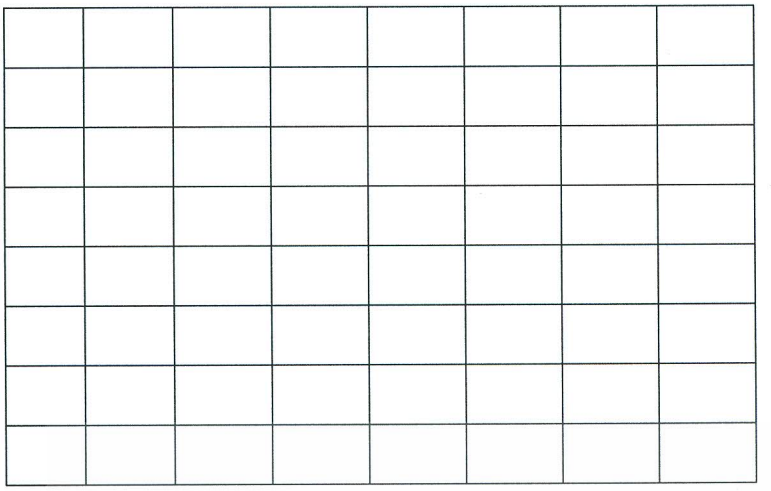
**ตารางที่ 1**

| $V_{B-E}$ | $V_C$ | $V_B$ | $V_E$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

3. ตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงไว้ที่รูปสัญญาณไซน์เวฟ ความถี่ 1 $kH_Z$ ขนาดต่ำสุด แล้วป้อนให้กับอินพุตของวงจร ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ $V_{in}$ และ $V_{out}$ ของวงจร ค่อย ๆ ปรับขนาดของสัญญาณอินพุตจากเครื่องออสซิลโลสโคปให้เพิ่มขึ้นทีละน้อย จนกระทั่งได้รูปสัญญาณเอาต์พุตมีขนาดสูงสุด โดยรูปสัญญาณไม่ผิดเพี้ยน (Distortion)

4. วัดและบันทึกรูป และขนาดของสัญญาณอินพุต และเอาต์พุตเป็น $V_{P-P}$ ด้วย ออสซิลโลสโคปแบบเขียนสองเส้นภาพ

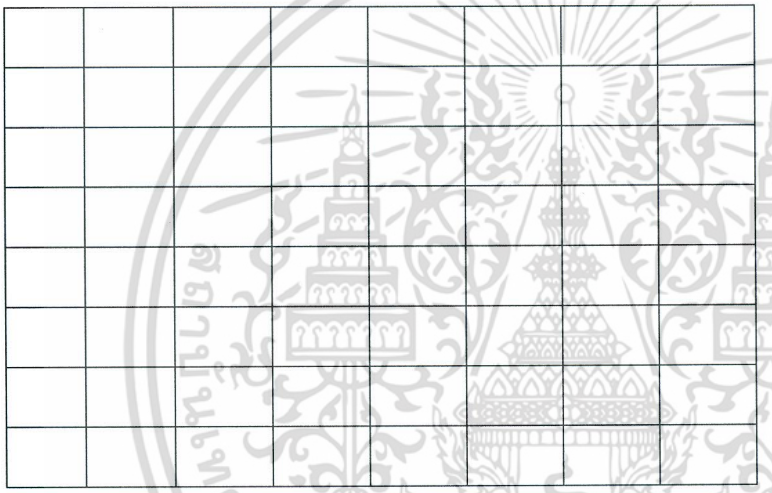
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณอินพุต



$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณเอาต์พุต

5. คำนวณหา อัตราการขยายแรงดันของวงจร จากสูตร

$A_V = V_{out}$ (P- P) / $V_{in}$ (P – P)

$A_V$ = .....

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 2

## เรื่อง วงจรคอมมอนคอลเลกเตอร์

### วัตถุประสงค์

1. มีความรู้ ความสามารถ ในการประกอบวงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนคอลเลกเตอร์ได้
2. สามารถวัดและทดสอบวงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนคอลเลกเตอร์ได้
3. สามารถนำวงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอมอนคอลเลกเตอร์ไปใช้งานได้

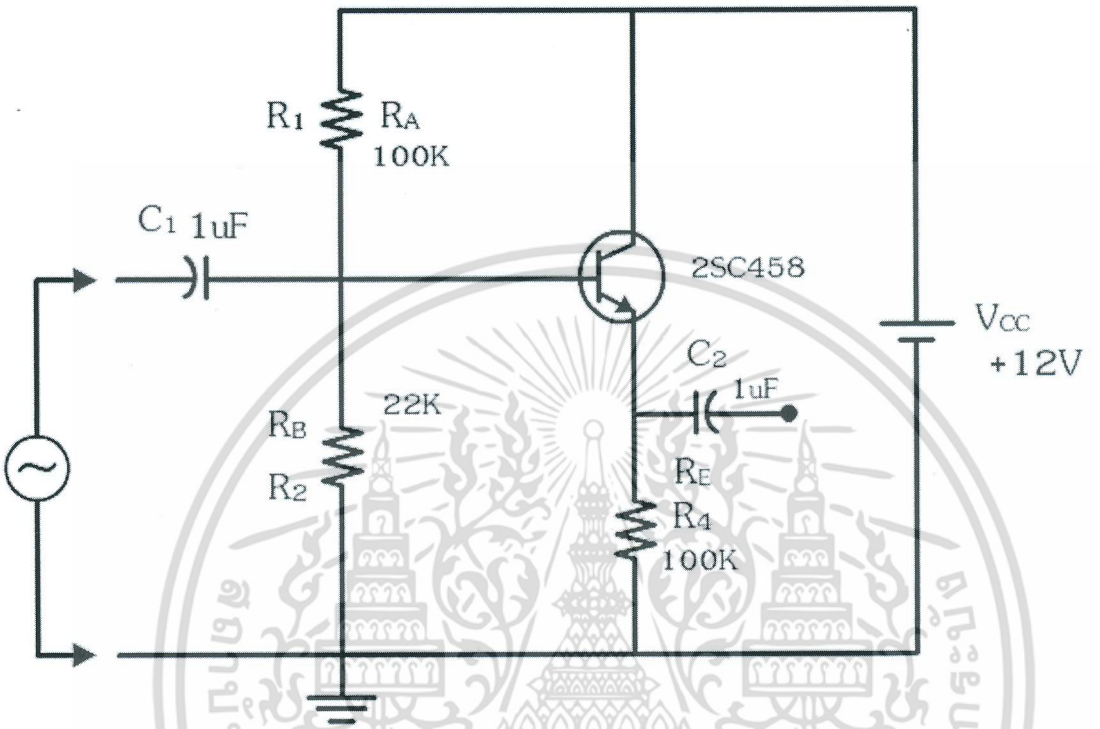
### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง ชนิดปรับค่าได้ 0 – 20 โวลต์ | 1 เครื่อง |
| 2. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคปแบบเขียน 2 เส้นภาพ | 1 เครื่อง |
| 4. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง | 1 เครื่อง |
| 5. ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2 SC 458 หรือ เบอร์อื่นแทน | 1 ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน $R_1$ 100 KΩ, $R_2$ 22 kΩ, $R_E$ 100 Ω, อย่างละ | 1 ตัว |
| 7. ตัวเก็บประจุ 1 μF | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ลำดับขั้นการทดลอง**

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 69 ยังไม่ต้องป้อนสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ




รูปที่ 69 วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนคอลเลกเตอร์

2. วัดและบันทึกค่าแรงดันที่จุดทำงานของวงจรตามที่กำหนดให้ในตาราง 1 ด้วย DC Voltmeter

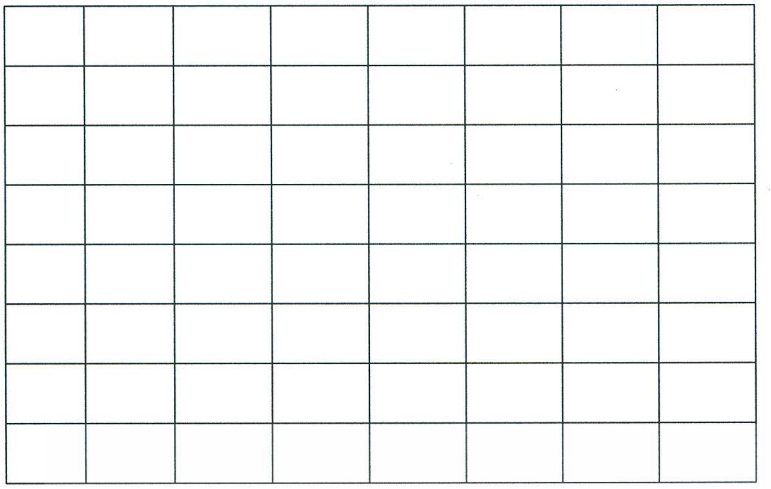
**ตารางที่ 1**

| $V_{B-E}$ | $V_C$ | $V_B$ | $V_E$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

3. ตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงไว้ที่รูปสัญญาณไซน์เวฟ ความถี่ 1 $kH_Z$ ขนาดต่ำสุด แล้วป้อนให้กับอินพุตของวงจร ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ $V_{in}$ และ $V_{out}$ ของวงจร ค่อย ๆ ปรับขนาดของสัญญาณอินพุตจากเครื่องกำเนิดให้เพิ่มขึ้นทีละน้อย จนกระทั่งได้รูปสัญญาณเอาต์พุตมีขนาดสูงสุดโดยรูปสัญญาณไม่ผิดเพี้ยน (Distortion)

4. วัดและบันทึกรูป และขนาดของสัญญาณอินพุต และเอาต์พุตเป็น $V_{P-P}$ ด้วย ออสซิลโลสโคปแบบเขียน 2 เส้นภาพ

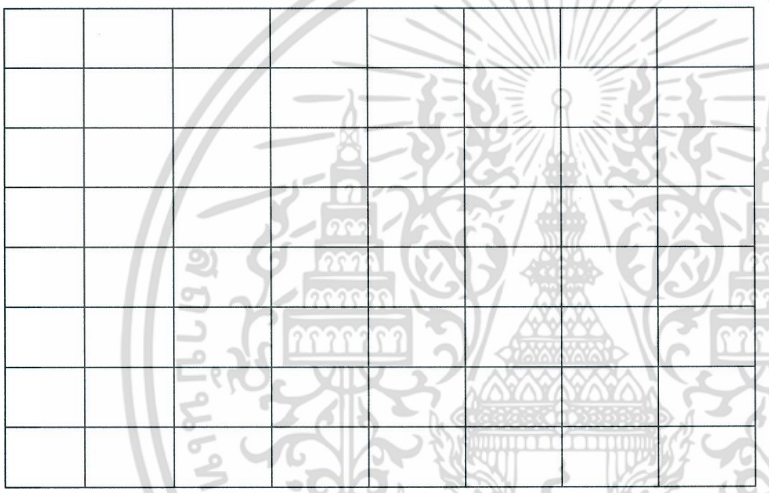
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณอินพุต



$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณเอาต์พุต

5. คำนวณหา อัตราการขยายแรงดันของวงจร จากสูตร

$A_V = V_{out}$ (P- P) / $V_{in}$ (P – P)

$A_V$ = .....

