

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน  
เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ**



RCH  
TK  
5102.9  
พ 1980

เลขทหุ.....  
เลขทะเบียน..... 83873  
วัน,เดือน,ปี..... 19 ก.ย. 2551

**ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีงบประมาณ 2546**

**ISBN 974-15-1853-6**

b. 11985968

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**The Development of Computer Assisted Instruction  
in Modulation Techniques**



**DEPARTMENT OF ENGINEERING EDUCATION  
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2003**

**ISBN 974-15-1853-6**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

ผู้ดำเนินการวิจัย : พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

หน่วยงาน : ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีงบประมาณ : 2546

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป และสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 80/80

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ คือ เลือกเนื้อหา วิเคราะห์เนื้อหาเป็นหน่วยย่อย กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ครอบคลุมตามเนื้อหาที่แบ่งไว้ สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำการออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ โดยใช้โปรแกรม Macromedia Authorware และจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม MATLAB นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่อง เมื่อแก้ไขแล้วนำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ตรวจสอบประเมินคุณภาพสื่อ ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาแก้ไขปรับปรุงแล้วนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ มาทดลองหาประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพด้านเนื้อหาเท่ากับ 4.31 และมีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อเท่ากับ 4.49 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดี และมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.60/83.33 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

**Research Title** : The Development of Computer Assisted Instruction in Modulation Techniques.

**Researcher** : Peerawut Suwanjan

**Office** : Department of Engineering Education, Faculty of Industrial Education.  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

**Year** : 2003

### Abstract

The purpose of this research was to develop and seek for effectiveness of The Development of Computer Assisted Instruction in Modulation Techniques. The hypothesis of this study was the subject of The Development of Computer Assisted Instruction in Modulation Techniques conducted based on the good quality and the efficiency criteria of  $E_1/E_2$  more than 80/80.

Twenty students who was the first year form Program in Telecommunication Engineering (Continue 2 years) Department of Engineering Education, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang was selected with simple random sampling method.

The Development of Computer Assisted Instruction in Modulation Techniques was the first lesson content selected. It was divided into sub-topics. The objectives were defined to discover all sub-topics. The learning experiment was constructed learners during and after the learning period. It was designed and developed by Macromedia Authorware and MATLAB. It was tried-out with the non-sample students. After improvement and approved as suggested by contents/media production specialists assessed media. The experiment was conducted and data was analyzed with mean, standard variation and percentage.

The research revealed that The Development of Computer Assisted Instruction in Modulation Techniques met the Quality in contents was equal 4.31 and the Quality in media production was equal 4.49 at Good level and the Efficiency was equal 82.60/83.33 which coincided with the pre-assumption of this research.

## กิตติกรรมประกาศ

ความมุ่งหวังของผู้วิจัยในการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาระบบการเรียนการสอนของภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ผู้วิจัยสามารถดำเนินงานการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพและสำเร็จลุล่วงด้วยดี เพราะผู้วิจัยได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ในโครงการสนับสนุนงานวิจัยที่มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์วิจัยหน้าใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2546 ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาโครงการวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้โอกาสผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในครั้งนี้

โอกาสนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณในความอนุเคราะห์จากกลุ่มตัวอย่างและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการทดลอง ให้คำแนะนำ และประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ด้วยความตั้งใจและเต็มใจ ทำให้ผู้วิจัยได้รับข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยครั้งนี้ได้ ขอขอบคุณ นายดิเรก เม่งเตียน ที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆ นานา จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี อีกทั้งกำลังใจและความช่วยเหลือในการตรวจทานต้นฉบับจากนางพอลดา สุวรรณจันทร์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้แก่ผู้วิจัย

(พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	III
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	IV
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 วิชาหลักการของระบบสื่อสาร	5
2.2 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	7
2.3 โปรแกรมสำหรับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	9
2.4 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	14
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	18
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	18
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	25
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	28
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	33
5.1 สรุปผลการวิจัย	33
5.2 อภิปรายผล	34
5.3 ข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	39
ภาคผนวก ข. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ	44
ภาคผนวก ค. ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ	51

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเนื้อหา ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ	28
4.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ	30
4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ	32



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หน้าต่างและส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Macromedia Authorware	9
2.2 หน้าต่างคำสั่งโปรแกรม MATLAB	10
2.3 การใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์	12
2.4 หน้าต่างเครื่องมือในการสร้างและปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของ handle Graphics objects	13
2.5 ตัวอย่างการใช้ Simulink ของโปรแกรม MATLAB	13
2.6 ตัวอย่างไลบรารีของ Blocksets สำหรับระบบไฟฟ้ากำลัง	14
3.1 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	21
3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ	25

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) กำลังมีบทบาทอย่างกว้างขวางในด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านการศึกษา ซึ่งสามารถนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาในลักษณะต่างๆ ได้แก่ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ระบบสื่อประสม ระบบสารสนเทศ ระบบฐานข้อมูล ระบบปัญญาประดิษฐ์ และระบบอินเทอร์เน็ต เป็นต้น จากผลกระทบของความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ส่งผลให้รูปแบบหรือวิธีการจัดการศึกษาเปลี่ยนแปลงไปจากการจัดการศึกษาในรูปแบบเดิมที่ยึดครูหรือผู้สอนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ ไปเป็นการจัดการศึกษาในลักษณะเป็นระบบเปิดมากขึ้น ส่งเสริมการศึกษาตลอดชีวิต เน้นการศึกษาเป็นรายบุคคล เน้นเทคโนโลยีทางการศึกษา เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง เน้นคุณธรรมและจริยธรรม ส่งเสริมนันทนาการและการพักผ่อนหย่อนใจมากยิ่งขึ้น

ลักษณะการจัดการศึกษาในอนาคต จะเป็นการจัดการศึกษาเน้นที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ในลักษณะของการศึกษารายบุคคล (Individual Study) โดยนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ อันได้แก่เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีการสื่อสาร โทรคมนาคมเข้ามาประยุกต์ใช้ทางการศึกษา ซึ่ง กิดานันท์ มลิทอง ได้กล่าวถึงการจัดการศึกษารายบุคคลว่าเป็นการจัดการศึกษาที่พิจารณาถึงความแตกต่าง ความต้องการ และความสามารถเพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนเรียนรู้ในสิ่งที่ตนสนใจตามกำลังความสามารถของตน ตามวิธีการและสื่อการสอนที่เหมาะสม เพื่อบรรลุถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ และการที่จะสำเร็จได้นั้นย่อมต้องอาศัยการจัดการระบบการจัดการและการวางแผนการสอนที่ดี โดยจัดให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียน มีการจัดเตรียมทรัพยากรคือสื่อการเรียนประเภทต่างๆ ได้แก่ สื่อสิ่งพิมพ์ วัสดุ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิดีโอ เป็นต้น โดยเฉพาะสื่อที่เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนับเป็นสื่อที่กำลังมีบทบาทสำคัญ ทั้งนี้ เนื่องจากข้อได้เปรียบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เหนือกว่าสื่อการเรียนประเภทอื่น ก็คือการเปิดโอกาสให้ผู้มีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับบทเรียนได้ตลอดเวลา

โลกในปัจจุบันได้ก้าวเข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์หรือยุคการสื่อสารไร้พรมแดนไปแล้ว ทุกคนในโลกนี้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตาม เนื่องจากทุกประเทศมีการเชื่อมต่อระบบสื่อสารระหว่างกันอย่างทั่วถึง การผสมสัญญาณ (Modulation) เป็นส่วนสำคัญอย่างมากในระบบสื่อสารโทรคมนาคมไม่ว่าจะเป็นในระบบแอนะล็อกหรือดิจิทัล เพื่อที่จะผสมสัญญาณข้อมูลข่าวสารที่แปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณทาง ไฟฟ้าเข้ากับคลื่นพาหะที่จะนำพาข้อมูลข่าวสารให้เดินทางไปได้ในระยะทางไกลๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ มีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะจะเป็นข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่จะเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจให้กับผู้เรียนที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้สนใจได้ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป
2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 80/80

## 1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ พรเทพ เมืองแมน (2544: 46) มาเป็นกรอบแนวความคิด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน
- ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบบทเรียน
- ขั้นตอนที่ 3 การสร้างบทเรียน
- ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและการแก้ไขบทเรียน

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตการวิจัยดังนี้

### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 85 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์ วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2546 จำนวน 20 คน โดยวิธีการสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก

## 2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

2.2 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

## 3. เนื้อหาวิชา

การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาเรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ วิชา 03311104 หลักการของระบบ การสื่อสาร (Principles of Communication Systems) ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ประกอบด้วย 6 หน่วยดังนี้

หน่วยที่ 1 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ Full AM

หน่วยที่ 2 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ DSB-SC

หน่วยที่ 3 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ SSB

หน่วยที่ 4 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบบแคบ

หน่วยที่ 5 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบบกว้าง

หน่วยที่ 6 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ PM

## 1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง โปรแกรมบทเรียนที่มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนและจำลองสถานการณ์ เพื่อสร้างกิจกรรมในการเรียนรู้ให้กับนักศึกษาจนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยที่นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง นอกเหนือจากการเรียนตามปกติในชั้นเรียน

2. เทคนิคการผสมสัญญาณ หมายถึง เทคนิควิธีการผสมสัญญาณข้อมูลข่าวสารเข้ากับคลื่นพาห์ เพื่อส่งสัญญาณข้อมูลข่าวสารไปในระยะทางไกลๆ โดยใช้ฟรีสแปซเป็นสื่อกลาง

3. คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชาและเทคนิคการผลิตสื่อ

4. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง อัตราส่วนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย และร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบรวมหลังการเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ ในการเรียนเนื้อหาบทเรียน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์ไว้ คือ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80