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 3

## เรื่อง วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์

### วัตถุประสงค์

1. สามารถการประกอบวงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนอิมิตเตอร์ได้
2. วัดและทดสอบวงจรทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนอิมิตเตอร์ได้
3. สามารถนำวงจรทรานซิสเตอร์แบบคอมอนอิมิตเตอร์ไปใช้งานได้

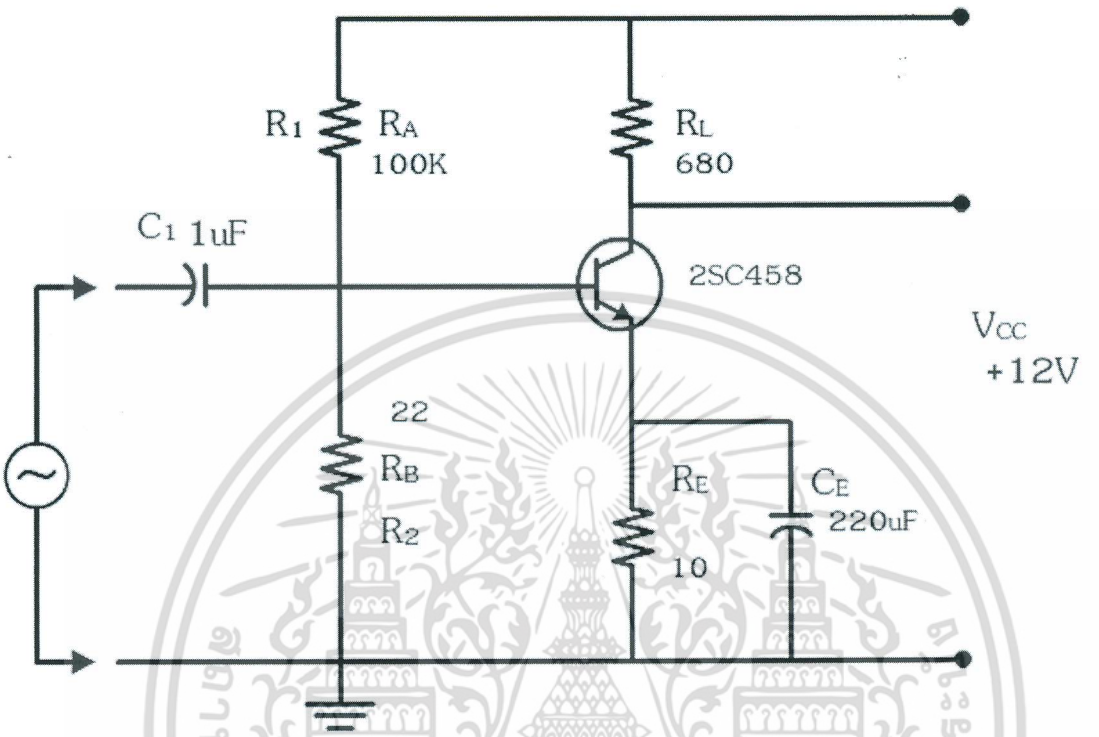
### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง ชนิดปรับค่าได้ 0 – 20 โวลต์ | 1 เครื่อง |
| 2. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคปชนิดเขียน 2 เส้นภาพ | 1 เครื่อง |
| 4. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง | 1 เครื่อง |
| 5. ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2 SC 458 หรือ เบอร์อื่นแทน | 1 ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน $R_1$ 100 KΩ, $R_2$ 22 kΩ, $R_L$ 680 Ω, $R_E$ 100 Ω, อย่างละ | 1 ตัว |
| 7. ตัวเก็บประจุ CB 1 μF, CC 1 μF, CE 200 μF อย่างละ | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 70 ยังไม่ต้องป้อนสัญญาณที่อินพุต




รูปที่ 70 วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอมมอนอิมิตเตอร์

2. วัดและบันทึกค่าแรงดัน DC ที่จุดต่าง ๆ ตามที่กำหนดให้ในตาราง 1 ด้วย DC Voltmeter

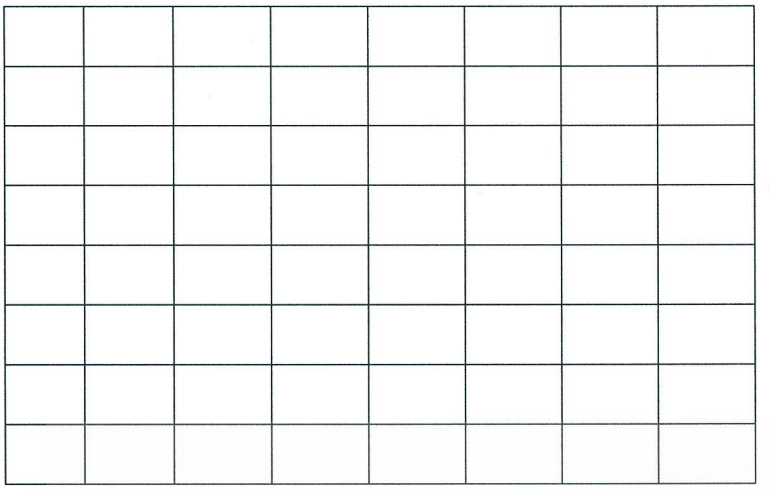
**ตารางที่ 1**

| $V_{B-E}$ | $V_C$ | $V_B$ | $V_E$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

3. ตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงไว้ที่รูปสัญญาณไซน์เวฟ ความถี่ 1 $kH_Z$ ขนาดต่ำสุด แล้วป้อนให้กับอินพุตของวงจร ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ $V_{in}$ และ $V_{out}$ ของวงจร ค่อย ๆ ปรับขนาดของสัญญาณอินพุตจากเครื่องกำเนิดให้เพิ่มขึ้นทีละน้อย จนกระทั่งได้รูปสัญญาณเอาต์พุตมีขนาดสูงสุดโดยรูปสัญญาณไม่ผิดเพี้ยน (Distortion)

4. วัดและบันทึกรูป และขนาดของสัญญาณอินพุต และเอาต์พุตเป็น $V_{P-P}$ ด้วย ออสซิลโลสโคปแบบเขียน 2 เส้นภาพ

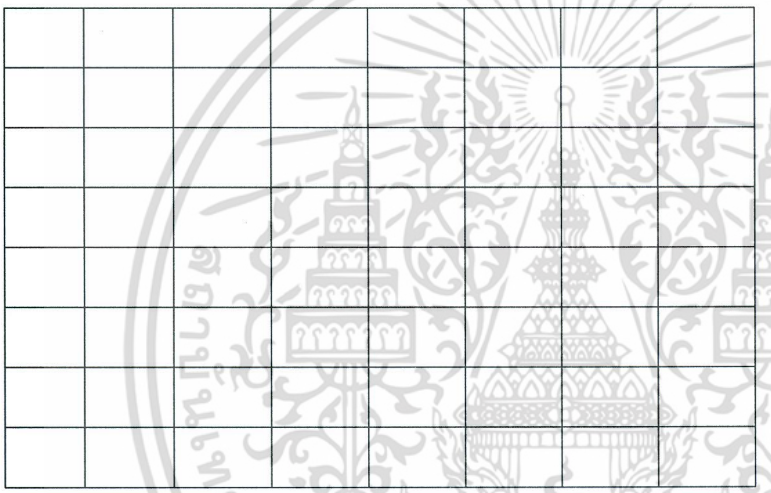
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณอินพุต



$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณเอาต์พุต

5. คำนวณอัตราการขยายแรงดันของวงจร จากสูตร

$A_V = V_{out}$ (P- P) / $V_{in}$ (P – P)

$A_V$ = .....

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 4

## เรื่อง วงจรไบแอสทรานซิสเตอร์

### วัตถุประสงค์

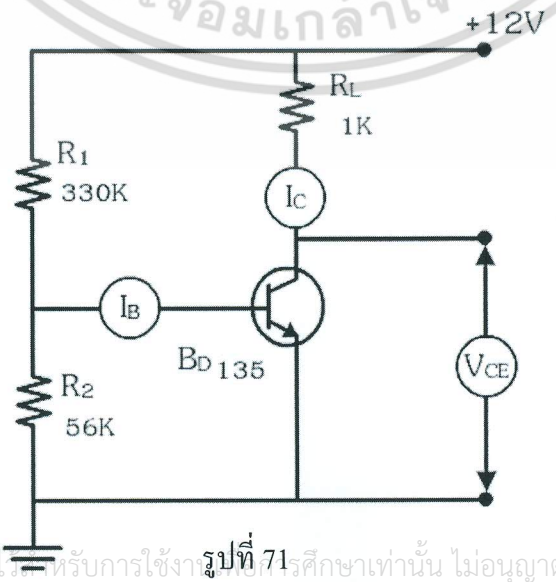
1. เพื่อให้รู้จักการหาและเลือกจุดการทำงานของวงจรอคอมมอนอิมิตเตอร์โดยวิธีการจัดไบแอส

### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง ชนิดปรับค่าได้ 0 – 30 โวลต์ | 1 เครื่อง |
| 2. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 3. ทรานซิสเตอร์เบอร์ BD 135 หรือ เบอร์อื่นแทน | 1 ตัว |
| 4. ตัวต้านทาน $R_1$ 330 K2, $R_2$ 56 k, $R_L$ 1K และความต้านทานตามตาราง 1, 2 และ 3 | |
| 5. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

### ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 71




รูปที่ 71

2. เปลี่ยนค่า $R_1$ ตามตารางที่ 1 (ให้ $R_2$,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$R_L$ คงที่) บันทึกค่า $I_B$, $I_C$ และ $V_{CE}$ ลงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1**

| $R_1$ | 5K | 10K | 22K | 33K | 47K | 82K | 100K | 200K | 330K | 680K | 1M | 2M | □ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_B$ | | | | | | | | | | | | | μA |
| $I_C$ | | | | | | | | | | | | | mA |
| $V_{CE}$ | | | | | | | | | | | | | V |

3. เพื่อที่จะทำให้วงจรทำงานที่จุดกึ่งกลางของโลหดไลน์ (Load Line) จากตารางที่ 1 $R_1$ ควรมีค่า ..... Ω

4. เปลี่ยนค่า $R_2$ ตามตารางที่ 2 (ให้ $R_1$, $R_L$ ค่าคงที่) บันทึกค่า $I_B$, $I_C$ และ $V_{CE}$ ที่ได้ลงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2**

| $R_1$ | 4.7K | 10K | 18K | 27K | 39K | 56K | 100K | 200K | 470K | 820K | 1M | □ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_B$ | | | | | | | | | | | | μA |
| $I_C$ | | | | | | | | | | | | mA |
| $V_{CE}$ | | | | | | | | | | | | V |

5. เพื่อที่จะทำให้วงจรทำงานที่จุดกึ่งกลางของโหลดไลน์ (Load Line) จากตารางที่ 2 $R_1$ ควรมีค่า ..... Ω $R_2$ =..... Ω และ $R_L$ =..... Ω