80 ตัวแรก ( $E_1$ ) หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่นักศึกษาตอบถูก จากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้รวมกัน

80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่นักศึกษาตอบถูก จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนครบทุกหน่วย

5. แบบฝึกหัด หมายถึง แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

6. แบบทดสอบ หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎี บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ใช้แบบทดสอบรวมหลังจากการเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้

7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแยกรายละเอียดได้เป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- 2.1 วิชาหลักการของระบบสื่อสาร
- 2.2 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3 โปรแกรมการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.4 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 วิชาหลักการของระบบสื่อสาร

วิชาหลักการของระบบสื่อสาร (Principles of Communication Systems) รหัสวิชา 03311104 มีจำนวนหน่วยกิต 3 (3-0) เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้เวลาในการบรรยายสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 16 สัปดาห์/ภาคการศึกษา โดยมีคำอธิบายรายวิชากำหนดให้นักศึกษาได้ศึกษาดังนี้ คือ การวิเคราะห์และสังเคราะห์รูปสัญญาณ การแปลงสัญญาณโดยวิธีการทางฟูรีเยร์ และการประยุกต์ใช้งาน การส่งสัญญาณและการกรองสัญญาณ ความน่าจะเป็น ทฤษฎีการสุ่ม ความหนาแน่นของแถบกำลังงาน กำลังเฉลี่ย การคอรีรีเรชั่น สัญญาณรบกวน การมอดูเลชันแบบต่างๆ การดีมอดูเลชัน การมัลติเพล็กซ์ การเข้ารหัสเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในสัญญาณ ตัวอย่างระบบการสื่อสารสมัยใหม่ (สำนักทะเบียนและประมวลผล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545 : 143)

แบ่งหน่วยการสอนจากสังเขปรายวิชาออกเป็น 11 หน่วยการสอนได้ดังนี้

- บทที่ 1 หลักการสื่อสารโดยทั่วไป
- บทที่ 2 การวิเคราะห์และสังเคราะห์รูปสัญญาณ
- บทที่ 3 การส่งผ่านสัญญาณในระบบเชิงเส้น
- บทที่ 4 ความน่าจะเป็นและตัวแปรแรมดัม
- บทที่ 5 สัญญาณแรมดัมและสัญญาณรบกวน
- บทที่ 6 การมอดูเลตทางแอมป์ลิจูด
- บทที่ 7 การมอดูเลตทางมุม
- บทที่ 8 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างและการมอดูเลตโดยใช้พัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บทที่ 9 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณ  
 บทที่ 10 การเข้ารหัสสัญญาณดิจิทัล  
 บทที่ 11 ตัวอย่างระบบการสื่อสารสมัยใหม่

ผู้วิจัยได้นำเนื้อหาบางส่วนจากหน่วยการสอนวิชาหลักการระบบสื่อสารบทที่ 6 และบทที่ 7 มาจัดทำเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจถึงระบบการสื่อสารแอนะล็อก โดยได้แบ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ออกเป็น 6 หน่วย ดังนี้

- หน่วยที่ 1 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ Full AM  
 หน่วยที่ 2 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ DSB-SC  
 หน่วยที่ 3 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ SSB  
 หน่วยที่ 4 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบนด์แคบ  
 หน่วยที่ 5 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบนด์กว้าง  
 หน่วยที่ 6 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ PM

ผู้วิจัยได้แบ่งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหน่วยได้ ดังนี้

- หน่วยที่ 1 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ Full AM
1. สามารถอธิบายหลักการของการมอดูเลตแบบ Full AM ได้
  2. สามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตได้
  3. สามารถอธิบายหลักการผลิตคลื่น Full AM ได้
  4. สามารถอธิบายหลักการของการดีมอดูเลตคลื่น Full AM ได้
- หน่วยที่ 2 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ DSB-SC
1. สามารถอธิบายหลักการของการมอดูเลตแบบ DSB-SC ได้
  2. สามารถอธิบายหลักการผลิตคลื่น DSB-SC ได้
  3. สามารถอธิบายหลักการของ Coherent detection of DSB-SC ได้

- หน่วยที่ 3 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ SSB
1. สามารถอธิบายหลักการของการมอดูเลตแบบ SSB ได้
  2. สามารถอธิบายหลักการผลิตคลื่น SSB ได้
  3. สามารถอธิบายหลักการของการดีมอดูเลตคลื่น SSB ได้

- หน่วยที่ 4 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบนด์แคบ
1. สามารถอธิบายทฤษฎีเบื้องต้นของการมอดูเลตเชิงมุมได้
  2. สามารถอธิบายหลักการของ FM แบนด์แคบได้
  3. สามารถอธิบายคลื่น FM ความถี่เดียวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 3. สามารถอธิบายคลื่น FM ความถี่เดียวได้ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน่วยที่ 5 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบนด์กว้าง

1. สามารถอธิบายหลักการของ FM แบนด์กว้างได้
2. สามารถวิเคราะห์หาแบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่งคลื่น FM ได้
3. สามารถอธิบายวิธีการผลิตคลื่น FM ได้
4. สามารถอธิบายวิธีการดีมอดูเลตคลื่น FM ได้

## หน่วยที่ 6 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ PM

1. สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการมอดูเลตแบบ FM และ PM ได้
2. สามารถอธิบายดัชนีการมอดูเลตของสัญญาณ FM และ PM ได้

## 2.2 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ผู้วิจัยได้  
คัดแปลงมาจากแนวคิดในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของพรเทพ เมืองแมน (2544 : 46)  
ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน
- ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบบทเรียน
- ขั้นตอนที่ 3 การสร้างบทเรียน
- ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและแก้ไขบทเรียน

### 1. การวางแผน

ในการวางแผนเพื่อการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น มีส่วนต้องนำมาพิจารณา 3  
ประการ ดังนี้

- 1.1 การวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา และผู้เรียน เพื่อให้ได้มาซึ่งโครงสร้างเนื้อหา  
วัตถุประสงค์ของบทเรียน และความต้องการของผู้เรียน
- 1.2 การกำหนดวัตถุประสงค์ของบทเรียน เป็นการระบุสิ่งที่คาดว่าผู้เรียนจะได้รับหลังจาก  
การเรียนบทเรียน
- 1.3 การกำหนดเนื้อหากิจกรรมการเรียน โดยเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมกับลักษณะเนื้อหา  
บทเรียน และความรู้หรือทักษะที่ต้องการจะให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน

### 2. การออกแบบบทเรียน

หลังจากที่ได้ศึกษา วิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา ผู้เรียน และได้กำหนดวัตถุประสงค์ รวมทั้ง  
กิจกรรมการเรียนแล้ว จึงนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบบทเรียน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 2.1 การออกแบบบทเรียนขั้นแรก โดยการจัดแบ่งเนื้อหาของบทเรียนออกเป็นหน่วยย่อยๆ  
และจัดลำดับของเนื้อหา เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ตามธรรมชาติของเนื้อหาบทเรียน แล้วจึง  
กำหนดเป็นโครงสร้างบทเรียน

เอกสารฉบับนี้เป็นการให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเขียนผังงาน โดยการเขียนผังแสดงความสัมพันธ์ของเนื้อหาบทเรียน กิจกรรมการฝึก การประเมินผลการเรียน เป็นต้น เพื่อแสดงให้เห็น โครงสร้างรวมทั้งความสัมพันธ์ของกิจกรรมที่ต้อง นำเสนอในบทเรียน เป็นการอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงานของ โปรแกรม

2.3 การสร้างสตอรี่บอร์ด เป็นขั้นตอนการออกแบบการนำเสนอเนื้อหา ทั้งที่เป็นข้อความ กราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว โดยการออกแบบลักษณะของจอภาพที่ผู้เรียนจะให้เห็นบนหน้าจอ คอมพิวเตอร์ เพียงแต่สตอรี่บอร์ดเป็นการออกแบบลงบนกระดาษ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการสร้าง สตอรี่บอร์ดสำหรับการผลิตสไลด์หรือโทรทัศน์นั่นเอง

### 3. การสร้างบทเรียน

เป็นขั้นตอนของการดำเนินการสร้างบทเรียน โดยการแปลงบทหรือสตอรี่บอร์ดให้เป็น บทเรียนที่จะสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 การสร้างบทเรียน โดยใช้ภาษาหรือโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับสร้างบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งมีให้เลือกหลายโปรแกรม เช่น Authorware Professional, Multimedia Toolbook หรือ Director เป็นต้น

3.2 การผลิตเอกสารประกอบการเรียน เอกสารประกอบบทเรียนเป็นสิ่งจำเป็นเพราะจะ เป็นการช่วยให้ผู้สอน หรือผู้เรียนสามารถนำบทเรียนไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเอกสารอาจจะ เป็นลักษณะของคำแนะนำการใช้บทเรียน คู่มือสำหรับผู้สอน คู่มือสำหรับผู้เรียน ใบงานหรือ แบบฝึกหัด เป็นต้น เพื่อให้การใช้บทเรียนเกิดประสิทธิภาพสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

### 4. การประเมินและแก้ไขบทเรียน

การประเมินและแก้ไขบทเรียนจะกระทำเมื่อต้องการทราบประสิทธิภาพของบทเรียนที่ได้ จัดทำขึ้น ก่อนจะนำไปใช้งาน

การออกแบบสถานการณ์จำลอง เพื่อให้สถานการณ์จำลองเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนมากที่สุด นั้น มีหลายขั้นตอนที่ต้องคำนึงถึง สำหรับแนวทางการออกแบบนั้นจะต้องคำนึงถึงเป้าหมายของการ เรียนและการฝึกหัดที่ผู้เรียนต้องกระทำกับสถานการณ์จำลองนั้นๆ Trueiker ได้ให้ขั้นตอนในการ ออกแบบการจำลองสถานการณ์ในการเรียนไว้ 13 ประการ ตามลำดับต่อไปนี้