6. เปลี่ยนค่า $R_L$ ตามตารางที่ 3 (ให้ R1, R2 ค่าคงที่) บันทึก IB, IC และ VCE ที่ได้ลงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3**

| $R_1$ | 470 | 560 | 820 | 1K | 1.5K | 2.2K | 3.3K | 4.7K | 5K | 10K | □ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_B$ | | | | | | | | | | | μA |
| $I_C$ | | | | | | | | | | | mA |
| $V_{CE}$ | | | | | | | | | | | V |

7. เพื่อที่จะทำให้วงจรทำงานที่จุดกึ่งกลางของโหลดไลน์ (Load Line) จากตารางที่ 3 $R_1$ ควรมีค่า ..... Ω $R_2$ =..... Ω และ $R_L$ =..... Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 5

## เรื่อง การวัดและทดสอบทรานซิสเตอร์

### วัตถุประสงค์

1. วัดและทดสอบเพื่อจำแนกทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้
2. บอกชนิดของทรานซิสเตอร์ด้วยการวัดโอห์มมิเตอร์ได้
3. วัดและทดสอบสภาพของทรานซิสเตอร์ว่าดีหรือเสียด้วยโอห์มมิเตอร์ได้

### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 2. ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เบอร์ต่าง ๆ | 3 เบอร์ |
| 3. ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ต่าง ๆ | 3 เบอร์ |
| 4. สายต่อ | |

### ลำดับขั้นการทดลอง

1. บันทึกเบอร์ของทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด PNP และNPN ลงในตารางที่ 1

2. เขียนรูปร่างของทรานซิสเตอร์ตามสภาพจริงพร้อมตำแหน่งขา โดยใช้เครื่องหมายเป็นตัวเลข 1 – 2 – 3 กำกับไว้ที่ขาตามลำดับ

3. ตั้งโอห์มมิเตอร์ที่ย่านการวัด R×10 หรือ R×1K วัดความต้านทานระหว่างขา 1-2, 2-3, 3-1 ตามขั้วของโอห์มมิเตอร์ที่กำหนดไว้ให้

4. จากผลการวัดที่ได้ตามตารางที่ 1 บันทึกว่าเป็นทรานซิสเตอร์ชนิดใด ดีหรือเสีย และขาหมายเลขใดเป็นขา B, C, E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ตัวที่ | เบอร์ทรานซิสเตอร์ | รูปร่าง | ความต้านทาน | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | หมายเลขหน้าเป็นขั้วบวก | | | หมายเลขตัวหน้าเป็นขั้วลบ | | |
| | | | 1-2 | 2-3 | 3-1 | 2-1 | 3-2 | 1-3 |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |

- ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 เป็นชนิด .....
  ขาหมายเลข 1 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 2 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 3 เป็นขา .....
  ดีหรือเสีย .....
- ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 เป็นชนิด .....
  ขาหมายเลข 1 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 2 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 3 เป็นขา .....
  ดีหรือเสีย .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 3 เป็นชนิด .....
  ขาหมายเลข 1 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 2 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 3 เป็นขา .....
  ดีหรือเสีย .....
- ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 4 เป็นชนิด .....
  ขาหมายเลข 1 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 2 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 3 เป็นขา .....
  ดีหรือเสีย .....
- ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 5 เป็นชนิด .....
  ขาหมายเลข 1 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 2 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 3 เป็นขา .....
  ดีหรือเสีย .....
- ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 6 เป็นชนิด .....
  ขาหมายเลข 1 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 2 เป็นขา .....
  ขาหมายเลข 3 เป็นขา .....
  ดีหรือเสีย .....

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 6

## เรื่อง วงจรคอมมอนเดรน

### วัตถุประสงค์

1. ประกอบวงจรเฟตแบบคอมมอนเดรนได้
2. วัดและทดสอบวงจรเฟตแบบคอมมอนเดรนได้
3. นำวงจรเฟตแบบคอมมอนเดรนไปใช้งานได้

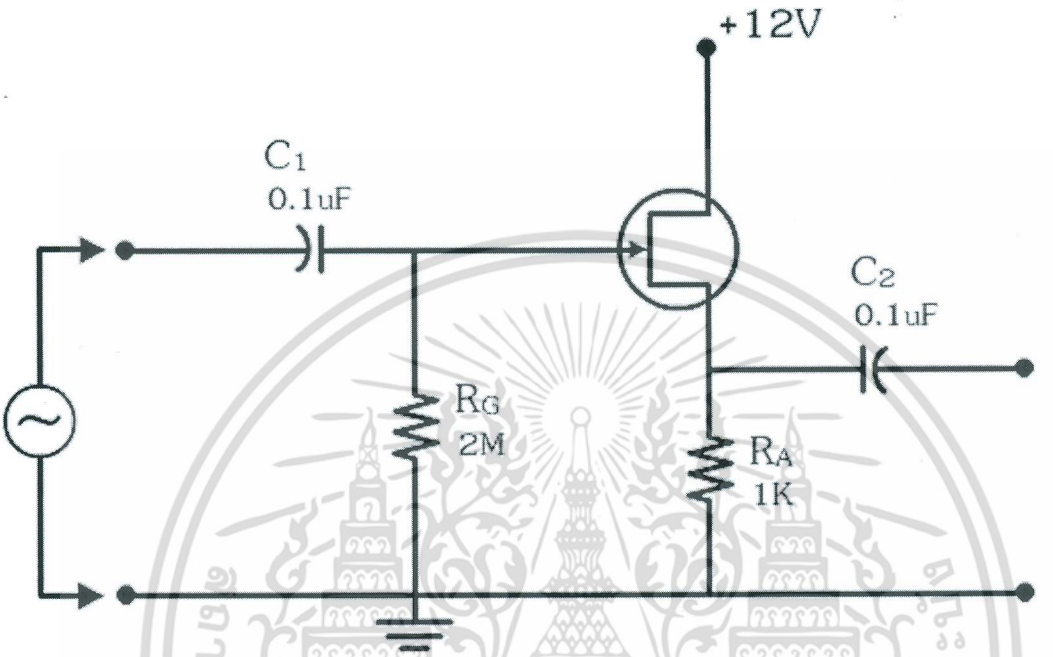
### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ชนิดปรับค่าได้ 0 – 30 โวลต์ | 1 เครื่อง |
| 2. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคปชนิด 2 เส้นภาพ | 1 เครื่อง |
| 4. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง | 1 เครื่อง |
| 5. เฟต เบอร์ BF 245C หรือเบอร์อื่นแทน | 1 ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน $R_G$ 2 M□, $R_S$ 1 k□, อย่างละ | 1 ตัว |
| 7. คาปาซิเตอร์ $C_1$, 01 μF, $C_2$ 01μF อย่างละ | 1 ตัว |
| 8. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ลำดับขั้นการทดลอง**

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 72




รูปที่ 72 วงจรคอมมอนเดรน

2. วัดและบันทึกค่าแรงดันที่จุดทำงานของวงจร ตามตารางที่กำหนด ดีซีโวลมิเตอร์

**ตารางที่ 1**

| $V_D$ | $V_G$ | $V_S$ | $V_{G-S}$ | $V_D$ |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

3. ตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงไว้ที่รูปสัญญาณไซน์เวฟ ความถี่ 1 $kH_Z$ ขนาด $0.7V_{P-P}$ ป้อนเป็นอินพุตของวงจร ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปสัญญาณ $V_{in}$ และ $V_{out}$ บันทึกรูปสัญญาณที่ได้ลงในตารางที่ 2 และ 3

4. วัดและบันทึกรูป และขนาดของสัญญาณอินพุต และเอาต์พุตเป็น $V_{P-P}$ ด้วย ออสซิลโลสโคปแบบเขียน 2 เส้นภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณ $V_{in}$

**ตารางที่ 3**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณ $V_{out}$

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 7

## เรื่อง วงจรคอมมอนเกต

### วัตถุประสงค์

1. ประกอบวงจรเฟตแบบคอมมอนเกตได้
2. วัดและทดสอบวงจรเฟตแบบคอมมอนเกตได้
3. นำวงจรเฟตแบบคอมมอนเกตไปใช้งานได้

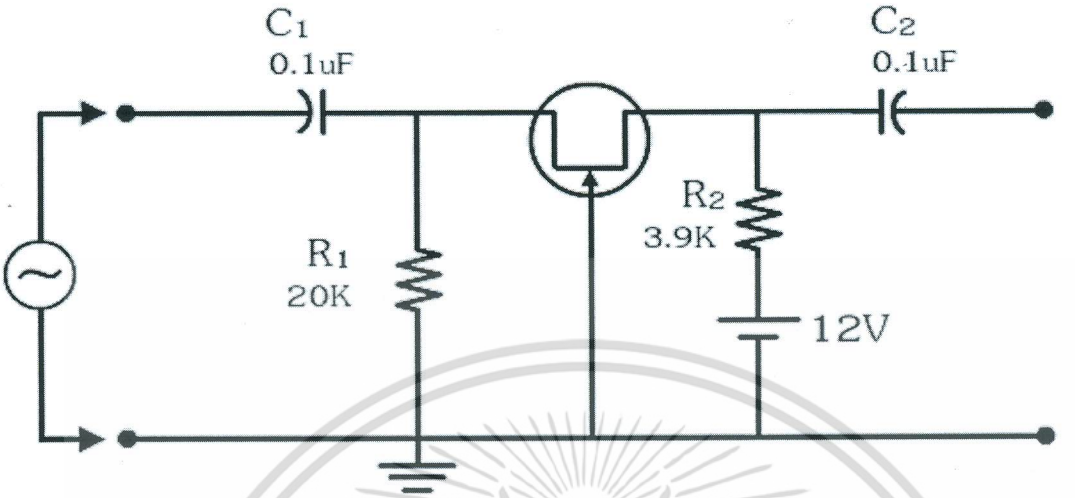
### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ชนิดปรับค่าได้ 0 – 30 โวลต์ | 1 เครื่อง |
| 2. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคปชนิด 2 เส้นภาพ | 1 เครื่อง |
| 4. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง | 1 เครื่อง |
| 5. เฟต เบอร์ BF 245C หรือเบอร์อื่นแทน | 1 ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน $R_G$ 2 MΩ, $R_D$ อย่างละ | 1 ตัว |
| 7. ตัวเก็บประจุ 0.1 μF | 2 ตัว |
| 8. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ลำดับขั้นการทดลอง**

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 73




รูปที่ 73 วงจรคอมมอนเกต

2. วัดและบันทึกค่าแรงดันที่จุดทำงานของวงจร ตามตารางที่กำหนดให้ในตารางที่ 1 ด้วย ดีซีโวลมิเตอร์

**ตารางที่ 1**

| $V_{G-S}$ | $V_D$ | $V_G$ | $V_S$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

3. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณไซน์เวฟและปรับไปที่ 1 $kH_Z$ โดยมีขนาดแรงดัน 0.7$V_{P-P}$ ป้อนให้กับอินพุตของวงจร ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปสัญญาณ $V_{in}$ และ $V_{out}$ ตามลำดับ บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 2 และ 3

**ตารางที่ 2**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ๖H

รูปสัญญาณ $V_{in}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณ $V_{out}$