1. กำหนดปัญหาต่างๆ ในการเรียนการสอนปกติว่ามีอะไรบ้าง
2. แยกรายละเอียดส่วนย่อยของระบบการดำเนินการเรียนการสอน
3. พิจารณาการดำเนินการเรียนการสอน ว่ามีส่วนใดเกี่ยวข้องกับปัญหาต่างๆที่กำหนด
4. ตั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในส่วนของบทเรียนนั้นๆ
5. สร้างเกณฑ์สำหรับการวัดผล
6. เลือกส่วนที่จะจำลองสถานการณ์
7. เลือกรูปแบบของการจำลองสถานการณ์ที่ต้องการสร้าง

เอกสารนี้เป็น 8. พัฒนารายละเอียดต่างๆ ของประสบการณ์จำลองนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. พัฒนาระบบการจำลองสถานการณ์ต้นแบบ
10. ทดลองระบบการจำลองสถานการณ์ต้นแบบที่สร้างกับกลุ่มย่อย
11. แก้ไขปรับปรุงระบบการจำลองสถานการณ์ต้นแบบ
12. นำต้นแบบที่แก้ไขแล้วไปทดลองภาคสนาม
13. ทำการปรับปรุงระบบจำลองสถานการณ์ให้ดียิ่งขึ้นต่อไปจากข้อมูลการทดลองภาคสนามนั้น (ทัศนัย แสนพลพัฒน์ 2542: 16-17)

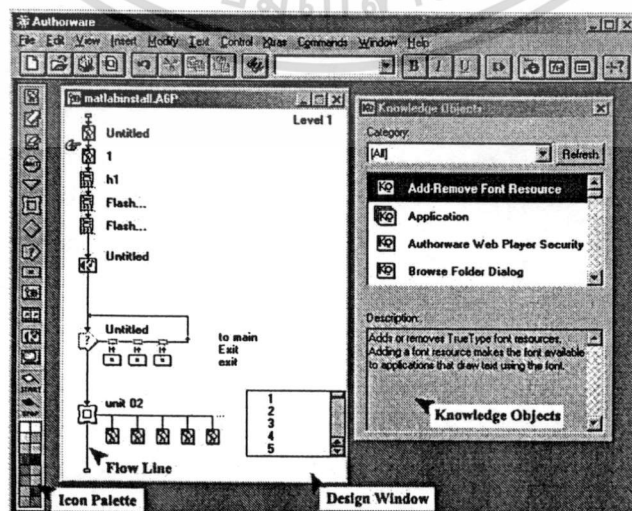
## 2.3 โปรแกรมสำหรับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 2.3.1 โปรแกรม Macromedia Authorware

มานิตย์ กริ่งรัมย์ (2544: 1-3) ได้กล่าวว่า โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมสำหรับการสร้างบทเรียน เพื่อช่วยในการเรียนการสอน การฝึกอบรมและการนำเสนอข้อมูล การทำงานของโปรแกรมจะมีลักษณะการทำงานแบบแผนผัง โดยผู้สร้างจะกำหนดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมด้วยการลากไอคอนมาวางและกำหนดค่าให้ทำงานตามต้องการ ไม่จำเป็นต้องเขียนโปรแกรม ไม่ต้องมีพื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์มากนัก สามารถสร้างโปรแกรมได้ไม่ยาก

หน้าจอของโปรแกรม Macromedia Authorware ประกอบด้วยส่วนหลักๆ 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. Icon Palette แถบ ไอคอน เราสามารถจะนำไอคอนบนแถบเหล่านี้ไปวางบนโฟลว์ไลน์ใน Design Windows
2. Design Windows เป็นหน้าจอสำหรับวางไอคอนต่างๆ โดยมีการกำหนดลำดับขั้นตอนลักษณะการทำงานของไอคอนแต่ละตัว เพื่อสร้างเป็น โปรแกรมให้ทำงานตามต้องการ
3. Flow Line เส้นสำหรับวางไอคอนเพื่อให้ทำงานตามลำดับ
4. Knowledge Objects เป็นกลุ่ม ไอคอนสำเร็จรูปที่โปรแกรมจัดเตรียมไว้สำหรับการสร้างงานแบบต่างๆ



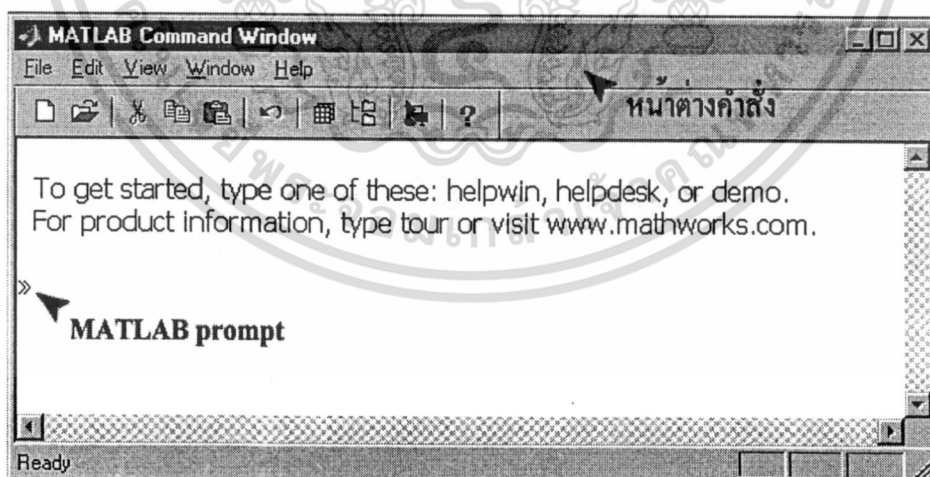
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์และเจ้าของเนื้อหา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 2.1 หน้าต่างและส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Macromedia Authorware  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 โปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High-level Language) สำหรับการคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วย การคำนวณเชิงตัวเลข กราฟฟิกที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพจนได้ง่ายและชัดเจนชื่อของ MATLAB ย่อมาจาก matrix laboratory เดิมโปรแกรม MATLAB ได้เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณทาง matrix หรือเป็น matrix software ที่พัฒนาจาก โปรเจ็กที่ชื่อ LINKPACK และ EISPACK

MATLAB ได้พัฒนามาด้วยการแก้ปัญหาที่ส่งมาจากหลายๆ ผู้ใช้เป็นระยะเวลาหลายปีจึงทำให้โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันต่างๆ ให้เลือกใช้มากมาย ในบางมหาวิทยาลัยได้ใช้โปรแกรม MATLAB เป็นหลักสูตรพื้นฐานในการศึกษาทางด้านคณิตศาสตร์ วิศวกรรม และวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆ ตลอดจนในด้านอุตสาหกรรมได้ใช้โปรแกรม MATLAB เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในงานวิจัย พัฒนาและวิเคราะห์

โปรแกรม MATLAB จะมีกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบเรียกว่า Toolbox โดยโปรแกรม MATLAB จะมี Toolbox ในแต่ละสาขา เช่น การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing Toolbox) การประมวลผลภาพ (Image Processing Toolbox) การติดต่อสื่อสาร (Communication Toolbox) ระบบควบคุม (Control System Toolbox) โครงข่ายประสาท (Neural Networks Toolbox) ฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic Toolbox) เวฟเลต (Wavelet Toolbox) สถิติ (Statistics Toolbox) และสาขาอื่นๆ มากมาย ภายใน Toolbox แต่ละสาขาก็จะมีฟังก์ชันต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสาขานั้นๆ ให้เลือกใช้งานเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 2.2 หน้าต่างคำสั่งโปรแกรม MATLAB

ลักษณะเด่นที่ง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม MATLAB ดังนี้คือ

1. มีฟังก์ชันคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้ในการคำนวณมากมายตลอดจนเราสามารถสร้างเอกฟังก์ชันขึ้นมาใช้งานได้เองในสาขาที่ต้องการ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Algorithm พัฒนาได้ง่ายไม่ยุ่งยาก สามารถแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ง่ายและรวดเร็วกว่าภาษาอื่น เช่น C Fortran Basic เป็นต้น

3. มีโครงสร้างแบบจำลอง (Simulink) ซึ่งเป็น Package ที่เรานำไปสร้าง บล็อกไดอะแกรมเพื่อใช้ทดสอบ และประเมินผลระบบ Dynamic ต่างๆ ก่อนนำไปใช้งาน

4. สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว

5. นำไปใช้ในงานด้านกราฟิกได้เป็นอย่างดี ทั้งในด้านการแสดงภาพตั้งแต่สองมิติที่เป็น Rectangular, Polar, Stair, Bar รวมทั้งภาพสามมิติในรูปแบบพื้นผิว (Surface) และระดับสูงต่ำ (Contour) ตลอดจนสามารถนำภาพมาต่อกัน และเก็บไว้เพื่อที่จะสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหวได้ อีกด้วย

6. ประยุกต์ใช้ในการสร้างรูปแบบ Graphical User Interface ได้โดยการเลือกใช้ Object และเมนูต่างๆ โดยโปรแกรม MATLAB จะมีเครื่องมือให้เลือกใช้ เช่น เมนู รายการ ปุ่มกด และ Fields Object ต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ในการทำงานปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

7. ทำการประมวลผลร่วมกับโปรแกรมอื่นได้ เช่น Fortran, Borland C/C++, Microsoft Visual C++ และ Watcom C/C++ ด้วยการเขียนฟังก์ชันที่เป็น mex ไฟล์โดยโปรแกรม MATLAB จะเรียกใช้รูทีนจากโปรแกรมภาษา C และ Fortran

8. โปรแกรม MATLAB เป็นระบบ Interactive ซึ่งเป็นส่วนของข้อมูลพื้นฐานเป็นอาร์เรย์ที่ไม่ต้องการมิติ ทำให้โปรแกรม MATLAB สามารถทำการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ต่างๆ ได้ ใช้เวลาในการประมวลผลน้อย และดีกว่าโปรแกรมภาษา C และ Fortran

โครงสร้างของโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วย 5 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ภาษาโปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นโปรแกรมภาษาขั้นสูงที่ใช้ควบคุม Flow Statements ฟังก์ชัน โครงสร้างข้อมูลอินพุท/เอาต์พุท และลักษณะ โปรแกรม Object-Oriented Programming ทำให้ การเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่นๆ เช่น C, Fortran, Basic เป็นต้น

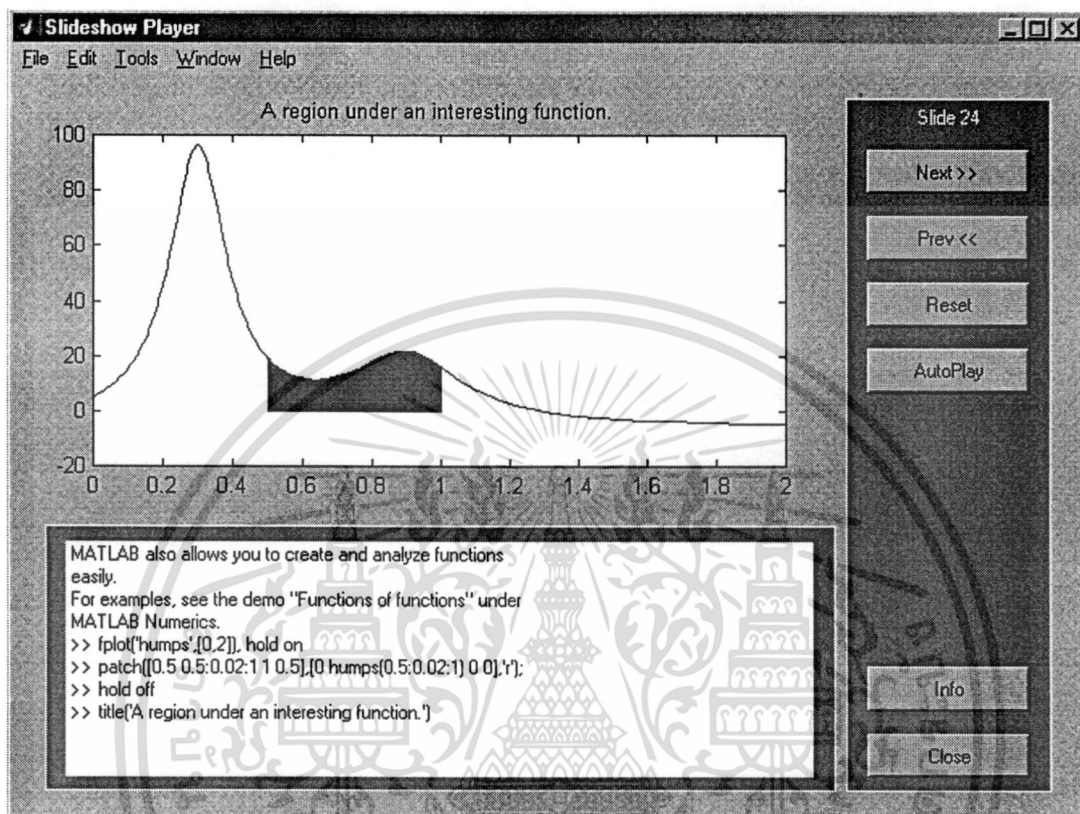
2. สถาปัตยกรรมในการทำงานของ MATLAB

MATLAB จะมีกลุ่มของเครื่องมือที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำงานของผู้ใช้โปรแกรม หรือ โปรแกรมเมอร์ประโยชน์ที่กล่าวนี้ คือการจัดการตัวแปรใน Workspace การนำ ข้อมูลหรือการผ่านค่าตัวแปรเข้า/ออก และกลุ่มของเครื่องมือต่างๆ นี้ก็จะใช้สำหรับพัฒนา จัดการ ตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม (Debugging) ที่ได้เขียนขึ้น

3. ฟังก์ชันในการคำนวณทางคณิตศาสตร์

MATLAB จะมีไลบรารีทั่วไปที่ใช้คำนวณอย่างกว้าง เช่น Sine, Cosine และพีชคณิตเชิงซ้อน โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นฟังก์ชันหรือไลบรารีเพิ่มเติมจากไลบรารีที่ใช้กันโดยทั่วไป เช่น ฟังก์ชันในการหา Eigenvalues และ Eigenvectors การแยกตัวประกอบและส่วนประกอบของค่า ไม่ว่าจะเป็นโดยทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตริกซ์ด้วยวิธีการต่างๆ การวิเคราะห์ข้อมูล การหาความน่าจะเป็น และการแก้ปัญหาของระบบสมการเชิงเส้นที่เป็นพื้นฐานของสาขาวิชาต่างๆ เป็นต้น ทำให้โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันสำหรับใช้งานค่อนข้างจะมากและครอบคลุมในรายละเอียดของการคำนวณในสาขาวิชาต่างๆ ได้มากขึ้น



รูปที่ 2.3 การใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์

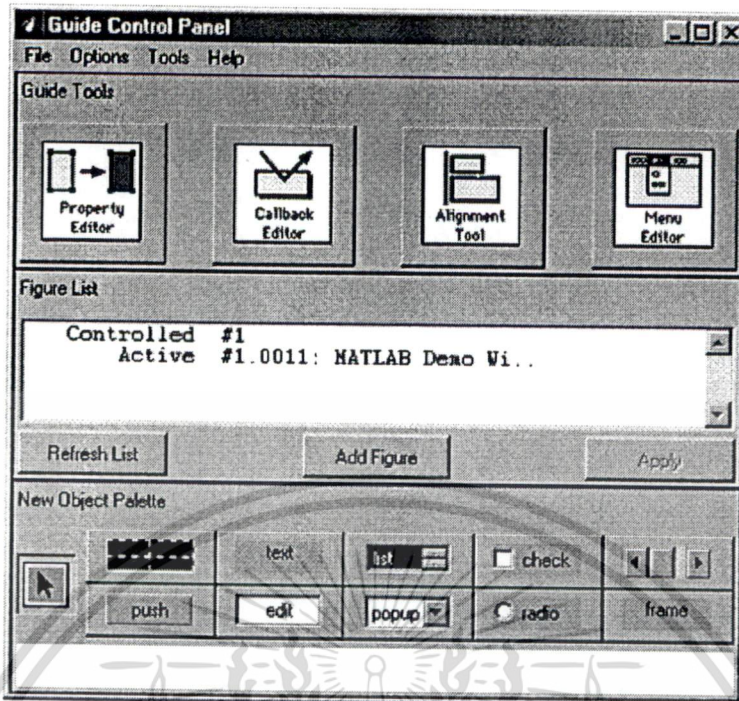
#### 4. Handle Graphics

ระบบกราฟิกของ MATLAB จะประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงสำหรับการพล็อตกราฟโดยมีพื้นฐานอยู่บนแนวความคิดที่ว่าทุกๆ สิ่งบนหน้าต่างรูปภาพของโปรแกรม MATLAB จะเป็นวัตถุ (Object) ซึ่งมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว Handle Graphics ประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงให้คุณได้เลือกใช้ในการสร้าง Graphic User Interface บนพื้นฐานการประยุกต์ใช้งานของคุณ นอกจากนี้โปรแกรม MATLAB ยังมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการแสดงภาพสองมิติ ภาพสามมิติและการสร้างภาพเคลื่อนไหว

#### 5. The MATLAB Application Program Interface (API)

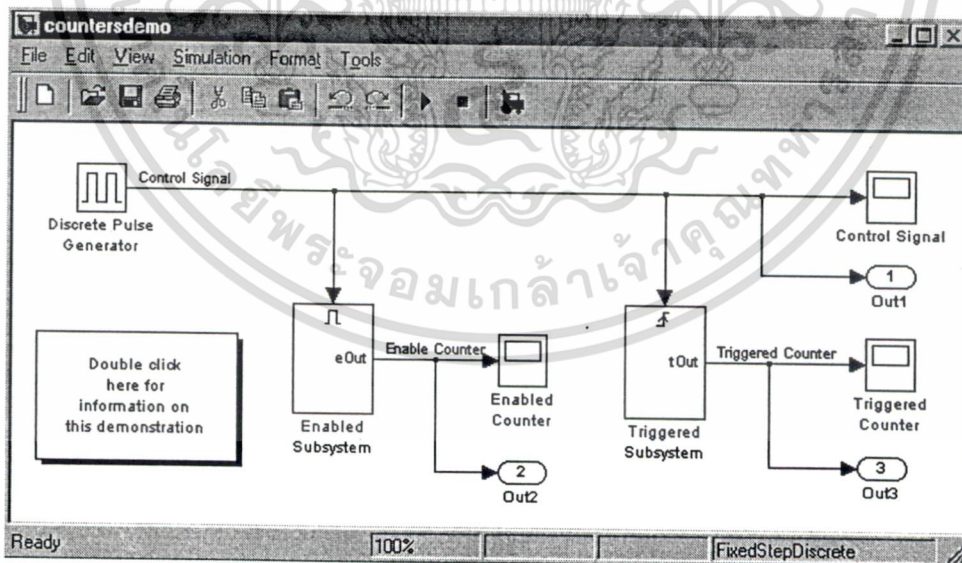
API จะใช้เพื่อสนับสนุนการติดต่อจากภายนอกโดยใช้โปรแกรมที่เป็น mex ไฟล์ซึ่งเป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นโดยใช้ mex ฟังก์ชันใน MATLAB ซึ่งจะเรียกรูทีนจากโปรแกรมจากภาษา C และ Fortran ที่มีการเชื่อมต่อกับโปรแกรม MATLAB ด้วยไฟล์ที่เป็น mex ฟังก์ชันอีกทั้ง MATLAB API นี้ยังมีความสามารถสำหรับการเรียก Routine จาก MATLAB (Dynamic Linking) ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 หน้าต่างเครื่องมือในการสร้างและปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของ handle Graphics objects