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 8

## เรื่อง วงจรคอมมอนซอร์ส

### วัตถุประสงค์

1. ประกอบวงจรเฟตแบบคอมมอนซอร์สได้
2. วัดและทดสอบวงจรเฟตแบบคอมมอนซอร์สได้
3. นำวงจรเฟตแบบคอมมอนซอร์สไปใช้งานได้

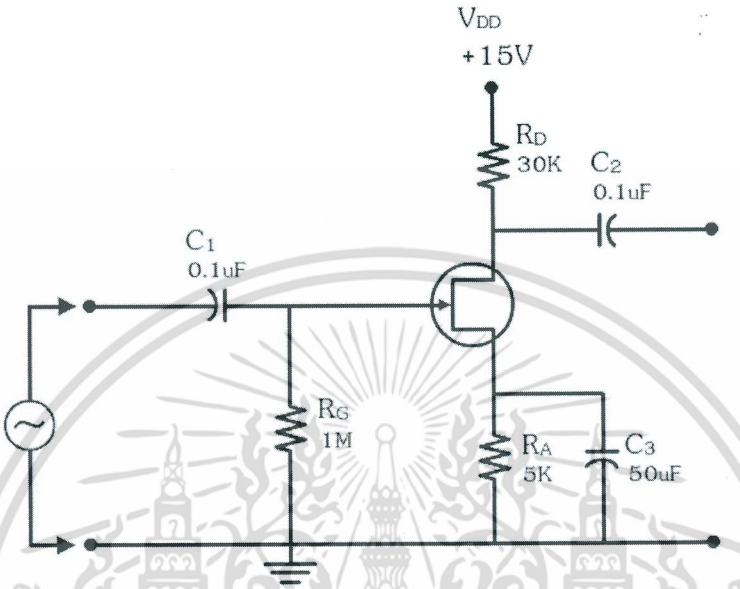
### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ชนิดปรับค่าได้ 0 – 30 โวลต์ | 1 เครื่อง |
| 2. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคปชนิด 2 เส้นภาพ | 1 เครื่อง |
| 4. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง | 1 เครื่อง |
| 5. เฟต เบอร์ BF 245C หรือเบอร์อื่นแทน | 1 ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน $R_G$ 2 MΩ, $R_D$ 30K, $R_S$ 5K อย่างละ | 1 ตัว |
| 7. คาปาซิเตอร์ $C_1$, $C_2$ 0.1 μF, $C_3$ 50 μF อย่างละ | 1 ตัว |
| 8. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 74




รูปที่ 74 วงจรคอมมอนซอร์ส

2. วัดและบันทึกค่าแรงดันที่จุดทำงานของวงจร ตามตารางที่กำหนดให้ในตารางที่ 1 ด้วย ดีซีโวลมิเตอร์

**ตารางที่ 1**

| $V_{G-S}$ | $V_D$ | $V_G$ | $V_S$ |
|---|---|---|---|
| | | | |

3. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงรูปไซน์เวฟความถี่ 1 $kH_Z$ ขนาด 0.7 $V_{P-P}$ ป้อนให้กับอินพุตของวงจร ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ $V_{in}$ และ $V_{out}$ ตามลำดับ บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้ลงในตารางที่ 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณ $V_{in}$

**ตารางที่ 3**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$V_{in}$ =.....$V_{P-P}$

f = ..... Hz

รูปสัญญาณ $V_{out}$

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 9

## เรื่อง วงจรไบแอสเฟต

### วัตถุประสงค์

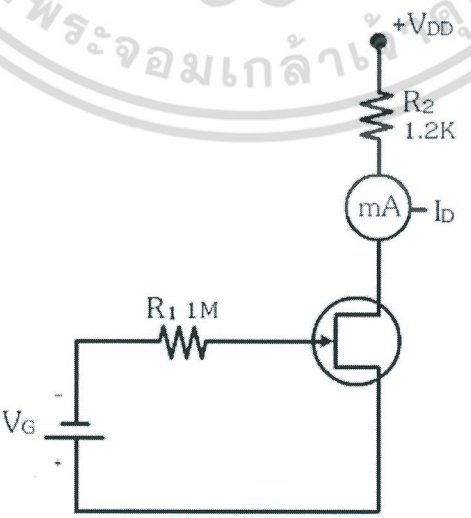
1. สามารถอธิบายผลของ Reverse Bias ที่ขั้ว Gate ได้
2. เพื่อให้เข้าใจการทำงานของวงจรไบแอสเฟต
3. สามารถทดสอบข้อเท็จจริงในการทำงานของวงจรได้

### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. DC. Power Supply Voltage 0 – 30 V | 1 เครื่อง |
| 2. VOM meter | 1 เครื่อง |
| 3. ตัวต้านทาน $R_1$ = 1 MΩ, $R_2$ = 1.2KΩ, $R_3$ = 200Ω, 470Ω, 560 Ω, $R_4$ = 12 KΩ อย่างละ | 1 ตัว |

### ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 75




รูปที่ 75 วงจรไบแอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ป้อนแรงดันให้วงจรที่ $V_{DD}$ = 12 V และ $V_G$ = - 1 V วัดและบันทึกค่า $I_D$ และ $V_{GS}$

$I_D$ = .....mA

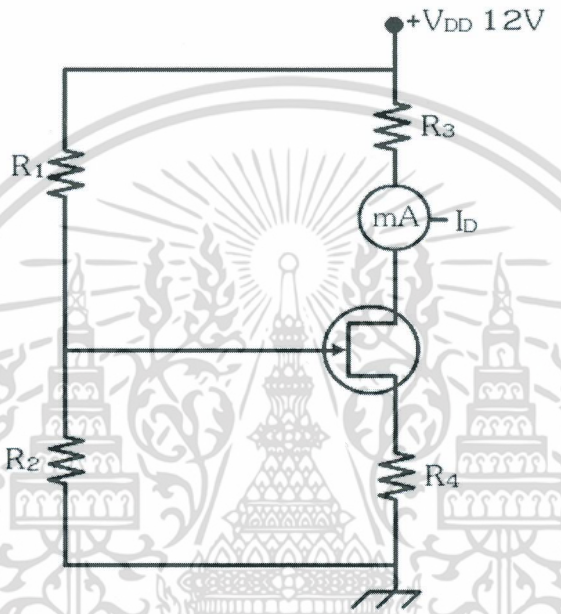
$V_{DS}$ = .....V

$V_{GS}$ = .....V

3. เพิ่มแรงดันที่ $V_G$ ให้มีค่ามากขึ้น จนกระทั่ง $I_D$ = OmA จึงหยุดปรับ วัดแรงดันที่ขั้ว G – S

$V_{GS}$ = .....V

4. ต่อวงจรใหม่ตามรูปที่ 76




รูปที่ 76

5. ป้อนแรงดันให้วงจรที่ $V_{DD}$ = V

6. วัดและบันทึกค่ากระแสและแรงดันในวงจร บันทึกค่าลงในตารางที่ 1

| $R_3$ | 200 | 470 | 560 |
|---|---|---|---|
| $I_D$ | | | |
| $V_{DS}$ | | | |
| $V_G$ | | | |
| $V_S$ | | | |
| $V_{GS}$ | | | |

**ตารางที่ 1**

7. เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน R3 ให้มีค่าตามตารางที่ 1 แล้วทดลองซ้ำตามข้อ 6. บันทึกค่าลงในตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 10

## เรื่อง วงจรขยายแบบมัลติสเตท

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรขยายแบบมัลติสเตท
2. สามารถอธิบายหลักการทำงานของวงจรขยายแบบมัลติสเตทได้
3. สามารถประกอบวงจรขยายแบบมัลติสเตทได้
4. สามารถวัดอัตราการขยายแรงดันของแต่ละภาค และอัตราการขยายแรงดันรวม

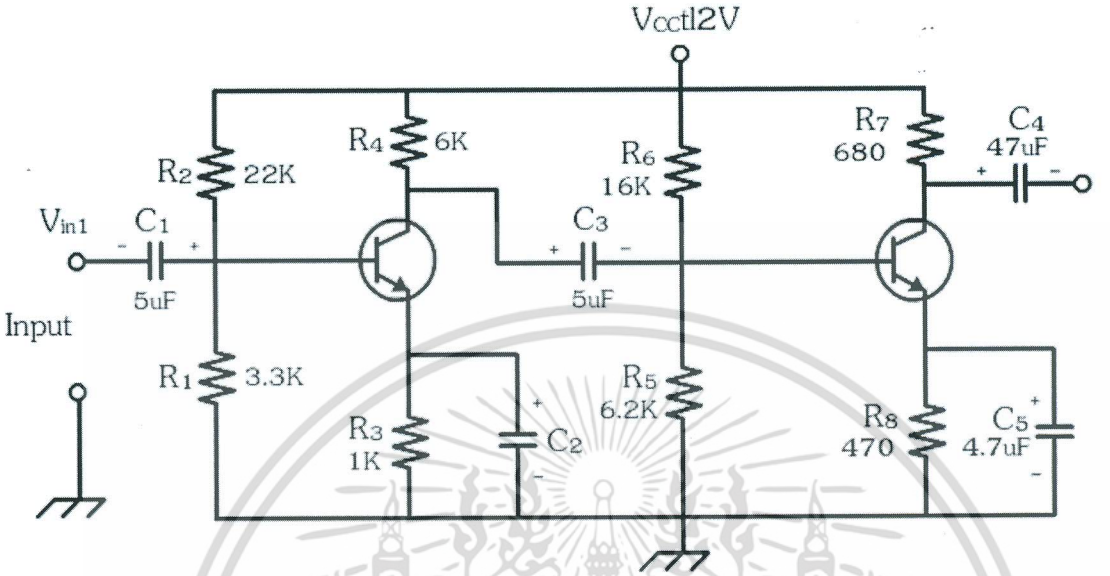
### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. แหล่งจ่ายไฟ 12 $V_{DC}$ | 1 เครื่อง |
| 2. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |
| 4. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 5. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC 108 หรือเบอร์อื่น | 2 ตัว |
| 6. คาปาซิเตอร์ 5 $\mu$F 25 v | 3 ตัว |
| 7. คาปาซิเตอร์ 47 $\mu$F 25 v | 2 ตัว |
| 8. ตัวต้านทาน 470 Ω, 680Ω, 1KΩ, 3.3KΩ, 6KΩ, 6.2KΩ และ 22KΩ อย่างละ | 1 ตัว |
| 9. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 77




รูปที่ 77

2. จ่ายแรงดันให้กับวงจรให้ได้เท่ากับ + 12 v

3. ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง (VF Generator) เข้าที่อินพุตของวงจร โดยตั้งความถี่เสียงที่ 1 $kH_Z$ และปรับขนาดของสัญญาณให้ได้ 5 mV เป็นสัญญาณรูป Sine Wave

4. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายภาคที่ 1 โดยให้แชนเนล 1 ($Ch_1$) ต่อวัดรูปสัญญาณที่จุดอินพุต $V_{in1}$ และ แชนเนล 2 ($Ch_2$) ต่อที่จุดเอาต์พุต ($V_{out1}$) วัดและบันทึกค่ารูปสัญญาณพร้อมมุมต่างเฟสลงในตารางที่ 1

5. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายภาคที่ 2 โดยให้แชนเนล 1 ($Ch_1$) ต่อวัดรูปสัญญาณที่จุดอินพุต ($V_{in1}$) และแชนเนล 2 ($Ch_2$) ต่อที่จุดเอาต์พุต ($V_{out1}$) วัดและบันทึกค่ารูปสัญญาณพร้อมมุมต่างเฟสลงในตารางที่ 1

6. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดอัตราการขยายแรงดันทั้งวงจร (สองภาครวมกัน) โดยใช้แชนเนล 1 ($Ch_1$) ต่อที่จุดอินพุต ($V_{in1}$) และแชนเนล 2 ($Ch_2$) ของสโคป ต่อที่จุดเอาต์พุต 2 ($V_{out1}$) วัดและบันทึกค่ารูปสัญญาณพร้อมมุมต่างเฟสลงในตารางที่ 1

7. คำนวณหาค่าอัตราการขยายของแรงดันในภาคแรก, ภาคที่สอง และสองภาครวมกันบันทึกค่าที่ได้ลงในตามรางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1**

| จุดที่วัด | $V_{in}$(P-P) | | $V_{out}$(P-P) | | มุม (Angle) (องศา) | $AV = \frac{V_{out}(P\text{-}P)}{V_{in}(P\text{-}P)}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ภาคที่หนึ่ง | $V_{in1}$ | | $V_{out1}$ | | | $AV_1$ | |
| ภาคที่สอง | $V_{in2}$ | | $V_{out2}$ | | | $AV_2$ | |
| สองภาครวมกัน | $V_{in1}$ | | $V_{out2}$ | | | $AV_T$ | |
| สองภาครวมกัน ตัด $C_E$ ออก | $V_{in1}$ | | $V_{out2}$ | | | $AV_T$ | |

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 11

## เรื่อง DIRECT COUPLING

### วัตถุประสงค์

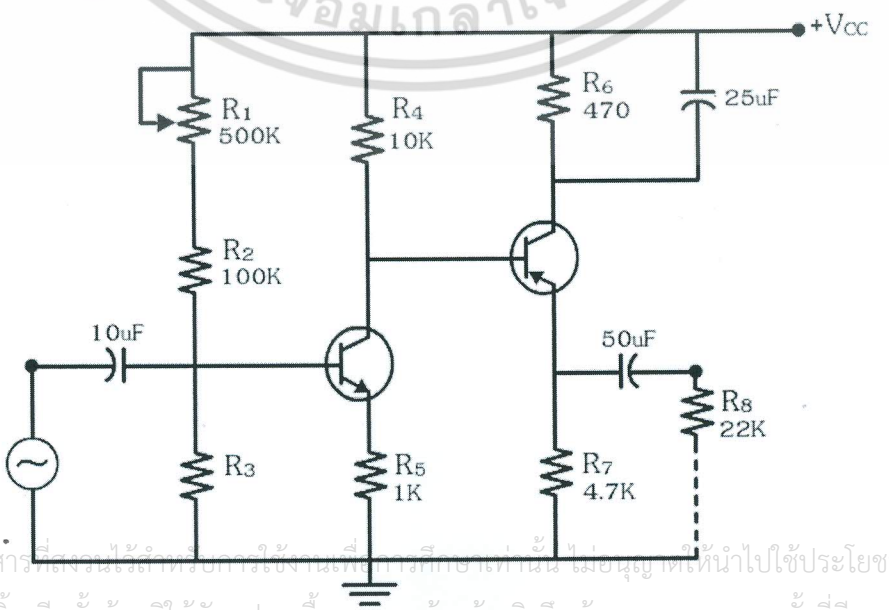
1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของวงจร Direct Coupling Circuit

### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |
| 2. AF Signal Generator | 1 เครื่อง |
| 3. DC. Power Supply Voltage 0 – 30 V | 1 เครื่อง |
| 4. VOM meter | 1 เครื่อง |
| 5. Transistor $Q_1$ = 2 N 2219, $Q_2$ = 2 N 2905 อย่างละ | 1 ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน $R_2$ 150 KΩ, $R_3$ 10KΩ, $R_4$ 10KΩ, $R_5$ 1KΩ, $R_6$ 470Ω,$R_7$ 4.7Ω และ $R_8$ 22KΩ อย่างละ | 1 ตัว |
| 7. ตัวเก็บประจุ $C_1$ 10 μF, $C_2$ 10 μF, $C_3$ 25 μF อย่างละ | 1 ตัว |
| 8. Potential meter R1 = 150 KΩ | 1 ตัว |
| 9. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

### ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 78 ยังไม่ต้องต่อ $C_3$ และ $R_8$




รูปที่ 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ป้อนแรงดันให้กับวงจรเท่ากับ 24 V

3. ใช้ VOM meter ตั้งย่านการวัด DC Volt วัดแรงดันขั้วคอลเลกเตอร์ (C) ของทรานซิสเตอร์ $Q_1$ ปรับความต้านทาน $VR_1$ ให้แรงดันที่ขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ $Q_1$ ให้มีแรงดันเท่ากับ 22.5 Volt แล้ววัดแรงดันที่ขาเบสม อิมิตเตอร์ และคอลเลกเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ $Q_1$ และ $Q_2$ ตามลำดับ

$Q_1$ $V_B$ = .....v, $R3_{10\,K}$ = .....v, $V_E$ = .....V

$Q_2$ $V_B$ =.....v, $V_C$ =.....v $V_E$ = .....V

4. ป้อนสัญญาณรูปไซน์เวฟขนาด 100 $mV_{p-p}$ ที่ความถี่ 1 $kH_Z$

5. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดันสัญญาณที่อินพุต และเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ $Q_1$และ $Q_2$

$Q_1$ จุด $E_{I1}$ = .....$V_{p-p}$ ; จุด $E_{O1}$ =.....$V_{p-p}$

$Q_2$ จุด $E_{I1}$ = .....$V_{p-p}$ ; จุด $E_{O2}$ =.....$V_{p-p}$

6. คำนวณค่าโวลเตจเกน (Voltage Gain) ของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ $Q_1$ และ $Q_2$

$A_{V1} = E_{01}/E_{I1}$ = .....

$A_{V2} = E_{02}/E_{I2}$ = .....

7. คำนวณหาค่าโวลเตจเกน ของวงจรไดเร็กคัปปลิ้ง

$A_{VTOTAL}$ $= E_O/E_I$ =.....

$A_V$ $= A_{V1}. A_{V2}$ =.....

8. ปรับความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง (AF Signal Generator) ให้มีความถี่ตามตารางที่กำหนดให้ ใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดัน พีค – ทู – พีค (V peak to peak) ที่เอาต์พุตของวงจร บันทึกลงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1**

| ความถี่ (Frequency : $H_Z$) | 50 | 100 | 500 | 1 K | 5 K | 10 K | 50 K | 100 K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $E_O$ ($V_{p-p}$) | | | | | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 12

## เรื่อง การใช้ SCR ควบคุมกำลังงาน

### วัตถุประสงค์

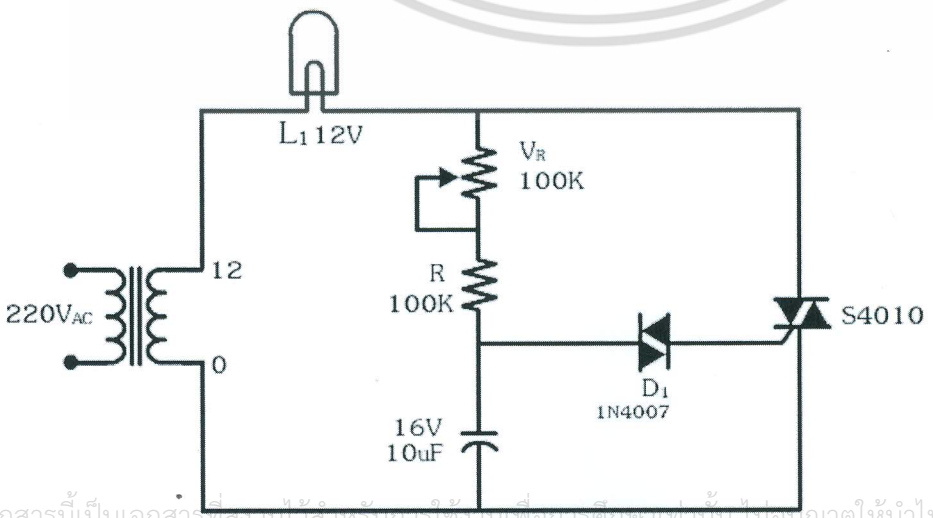
1. เพื่อให้เข้าใจการทำงานของวงจรที่ใช้ SCR
2. เพื่อให้นำวงจรควบคุมกำลังงานด้วย SCR ไปประยุกต์ใช้งานได้

### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. หม้อแปลง (Transformer) 220 $V_{AC}$ : 12 $V_{AC}$ | 1 ตัว |
| 2. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |
| 4. เอสซีอาร์ เบอร์ S 4010 หรือเบอร์แทน | 1 ตัว |
| 5. ไดโอด เบอร์ 1 N 4007 | 1 ตัว |
| 6. หลอดไฟ 12 V | 1 หลอด |
| 7. ตัวต้านทาน $VR_1$ 100K, $R_2$ 100 อย่างละ | 1 ตัว |
| 8. คาปาซิเตอร์ชนิดอิเล็กโทรไลต์ 10 $\mu$F 16 v | 1 ตัว |
| 9. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