นอกจากลักษณะเด่นของโปรแกรม MATLAB ทั้ง 5 ข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว โปรแกรม MATLAB ยังมีเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และทดสอบระบบโดยการจำลองขึ้นมา ซึ่งก็คือ Simulink

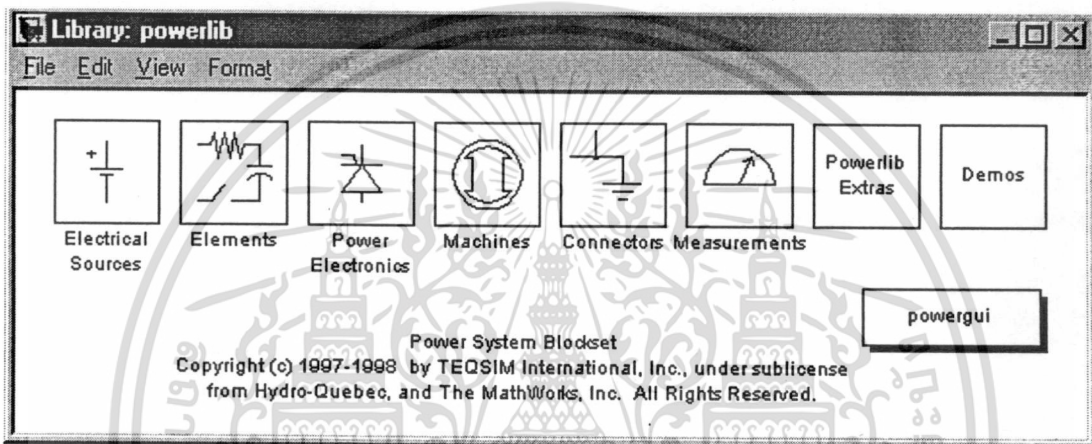


รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการใช้ Simulink ของโปรแกรม MATLAB

Simulink เป็นโปรแกรมที่ควบคู่กับ MATLAB ซึ่งเป็นระบบ Interactive สำหรับการจำลองและวิเคราะห์ระบบไดนามิกต่างๆ ที่เป็นระบบเชิงเส้น (Linear) ระบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) Simulink เป็นโปรแกรม Mouse-driver ที่ให้คุณใช้ระบบโมเดลโดยการวาดบล็อกไดอะแกรมขึ้นมา ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จอภาพด้วยการใช้เมาส์ทำให้โปรแกรม MATLAB สามารถทำการจำลองระบบได้หลายรูปแบบ เช่น เชิงเส้น (Linear) ไม่เชิงเส้น (Nonlinear) เวลาต่อเนื่อง (Continuous-time) เวลาไม่ต่อเนื่อง (Discrete-time) และระบบหลายอัตรา (Multirate) ซึ่งแต่ละรูปแบบที่นำมาสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์นี้ ผู้ใช้ ต้องมีความเข้าใจพื้นฐานการทำงานของบล็อกแต่ละบล็อกได้เป็นอย่างดีตลอดจนเข้าใจระบบโดยรวมของงานที่จะกระทำด้วย

Blocksets เป็นสิ่งที่เพิ่มเติมใน Simulink โดยจะเป็นไลบรารีของบล็อกสำหรับการประยุกต์โดยเฉพาะ เช่น การติดต่อสื่อสาร (Communications) การประมวลผลข้อมูล (Signal Processing) และระบบไฟฟ้ากำลัง (Power Systems)



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างไลบรารีของ Blocksets สำหรับระบบไฟฟ้ากำลัง

Real-time Workshop เป็น โปรแกรมที่ให้ผู้ใช้สร้าง C Code จากบล็อกไดอะแกรมของคุณ และสามารถกระทำกับบล็อกไดอะแกรมใดหลากหลายด้วยระบบเวลาจริง (Real-time Systems) (มนัส สัจวรศิลป์ และวรรธน์ ภัทรอมรกุล.2543.17-20)

## 2.4 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 2.4.1 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของบทเรียน

อารีย์ มีมุงกิจ (2541: 33) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของบทเรียนถือได้ว่าเป็น ขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งเพื่อที่จะรับประกันว่าบทเรียนมีคุณภาพจริง โดยการนำบทเรียนที่สร้างขึ้น ไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายขนาดต่างๆ ตามลำดับขั้นได้แก่

1. การทดลองใช้ในชั้นหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Testing) เป็นการศึกษาข้อบกพร่องที่ควรแก้ไขในด้านสำนวนภาษา กราฟิกที่ใช้ ความเหมาะสมของระยะเวลาที่กำหนดในบทเรียนและ ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดลองในชั้นทดลองกับกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) เป็นการศึกษาถึงความเหมาะสมของบทเรียนในด้านต่างๆ เช่น การใช้ภาษาในบทเรียนนักเรียนในกลุ่มเล็กมีความเข้าใจที่ตรงกันหรือไม่ ภาษาที่ใช้มีความคลุมเครือหรือไม่ ระยะเวลาที่กำหนดไว้เหมาะสมหรือไม่ ผลเป็นอย่างไร เมื่อนำผลการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและผลการสอบหลังจากเรียนไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพแล้ว ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ นำข้อมูลที่ได้ในชั้นตอนนี้ไปปรับปรุงแก้ไขในบทเรียนต่อไป

3. การทดลองในชั้นทดลองกับกลุ่มใหญ่ (Field Testing) เพื่อนำผลการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน และผลการสอบหลังจากเรียน ไปวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน

#### 2.4.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียน

ระดับประสิทธิภาพของบทเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะพึงพอใจว่า หากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนี้แล้ว แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปใช้งาน การที่จะกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น กระทำโดยการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และ E2 (ประสิทธิภาพผลลัพธ์) ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นที่พอใจ โดยกำหนดเกณฑ์ผู้สอนเป็นค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน การกำหนดเกณฑ์ผู้สอนเป็นผู้พิจารณา โดยปกติเนื้อหาที่เกี่ยวกับความรู้ความจำมักตั้งไว้ที่ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติอาจตั้งไว้ 70/70 หรือ 75/75

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนนิยมกำหนดเป็น 80/80 สำหรับเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้ความจำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 2.5$  (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2521: 136)

#### 2.4.3 การคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้สูตร E1/E2 ผู้วิจัยใช้วิธีการหาประสิทธิภาพของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2534: 491) โดยกำหนดเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ ซึ่งใช้องค์ประกอบ 2 อย่าง คือ กระบวนการ และผลลัพธ์

E1 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการที่ได้จากการทำแบบทดสอบ/แบบฝึกหัดประกอบกิจกรรมของผู้เรียน

E2 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงในตัวผู้เรียนหลัง การเรียน) โดยได้จากคะแนนทดสอบเป็นร้อยละหลังเรียน ได้ถูกต้อง

$$E_1 = \left\{ \frac{\sum X/N}{A} \right\} \times 100 \quad (2.1)$$

- เมื่อ  $E_1$  หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ  
 $\sum X$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดท้ายระหว่างเรียน  
 $A$  หมายถึง คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย  
 $N$  หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

$$E_2 = \left\{ \frac{\sum F/N}{B} \right\} \times 100 \quad (2.2)$$

- เมื่อ  $E_2$  หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  
 $\sum F$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน  
 $B$  หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน  
 $N$  หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการประเมินประสิทธิภาพของ โปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง ของชัยยงค์ พรหมวงศ์ โดยกำหนดเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้เบื้องต้นคือ 80/80

80 หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่นักศึกษาตอบถูก จากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้รวมกัน

80 หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่นักศึกษาตอบถูก จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนครบทุกหน่วย

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยที่เกี่ยวกับ โปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่องการ มอดูเลต และดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นยังไม่มีงานวิจัยใดๆ จัดทำขึ้น ส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เช่น

สุรพล ดีข้า (2545 : 115) ได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน เรื่องระบบปฏิบัติการ และซอฟต์แวร์ระบบ พร้อมทั้งหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน เรื่องระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน เรื่อง ระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ระบบ แบบทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามหาความพึงพอใจของผู้เรียน โดยใช้กลุ่ม ตัวอย่างเป็นนัก

เอกสารนี้เผยแพร่ทางเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ จังหวัดปทุมธานี โดยไม่คิดค่า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จำนวน 31 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียน คอมพิวเตอร์การสอนที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพ 85.71/89.19 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 อยู่ในระดับค่อนข้างมาก

จำลอง ศรีสง่า (2546 : 61-63) ได้วิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องทฤษฎีลอจิกเกต วิชาดิจิทัลเบื้องต้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ทฤษฎีลอจิกเกต วิชาดิจิทัลเบื้องต้น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่ลงทะเบียนเรียน วิชาดิจิทัลเบื้องต้น จำนวน 30 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยเมื่อผู้เรียนเรียนจบแต่ละหน่วยเรียนให้ทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน รวม 3 หน่วยเรียน จำนวน 60 ข้อ เมื่อเรียนจบครบทุกหน่วยเรียนแล้วให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนรวม จำนวน 60 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.00/82.39 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด E1/E2 ไว้ ไม่น้อยกว่า 80/80