### ลำดับขั้นการทดลอง

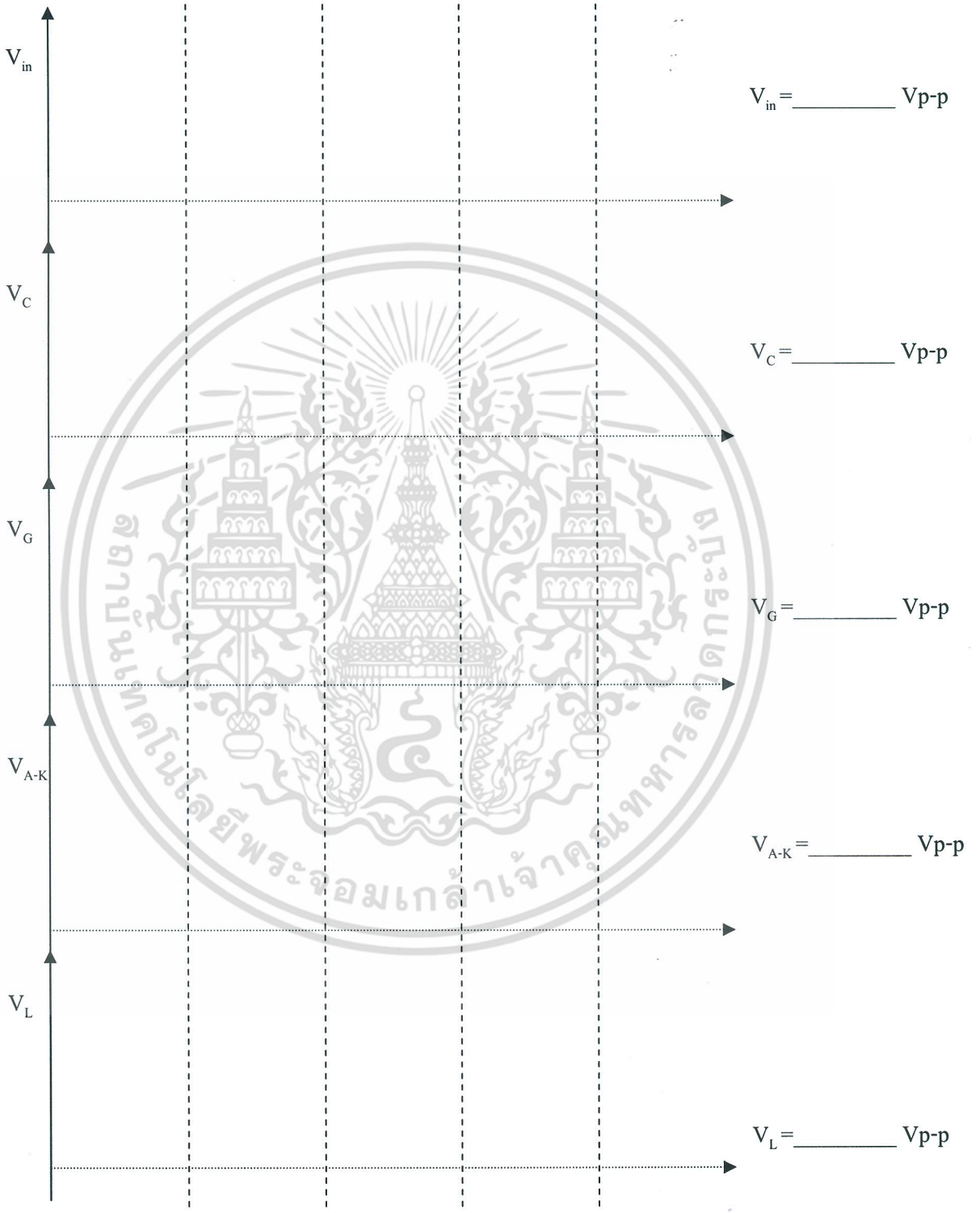
1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 79




รูปที่ 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปรับค่าความต้านทาน $VR_1$ (POT = 0 – 100.K□) ให้มีค่าความต้านทานต่ำสุด จากนั้นใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดัน $V_{in}$, $V_C$, $V_G$, $V_L$ และ $_{VA-K}$ ในโหมด $A_C$ และวัด $V_C$, $V_G$, $V_L$ และ $V_{A-K}$ ในโหมด $A_C$ บันทึกรูปสัญญาณที่ได้ลงในตารางที่ 1

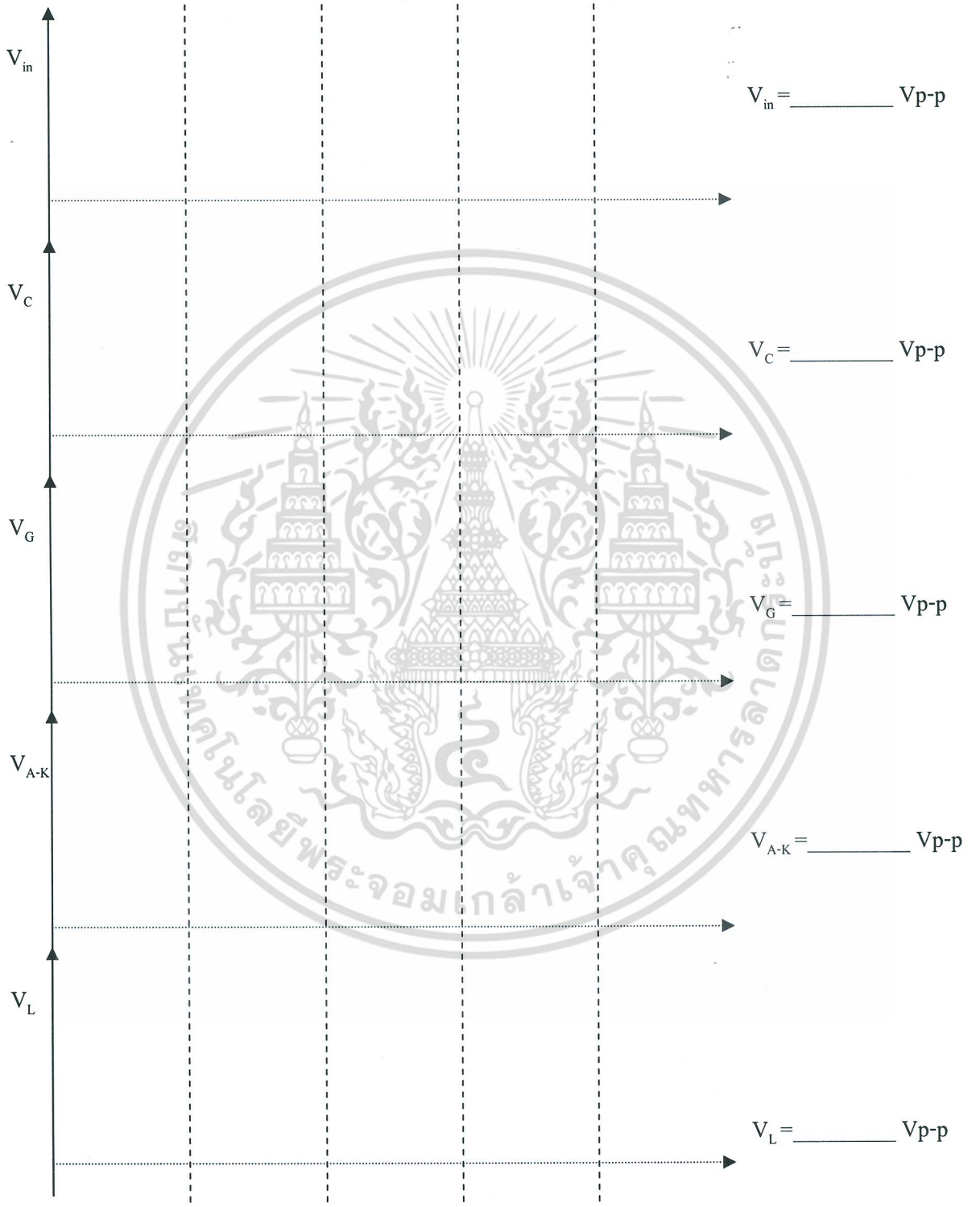



ตารางที่ 1

3. จากผลการทดลองในตารางที่ 1 มุมจุดชนวนของ SCR มีค่า =.....องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปรับค่าความต้านทานของ VR1 100 kΩ ให้มีค่าความต้านทานสูงสุด (ค่าประมาณ 100 kΩ) จากนั้นใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดัน $V_{in}$, $V_C$, $V_G$, $V_L$ และ $V_{A-K}$ โดยวัด $V_{in}$ ในโหมดของ $A_C$ และวัด $V_C$, $V_G$, $V_L$ และ $V_{A-K}$ ในโหมดของ DC บันทึกรูปสัญญาณที่ได้ลงในตารางที่ 2




ตารางที่ 2

5. จากผลการทดลองในตารางที่ 2 มุมจุดชนวนของ SCR มีค่า =.....องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 13

## เรื่อง การใช้ไทรแอกควบคุมการทำงาน

### วัตถุประสงค์

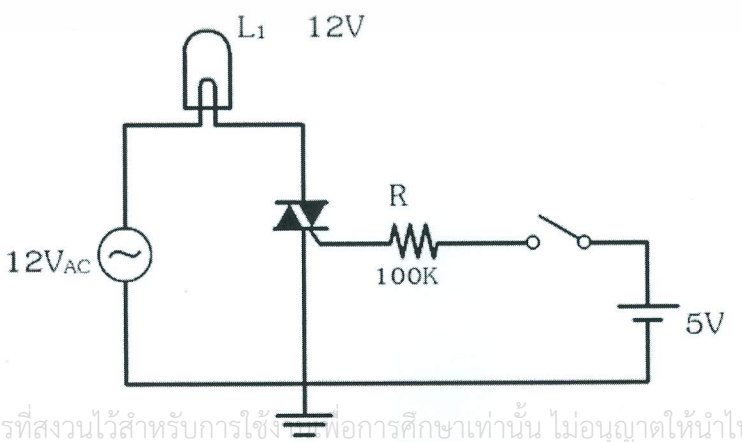
1. เพื่อศึกษาการทำงานของไทรแอกกับไฟสลับ
2. เพื่อนำไทรแอก ไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ได้

### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. เครื่องจ่ายไฟกระแสสลับ 0 - 15 $V_{AC}$ | 1 เครื่อง |
| 2. เครื่องจ่ายไฟกระแสตรงชนิดปรับค่าได้ 0 – 30 V | 1 เครื่อง |
| 3. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 4. ไทรแอก เบอร์ Q 4010 L4 หรือเบอร์อื่น | 1 ตัว |
| 5. หลอดไฟ 12 V | 1 หลอด |
| 6. ตัวต้านทาน VR1 100K, R2 100 อย่างละ | 1 ตัว |
| 7. สวิตซ์กดติดปล่อยดับ | 1 ตัว |
| 8. ไดโอด เบอร์ 1 N 4007 | 2 ตัว |
| 9. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

### ลำดับขั้นการทดลอง

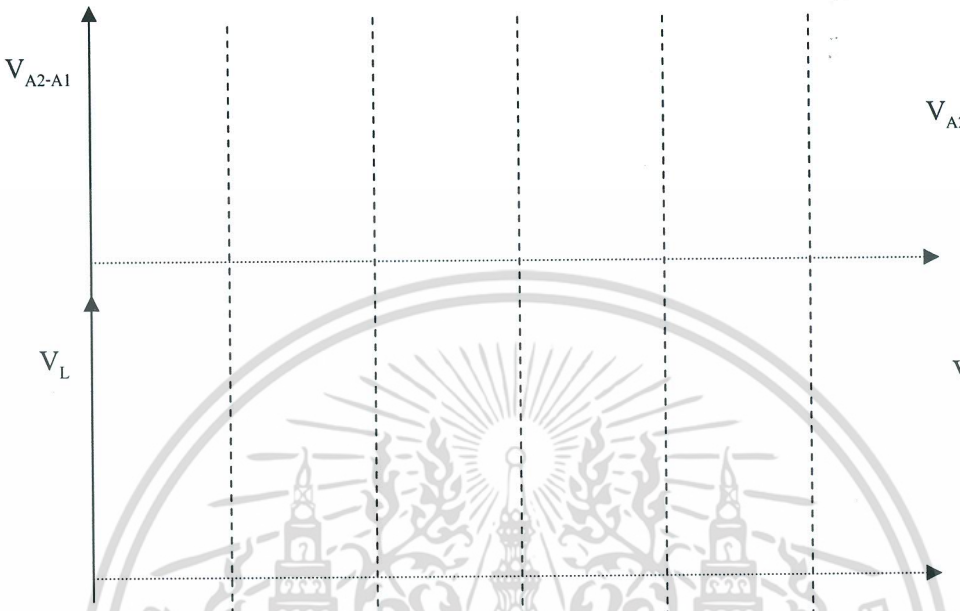
1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 80