กอบชัย สิริพงษ์คี (2546 : 42 -46) ได้วิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย โปรแกรม Protel กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการควบคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยนักศึกษาเรียนด้วยตนเอง และทำหน่วยการทดลองให้ทำแบบทดสอบหลังของหน่วยการทดลอง เมื่อปฏิบัติการเรียนครบทุกหน่วยการทดลองแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง จำนวน 30 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel มีค่า E1/E2 เท่ากับ 80.44/82.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา หาคคุณภาพ และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 85 คน

##### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 20 คน โดยวิธีการสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก

#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนาประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ
2. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และแบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้ มีจำนวน 30 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาบทเรียนโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากเอกสาร ตำราและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คู่มือการใช้โปรแกรม Macromedia Authorware, MATLAB

2. ศึกษาหลักสูตรและวิเคราะห์เนื้อหาที่จะนำมาเสนอในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิชาหลักการของระบบสื่อสาร รหัสวิชา 03311104 เรื่องการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก แล้วทำการวิเคราะห์เนื้อหาเป็นหน่วยย่อย จำนวน 6 หน่วย และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 1 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ Full AM

หน่วยที่ 2 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ DSB-SC

หน่วยที่ 3 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ SSB

หน่วยที่ 4 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบนด์แคป

หน่วยที่ 5 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบนด์กว้าง

หน่วยที่ 6 การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ PM

3. ออกแบบหน้าจอ เขียนสตอรี่บอร์ด และพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ทั้ง 6 หน่วยย่อย โดยคำนึงถึงหลักการจัดกิจกรรมขณะเรียน เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน โดยใช้โปรแกรม Macromedia Authorware และ โปรแกรม MATLAB

4. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่แก้ไขปรับปรุงเสร็จเสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เพื่อประเมินคุณภาพบทเรียน มีรายนามต่อไปนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1. รศ.จิระศักดิ์ ชาญวุฒิชัยธรรม รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนาครเหนือ

2. ผศ.ดร.คำรณ ศรีน้อย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3. ผศ.ดร.พิเชฐ ม่วงนวล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ได้ให้ข้อเสนอแนะดังนี้

1) ควรแก้ไขสมการ (ตัวแปร) ให้ถูกต้องเหมือนกันทั้งบทเรียน

2) ควรเพิ่มลักษณะการบรรยายด้วยภาพที่ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

3) ควรตรวจสอบค่าแปลทางเทคนิคให้สอดคล้องกับศัพท์ของสมาคมวิศวกรรม

สถานแห่งประเทศไทย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1. รศ.ดร.กัลยาณี จิตต์การุณย์ รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. ผศ.สืบศักดิ์ พันธุ์ไพโรจน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ

3. ผศ.ดร.นิรัช สุตสังข์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ได้มีข้อเสนอแนะดังนี้

1) การหาที่มาของสูตรควรเน้นให้มีความน่าสนใจ หรือควรเน้นสีให้น่าสนใจ  
2) โดยภาพรวมหน้าจอเหมือนสำเนาหนังสือลง CAI ตัวอักษร พื้นหลังดูเรียบง่ายเกินไป น่าจะมี Design มากกว่านี้ แต่ในเชิงเนื้อหา น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม

3) ภาพที่นำเสนอสามารถแสดงผลได้ดีตามที่โปรแกรมกำหนดให้

4) ข้อความที่แสดงหน่วยต่างๆ ควรที่จะต้องตรงกับข้อความที่คลิก

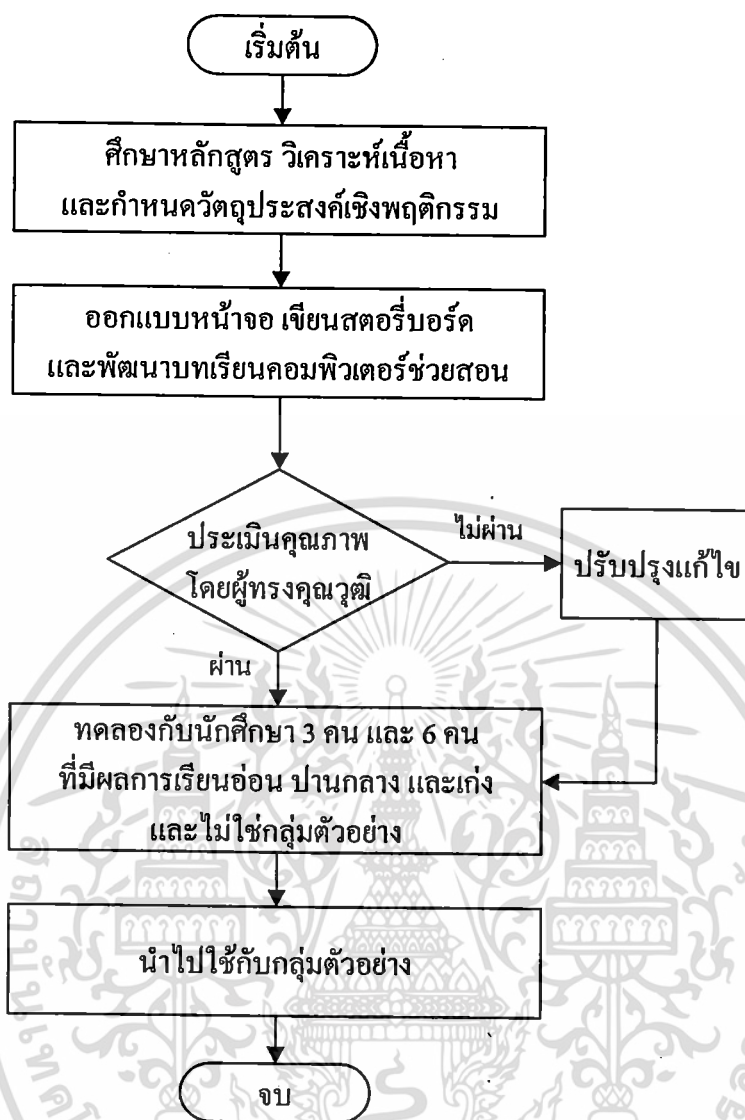
5) ควรที่จะมีคู่มือการใช้งานของ โปรแกรม เพื่อที่จะเพิ่มความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน โปรแกรมจำลองสถานการณ์

5. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ไปทดลองใช้กับนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 1 จำนวน 3 คน ที่มีผลการเรียนอ่อน ปานกลาง และเก่ง เพื่อสังเกตและบันทึกข้อบกพร่อง

6. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไปทดลองใช้กับนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 1 จำนวน 6 คน ที่มีผลการเรียนอ่อน ปานกลาง และเก่ง และไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง เพื่อสังเกตและบันทึกข้อบกพร่องอีกครั้ง

จากการสังเกตและสอบถาม ปัญหาที่พบในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ แก้ไขการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม MATLAB ให้เข้ากับระบบปฏิบัติการ Windows XP

7. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ได้กำหนดไว้จำนวน 20 คน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 3.2.2 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

ผู้วิจัยทำการสร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยกำหนดหัวข้อและสร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งผู้วิจัยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับในการให้คะแนน ดังนี้

- |   |       |         |                          |
|---|-------|---------|--------------------------|
| 5 | คะแนน | หมายถึง | มีคุณภาพระดับดีมาก       |
| 4 | คะแนน | หมายถึง | มีคุณภาพระดับดี          |
| 3 | คะแนน | หมายถึง | มีคุณภาพระดับปานกลาง     |
| 2 | คะแนน | หมายถึง | มีคุณภาพระดับพอใช้       |
| 1 | คะแนน | หมายถึง | มีคุณภาพระดับควรปรับปรุง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีเกณฑ์การแปลความหมาย ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นจากการประเมินคุณภาพบทเรียน ดังนี้

4.50-5.00	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
3.50-4.49	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับดี
2.50-3.49	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
1.50-2.49	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
0.00-1.49	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

### 3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ เพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก แบ่งเป็นแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย รวมจำนวน 50 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ตัวเลือกได้ 0 คะแนน
3. หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้
  - +1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
  - 0 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
  - 1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
 นำผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อ ไปหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตร (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533: 138)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N} \quad (3.1)$$

เมื่อ	IOC หมายถึง	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบภาคทฤษฎีกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
	$\Sigma R$ หมายถึง	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา
	$N$ หมายถึง	จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องเกิน 0.5 ทั้งหมด โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกข้อคำถาม

4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้ ไปทดลองใช้กับนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 2 ที่ผ่านการเรียนรายวิชา 03311104 หลักการของระบบสื่อสาร มาแล้ว จำนวน 30 คน

5. นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาความยากง่าย ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ใช้สูตร (รวิวรรณ ชินตระกูล, 2535: 237)

$$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L} \quad (3.2)$$

$$r = \frac{f_H + f_L}{N_H} \quad (3.3)$$

เมื่อ	$p$	หมายถึง	ดัชนีความยากของแบบทดสอบ
	$r$	หมายถึง	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
	$f_H$	หมายถึง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
	$f_L$	หมายถึง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	$N_H$	หมายถึง	จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง
	$N_L$	หมายถึง	จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ ดังนี้

การพิจารณาคัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับค่าความยากง่าย ( $p$ )