รูปที่ 80

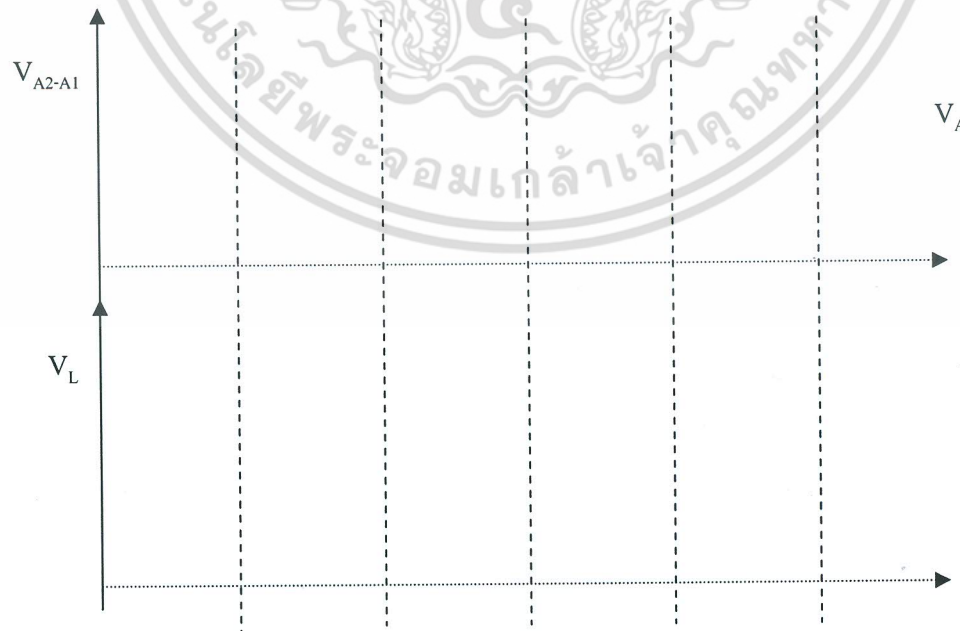
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดัน $V_{A2\text{-}A1}$ และ $V_L$ โดยเลือกโหมดการวัดของสโคปเป็น $A_C$ ในขณะที่กดสวิตซ์ $S_1$ (ON) วัดรูปสัญญาณที่ได้และบันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางที่ 1




ตารางที่ 1

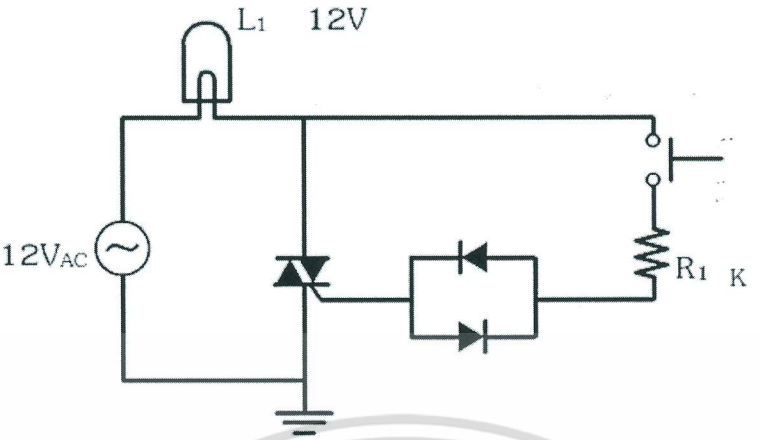
3. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดัน $V_{A2\text{-}A1}$ และ $V_L$ เหมือนเดิม แต่ให้สวิตซ์ $S_1$ (OFF) วาดรูปสัญญาณ และบันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางที่ 2




ตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ประกอบวงจรตามรูปที่ 81




รูปที่ 81

5. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดัน $V_G$, $V_L$ โดยสวิตซ์เลือกของสโคปอยู่ที่ตำแหน่ง DC ส่วนการวัด $V_{A2\text{-}A1}$ ให้สวิตซ์เลือกอยู่ที่ AC วาดรูปสัญญาณ และบันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 14

## เรื่อง การใช้ไทรแอก ควบคุมกำลังงาน

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของไทรแอกกับแหล่งจ่ายไฟสลับ
2. เพื่อทราบค่าพิกัดการใช้งานต่าง ๆ ของไทรแอก
3. สามารถนำไทรแอกไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ได้

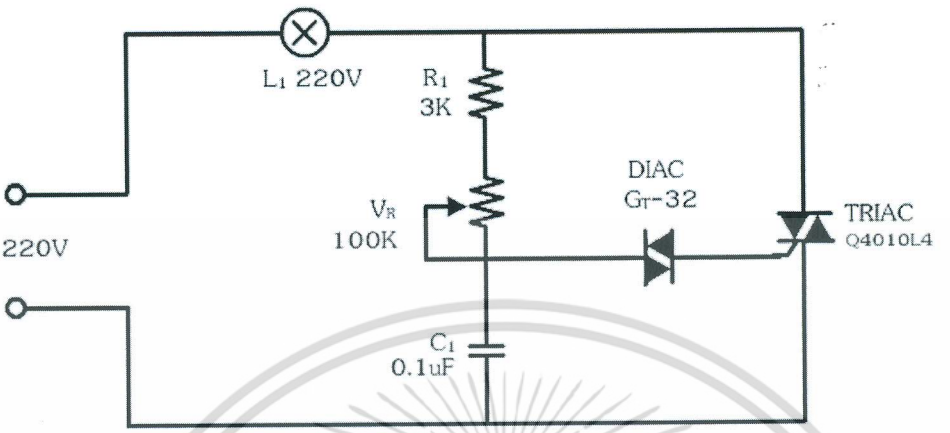
### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชนิดปรับค่าได้ 0 – 30 V | 1 เครื่อง |
| 2. ออสซิลโลสโคป ชนิด 2 เส้นภาพ | 1 เครื่อง |
| 3. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 4. ไทรแอก เบอร์ Q 4010 L4 หรือเบอร์อื่น | 1 ตัว |
| 5. ไดแอก เบอร์ GT – 32 หรือ GT – 40 | 1 ตัว |
| 6. หลอดไฟ 220 V (อินแคนเด็ดเซนต์) | 1 ตัว |
| 7. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 100 KΩ | 1 ตัว |
| 8. คาปาซิเตอร์ 47 0.1 μF / 600 v | 1 ตัว |
| 9. ตัวต้านทาน 3KΩ ½ w | 1 ตัว |
| 10. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ลำดับขั้นการทดลอง**

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 82




รูปที่ 82

2. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดัน $V_G$, $V_L$ และ $V_C$ โดยกดสวิตซ์เลือกสัญญาณ AC – DC ของสโคปไปที่ตำแหน่ง DC ปรับค่าความต้านทานของ $V_{R1}$ (POT) ไปที่ค่าความต้านทานสูงสุด วัดรูปสัญญาณ และบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณแรงดันที่จุด $V_L$ $V_{A2\text{-}A1}$ โดยปรับสวิตซ์เลือก AC – DC ของสโคปที่ตำแหน่ง AC ในขณะที่ค่าความต้านทานของ $V_{R1}$ (POT) ยังอยู่ที่ค่าความต้านทานสูงสุด วาดรูปสัญญาณที่วัดได้พร้อมอ่านค่าแรงดันลงในตารางที่ 2

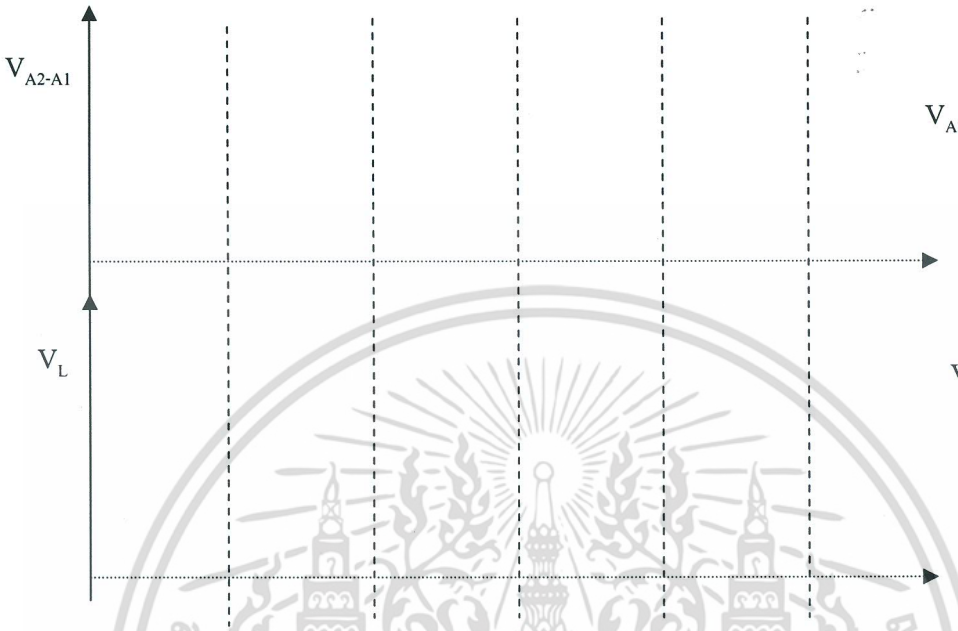
ตารางที่ 2

4. ปรับค่าความต้านทานของ $V_{R1}$ (Pot) ไปที่ค่าความต้านทานต่ำสุด ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปสัญญาณแรงดันที่ $V_G$, $V_L$ และ $V_C$ โดยปรับสวิตซ์เลือกสัญญาณ AC – DC ของสโคปไปที่ $D_C$ วาดรูปสัญญาณพร้อมอ่านค่าที่ได้ลงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณแรงดันที่จุด $V_L$ $V_{A2-A1}$ โดยสวิตซ์เลือกสัญญาณปรับไปที่ AC และค่าความต้านทานของ $V_{R1}$ (Pot) ยังอยู่ที่ค่าความต้านทานต่ำสุด วาดรูปสัญญาณและอ่านค่าที่ได้ลงตารางที่ 4




ตารางที่ 4

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบงานที่ 15

## เรื่อง การควบคุมเฟส-มุม ด้วย ไดแอกและไทรแอก

### วัตถุประสงค์

1. อธิบายการทำงานของวงจรได้
2. สามารถนำไอแอกและไทรแอกไปประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรหรี่ไฟได้

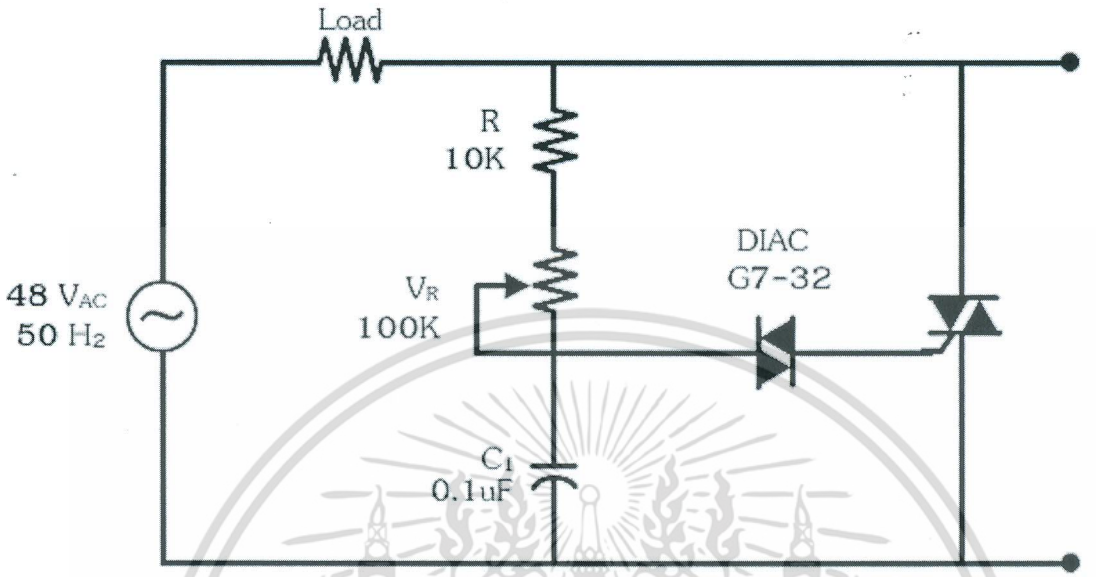
### เครื่องมือและอุปกรณ์

| | |
|---|---|
| 1. เครื่องจ่ายไฟกระแสสลับ | 2 เครื่อง |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |
| 3. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 4. ไทรแอก เบอร์ Q 4010 L4 หรือเบอร์อื่น | 1 ตัว |
| 5. ไดแอก เบอร์ GT – 32 | 1 ตัว |
| 6. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 100K (VR1) อย่างละ | 1 ตัว |
| 7. ตัวต้านทาน 1KΩ และ 10 KΩ อย่างละ | 1 ตัว |
| 8. คาปาซิเตอร์ 0.1 μF | 1 ตัว |
| 9. แผงประกอบวงจรและสายต่อ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ลำดับขั้นการทดลอง**

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 83

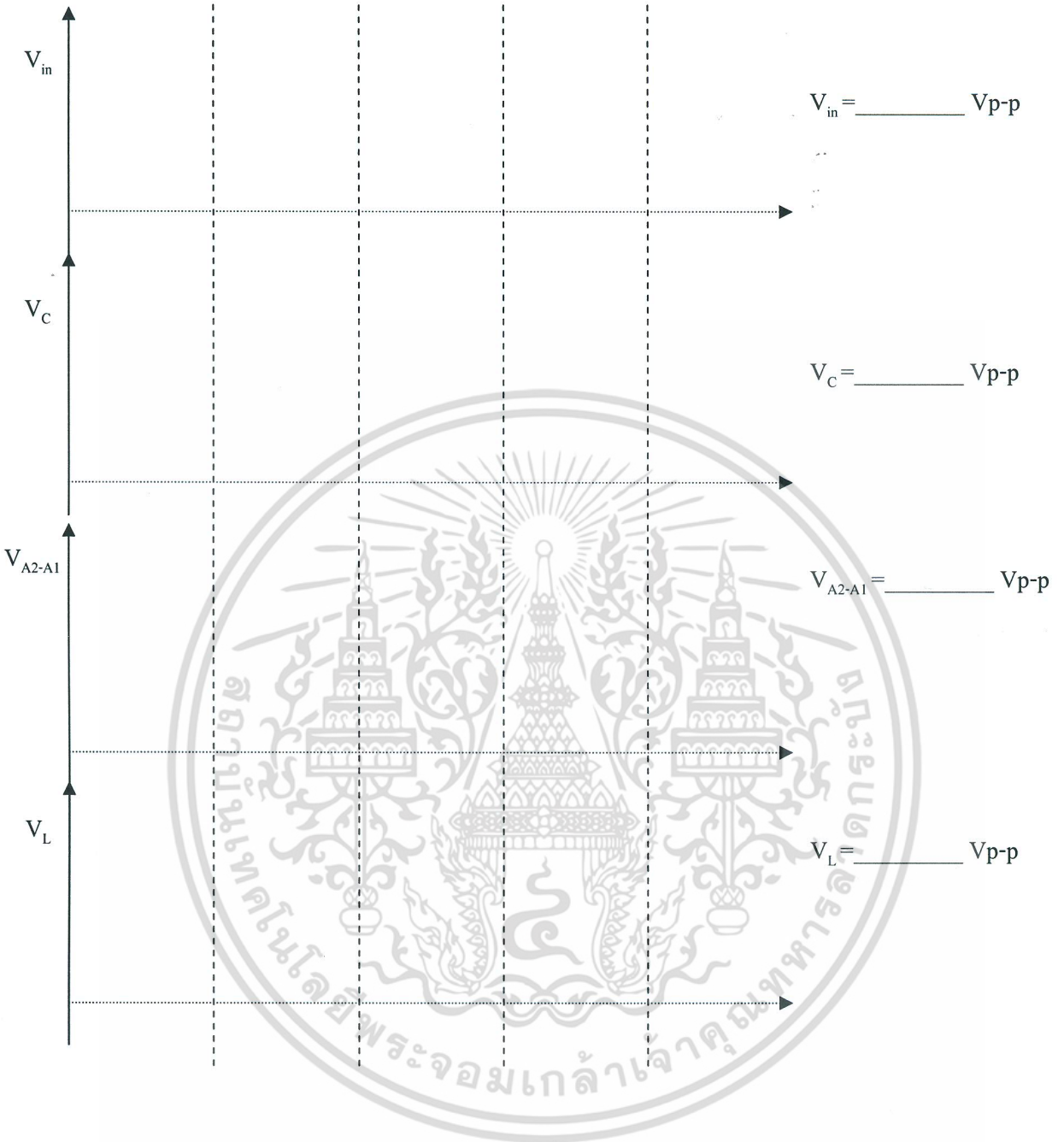



รูปที่ 83

**หมายเหตุ** แหล่งจ่ายแรงดัน 48 $V_{AC}$ ใช้เครื่องจ่ายไฟกระแสสลับ 0 – 24 $V_{AC}$ 2 ชุด ต่อ อนุกรมกัน

2. ปรับ $V_{R1}$ ไปที่ค่าความต้านทานต่ำสุด วัดและวาดรูปสัญญาณ $V_{in}$, $V_L$, $V_{A2\text{-}A1}$ และ $V_C$ ลงในตารางที่ 1 โดยใช้ $V_{in}$ เป็นแรงดันอ้างอิง

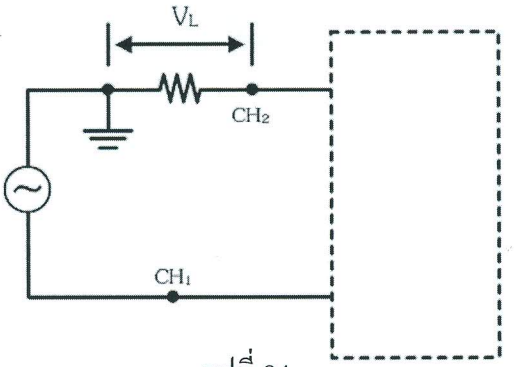
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ตารางที่ 1

**หมายเหตุ** การวัดรูปสัญญาณแรงดัน $V_L$ เปรียบเทียบกับแรงดัน $V_{in}$ โดยใช้ออสซิลโลสโคปนั้นให้ปฏิบัติดังรูปที่ 3 ซึ่งกรณีใช้การวัดแบบปกตินั้น จะทำให้เกิดการลัดวงจรจากสายวัดของออสซิลโลสโคปได้ ส่วนการวัดแรงดัน $V_{in}$ เทียบกับ $V_{A2-A1}$ และ $V_C$ ใช้การวัดแบบปกติ ดังรูปที่ 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 84

3. ค่อย ๆ ปรับ $V_{R1}$ เพิ่มขึ้นพร้อมกับสังเกตการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน $V_L$ เทียบกับแรงดัน $V_{in}$

4. ปรับ VR1 ไว้ที่ค่าความต้านทานมากสุด วัดและวาดรูปสัญญาณ $V_{in}$, $V_L$, $V_{A2-A1}$ และ VC ลงในตารางที่ 2 พร้อมอ่านค่าที่ได้

ตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ค่าแรงดัน $V_C$ =..... โวลต์ที่ทำให้ไทรแอกนำกระแสได้

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน คนที่ 1

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | ผศ. ดร. ศิริรัตน์ เพ็ชร์แสงศรี |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | 9 ตุลาคม พ.ศ. 2507 |
| **สถานที่เกิด** | จังหวัดนนทบุรี |
| **สถานที่อยู่ปัจจุบัน** | 100/386 คุ้มเกล้าซอย 7 ถนนคุ้มเกล้า แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 |
| **ประวัติการศึกษา** | พ.ศ. 2530 สำเร็จการศึกษาหลักสูตร การศึกษาบัณฑิต สาขาการสอนภาษาอังกฤษ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร |
| | พ.ศ. 2537 สำเร็จการศึกษาหลักสูตร ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาโสตทัศนศึกษา จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย |
| | พ.ศ. 2545 สำเร็จการศึกษาหลักสูตร ดุษฎีบัณฑิต (Doctor of Education, Ed.D) สาขา Instructional Design and Technology University of Pittsburgh, PA, USA |
| **ประวัติการทำงาน** | พ.ศ. 2531-2532 ครูสอนภาษาอังกฤษ โรงเรียนยอแซฟอุปถัมภ์ |
| | พ.ศ. 2532-2534 นักวิชาการ 3 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช |
| | พ.ศ. 2534 พนักงานฝ่ายผลิตรายการ ไทยทีวีสีช่อง 3 |
| | พ.ศ. 2538 - ปัจจุบัน อาจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน คนที่ 2

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | รศ. ดร. สุรสิทธิ์ ราตรี |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | 26 ธันวาคม 2503 |
| **สถานที่เกิด** | จังหวัดอุบลราชธานี |
| **สถานที่อยู่ปัจจุบัน** | คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>ถนนฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพฯ |
| **ประวัติการศึกษา** | พ.ศ. 2525 สำเร็จการศึกษาหลักสูตร<br>ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>พ.ศ. 2534 สำเร็จการศึกษาหลักสูตร<br>วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>พ.ศ. 2537 สำเร็จการศึกษาหลักสูตร<br>Doctor of Technical Sciences (Ph.D.)<br>สาขา Telecommunications<br>Warsaw University of Technology , Poland |
| **ประวัติการทำงาน** | พ.ศ. 2530 อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>พ.ศ. 2546 ผู้ช่วยศาตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>พ.ศ. 2550 รองศาตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้