0.80 – 1.00	หมายความว่า เป็นแบบทดสอบที่ง่ายมาก
0.60 – 0.79	หมายความว่า เป็นแบบทดสอบที่ค่อนข้างง่าย
0.40 – 0.59	หมายความว่า เป็นแบบทดสอบปานกลาง
0.20 – 0.39	หมายความว่า เป็นแบบทดสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 – 0.19	หมายความว่า เป็นแบบทดสอบที่ยากมาก

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.79 รายละเอียดดังภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาคัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับค่าอำนาจจำแนก ( $r$ )

0.40 ขึ้นไป	อำนาจจำแนกสูง	คุณภาพข้อสอบ ดีมาก
0.30 – 0.39	อำนาจจำแนกปานกลาง	คุณภาพข้อสอบ ดีพอสมควร
0.20 – 0.29	อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ	คุณภาพข้อสอบ พอใช้
0.00 – 0.19	อำนาจจำแนกต่ำ	คุณภาพข้อสอบ ใช้ไม่ได้

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27 - 0.47 รายละเอียดดังภาคผนวก

6. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2540: 162)

$$r_{11} = \frac{K}{K-1} \left\{ \frac{1 - \sum pq}{S^2} \right\} \quad (3.4)$$

เมื่อ	$r_{11}$	หมายถึง	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	$K$	หมายถึง	จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งหมด
	$p$	หมายถึง	สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
	$q$	หมายถึง	สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ ( $1 - p$ )
	$S^2$	หมายถึง	ค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งหมด

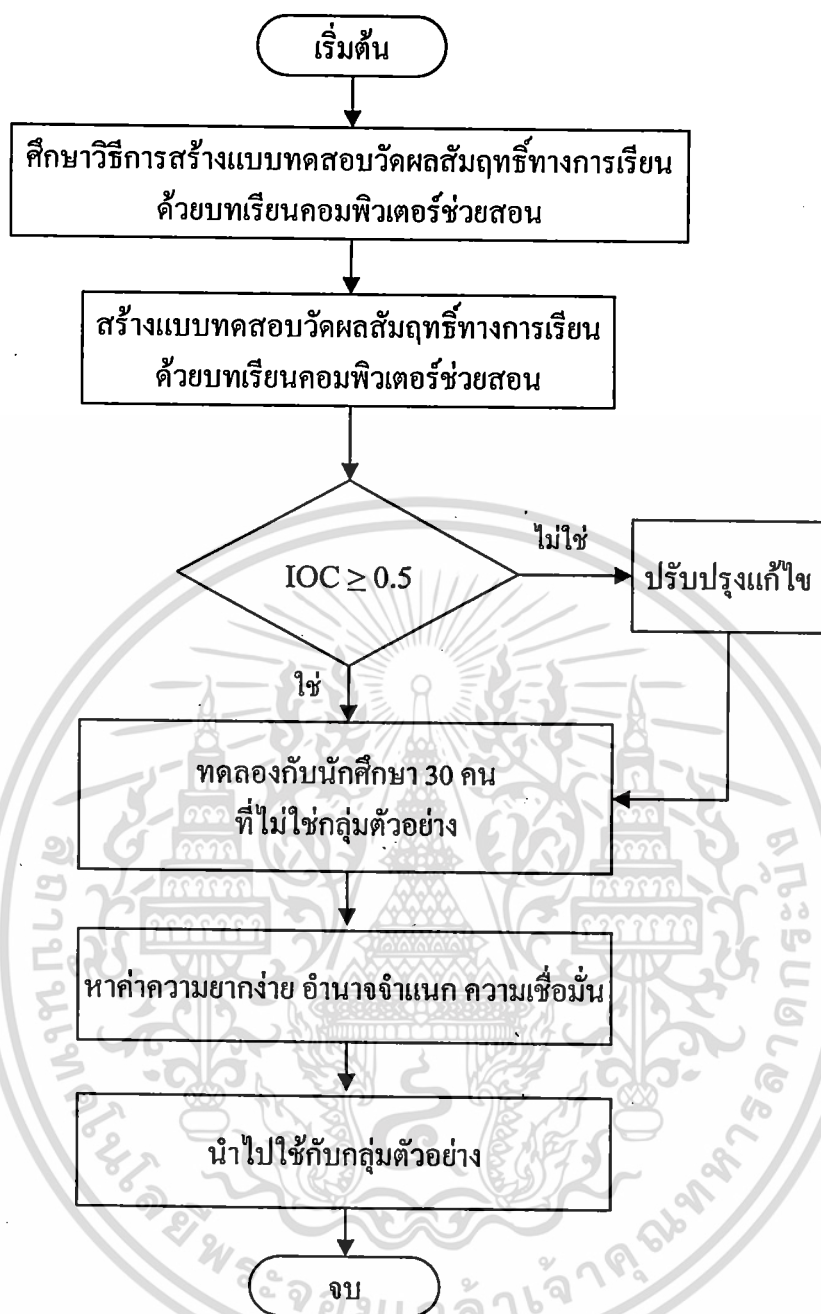
โดยหาความแปรปรวน ( $S^2$ ) จากสูตร

$$S^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)} \quad (3.5)$$

เมื่อ	$S^2$	หมายถึง	ค่าความแปรปรวน
	$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$N$	หมายถึง	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.82 รายละเอียดดังภาคผนวก

7. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเทคนิคการผสมสัญญาณ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย  
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

### 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมในการวิจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยติดต่อหัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย
2. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณที่  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาขึ้น แล้วเก็บคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย รวมจำนวน 50 ข้อ หลังการเรียนครบทุกหน่วยแล้ว จึงให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 30 ข้อ จากนั้นนำผลที่ได้ มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

### 3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.4.1 สถิติที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2540: 183)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.6)$$

เมื่อ	$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
	$n$	หมายถึง	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

#### 3.4.2 สถิติที่ใช้ในการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2540: 205)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (3.7)$$

เมื่อ	$S.D.$	หมายถึง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$X$	หมายถึง	ค่าคะแนนแต่ละคน
	$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด
	$n$	หมายถึง	จำนวนข้อมูล

#### 3.4.3. สถิติที่ใช้ในการหาค่าประสิทธิภาพ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2534 : 491)

$$E_1 = \left\{ \frac{\sum X / N}{A} \right\} \times 100 \quad (3.8)$$

$$E_2 = \left\{ \frac{\sum F / N}{B} \right\} \times 100 \quad (3.9)$$

เมื่อ	$E_1$	หมายถึง	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$E_2$	หมายถึง	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\sum X$	หมายถึง	คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดท้ายระหว่างเรียน
$\sum F$	หมายถึง	คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน
$N$	หมายถึง	จำนวนผู้เรียนทั้งหมด
$A$	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย
$B$	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา หาคคุณภาพ และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ โดยผู้วิจัยได้พัฒนาแล้วนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เพื่อประเมินคุณภาพบทเรียน ได้ผล ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเนื้อหา  
ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

รายการประเมิน	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3			
1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน						
1.1 ความสอดคล้องของเนื้อหากับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	4	5	4.33	0.58	ดี
1.2 ความเหมาะสมของเนื้อหากับ พื้นฐานความรู้ของผู้เรียน	3	5	5	4.33	1.15	ดี
1.3 ความเหมาะสมของเนื้อหากับ ระดับของผู้เรียน	3	4	5	4.00	1.00	ดี
1.4 ความเหมาะสมของเนื้อหาใน ส่วนการนำเข้าสู่บทเรียน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
1.5 ความถูกต้องของเนื้อหา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
1.6 ความเหมาะสมของการ ป้อนกลับตอบสนองต่อผู้เรียน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
1.7 บทเรียนมีลักษณะน่าสนใจ และจูงใจผู้เรียน	3	4	4	3.67	0.58	ดี
1.8 บทเรียนสามารถนำไปใช้ใน การเรียนการสอนจริงได้	4	5	4	4.33	0.58	ดี
<b>คอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยเฉลี่ย</b>	<b>3.62</b>	<b>4.25</b>	<b>4.50</b>	<b>4.13</b>	<b>0.61</b>	<b>ดี</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3			
2. การจำลองสถานการณ์						
2.1 ความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2.2 ความเหมาะสมของการจำลองสถานการณ์กับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2.3 ความถูกต้องของการจำลองสถานการณ์สัญญาณ	4	4	5	4.33	0.58	ดี
2.4 ความเหมาะสมของการป้อนกลับตอบสนองต่อผู้เรียน	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2.5 การจำลองสถานการณ์มีลักษณะน่าสนใจและจูงใจผู้เรียน	3	5	5	4.33	1.15	ดี
2.6 การจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริงได้	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
การจำลองสถานการณ์โดยเฉลี่ย	3.83	4.83	5.00	4.56	0.62	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยคุณภาพด้านเนื้อหา				4.31	0.64	ดี

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเนื้อหา ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ในส่วนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.33 มี 4 รายการ คือ ความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ความเหมาะสมของเนื้อหาเกี่ยวกับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน ความถูกต้องของเนื้อหา บทเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริงได้ รองลงมามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 มี 3 รายการ คือ ความเหมาะสมของเนื้อหาเกี่ยวกับระดับของผู้เรียน ความเหมาะสมของเนื้อหาในส่วนการนำเข้าสู่บทเรียน ความเหมาะสมของการป้อนกลับตอบสนองต่อผู้เรียน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 มี 1 รายการ คือ บทเรียนมีลักษณะน่าสนใจและจูงใจผู้เรียน และในส่วนการจำลองสถานการณ์มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.67 มี 4 รายการ คือ ความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ความเหมาะสมของการจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ของเอกสารนี้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานการณ์กับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน ความเหมาะสมของการป้อนกลับตอบสนองกับผู้เรียน การจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริงได้ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 มี 2 รายการ คือ ความถูกต้องของการจำลองสถานการณ์สัญญาณ การจำลองสถานการณ์มีลักษณะน่าสนใจและสนใจผู้เรียน

สรุประดับคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

รายการประเมิน	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3			
1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน						
1.1 การวางรูปแบบของหน้าจอ	4	5	4	4.33	0.58	ดี
1.2 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4	4	4	4.00	0.00	ดี
1.3 บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	4	5	4	4.33	0.58	ดี
1.4 การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	ดี
1.5 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
1.6 ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
1.7 ความเหมาะสมของภาพกราฟิก	4	5	4	4.33	0.58	ดี
1.8 ความเหมาะสมของภาพในด้านการใช้สื่อความหมาย	4	5	4	4.33	0.58	ดี
1.9 ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับเนื้อหา	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
1.10 ความเหมาะสมของเสียงบรรยายที่ใช้ประกอบเนื้อหา	4	5	4	4.33	0.58	ดี
1.11 ความสะดวกต่อการใช้โปรแกรม	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยเฉลี่ย	4.36	4.73	4.18	4.42	0.50	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3			
2. การจำลองสถานการณ์						
2.1 การวางรูปแบบของหน้าจอ	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2.2 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4	4	4	4.00	0.00	ดี
2.3 บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2.4 การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2.5 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2.6 ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้	4	5	4	4.33	0.58	ดี
2.7 ความเหมาะสมของภาพสัญลักษณ์	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2.8 ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2.9 ความน่าสนใจเกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่ใช้	4	5	4	4.33	0.58	ดี
2.10 ความสะดวกต่อการใช้โปรแกรม	4	4	4	4.00	0.00	ดี
การจำลองสถานการณ์โดยเฉลี่ย	4.30	4.80	4.60	4.57	0.50	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ				4.49	0.50	ดี

จากตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ในส่วนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.00 มี 1 รายการ คือ ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร รองลงมา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 มี 3 รายการ คือ ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้ ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับเนื้อหา ความสะดวกต่อการใช้โปรแกรม รองลงมา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 มี 5 รายการ คือ การวางรูปแบบของหน้าจอ บทเรียนมีลักษณะจูงใจน่าสนใจในการเรียน ความเหมาะสมของภาพกราฟิก ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย ความเหมาะสมของเสียงบรรยายที่ใช้ประกอบเนื้อหา และต่ำที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 มี 2 รายการ คือ ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา การ

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม และในส่วนของรางวัลสถานการณืมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.00 มี 3 รายการ คือ บทเรียนมีลักษณะจูงใจน่าสนใจในการเรียน ความเหมาะสมของภาพสัญญาณ ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย รองลงมา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 มี 3 รายการ คือ การวางรูปแบบของหน้าจอ การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร รองลงมา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 มี 2 รายการ คือ ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้ ความน่าสนใจเกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 มี 2 รายการ คือ ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา ความสะดวกต่อการใช้โปรแกรม

สรุประดับคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50

จากนั้นผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

รายการ	จำนวน กลุ่มตัวอย่าง	คะแนน เต็ม	คะแนน เฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ
คะแนนแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้	20	50	41.30	82.60 (E <sub>1</sub> )	80 (E <sub>1</sub> )
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน	20	30	25.00	83.33 (E <sub>2</sub> )	80 (E <sub>2</sub> )

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้และแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อใช้หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ จากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ (E<sub>1</sub>) ของกลุ่มตัวอย่าง ได้คะแนนเฉลี่ย 41.30 จากคะแนนเต็มทั้งหมด 50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.60 และในการทำแบบทดสอบหลังเรียน (E<sub>2</sub>) ของกลุ่มตัวอย่าง ได้คะแนนเฉลี่ย 25.00 จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.33 แสดงให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ มีประสิทธิภาพ E<sub>1</sub>/E<sub>2</sub> เท่ากับ 82.60/83.33 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ คือ E<sub>1</sub>/E<sub>2</sub> ไม่น้อยกว่า 80/80

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา หาคคุณภาพ และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างและนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อหาคคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จากนั้นผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพตามสูตร  $E_1/E_2$  และเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ในด้านของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผู้วิจัยพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Macromedia Authorware และในด้านการจำลองสถานการณ์ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม MATLAB ทำให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณซึ่งบรรจุไว้ในแผ่นซีดีรอม โดยประกอบด้วยเมนูหลักและหน่วยการเรียนรู้จำนวน 6 หน่วย คือ การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ Full AM การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ DSB-SC การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ SSB การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบบแคบ การมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ FM แบบกว้าง และการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ PM เมื่อเรียนจบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะมีแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้เพื่อวัดความรู้ที่ได้เรียนมา ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก รวมจำนวน 50 ข้อ ผู้เรียนสามารถทราบคะแนนได้ทันทีเมื่อทำครบทุกข้อ หลังจากผู้เรียนเรียนครบทั้ง 6 หน่วยการเรียนรู้ จะมีแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยการทำแบบทดสอบผู้เรียนมีโอกาสนในการตอบคำถามได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น และมีการสรุปคะแนนเพื่อผู้เรียนได้ทราบถึงระดับคะแนนว่าอยู่ในระดับใด

2. ผลการหาคคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

2.1 คุณภาพด้านเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64

2.2 คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50

3. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 82.60/83.33 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ คือ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80

ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

### 1. ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา พบว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ตามขั้นตอนอย่างเหมาะสม มีการวิเคราะห์เนื้อหาให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหากับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนมีความเหมาะสม ถูกต้อง เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน น่าสนใจ และสนใจผู้เรียน ส่วนการจำลองสถานการณ์มีความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน มีการป้อนกลับตอบสนองกับผู้เรียน สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริงได้ มีความถูกต้อง น่าสนใจและสนใจผู้เรียน

ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ พบว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ตามหลักการออกแบบสื่อการเรียนการสอนอย่างเหมาะสม มีการวางรูปแบบหน้าจออย่างความเหมาะสม การนำเสนอเข้าสู่เนื้อหา การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียน ขนาดตัวอักษร สีตัวอักษร ภาพกราฟิก ภาพสัญญาณ การสื่อความหมายของภาพ เสียงบรรยาย ความน่าสนใจในการเรียน และความสะดวกต่อการใช้โปรแกรม ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัยที่ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป

2. ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ เมื่อนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตร  $E_1/E_2$  กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน พบว่ามีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 82.60/83.33 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ คือ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80 จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียน ( $E_1$ ) มีค่าต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน ( $E_2$ ) เล็กน้อย ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีขั้นตอน จึงได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรพล ดีขำ (2545: 115) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบปฏิบัติการ และซอฟต์แวร์ระบบ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ระบบ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.71/89.19 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้กับผู้เรียนหรือผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลงานวิจัยไปใช้

1. เพื่อไม่ให้ภาพล้นจอ ควรปรับค่าความละเอียดจอภาพไม่ต่ำกว่า 800×600 พิกเซล
2. การเรียกใช้โปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Auto run โดยเมื่อใส่แผ่นซีดีแล้วโปรแกรมจะเปิดเองโดยอัตโนมัติ หรือดับเบิลคลิกไฟล์ที่ชื่อ start.exe เพื่อเปิดโปรแกรม
3. การเลือกเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณนี้สามารถเลือกเรียนหัวข้อใดก่อนก็ได้
4. ต้องทำการติดตั้งโปรแกรม MATLAB เพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์ในการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อกที่พัฒนาขึ้นมา
5. ในการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม MATLAB ต้องทำการ Set Path ให้ถูกต้องจึงจะสามารถจำลองสถานการณ์ได้
6. ในการทำแบบทดสอบหลังเรียน ผู้เรียนควรเรียนรู้เนื้อหาให้ครบทั้ง 6 หน่วยการเรียนรู้ก่อนเข้าทำแบบทดสอบ
7. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอน ในรายวิชาหลักการของระบบสื่อสาร หรือรายวิชาที่มีคำอธิบายรายวิชากล่าวถึง เรื่องการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อกได้

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในหัวข้อเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการผสมสัญญาณเพื่อจำลองสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้เห็นรูปร่างสัญญาณคล้ายของจริงตาม ได้ที่ปรับคั้งค่า
2. ควรศึกษาวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนด้วยวิธีการสอนปกติ

## บรรณานุกรม

- กอบชัย สิริพงศ์ดี. 2546. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ ด้วยโปรแกรม Protel.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จำลอง ศรีสง่า. 2546. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องทฤษฎีลจิกเกท วิชาดิจิตอลเบื้องต้น.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2521. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2534. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. 2533. เทคโนโลยีทางการศึกษา หลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรินต์ติ้งเฮาส์.
- ถนอมพร (ต้นพิพัฒน์) เลาหจรัสแสง. 2541. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ: ดวงกลมโปรดักชั่น.
- ถวิล กิ่งทอง. 2535. ทฤษฎีและระบบสื่อสาร. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทักษิณา สวานานนท์. 2530. คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- ทัศนัย แสนพลพัฒน์. 2541. “การออกแบบและสร้างชุดจำลองการทำงานเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงด้วยคอมพิวเตอร์.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ธนาวุฒิ ประกอบผล. 2547. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์) บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บัณฑิต โรจน์อารยานนท์. 2532. หลักการไฟฟ้าสื่อสาร. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประกาศิต ภัทรรังษี. 2536. “การสร้างชุดฝึกสถานการณ์จำลองปัญหาปรับอากาศในรถยนต์.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พรเทพ เมืองแมน. 2544. การออกแบบและพัฒนา CAI Multimedia ด้วย Authorware. กรุงเทพฯ: เอช. เอ็น. กรุป.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มนัส ตั้งวรศิลป์ และวรรณภัฏ ภัทรอมรกุล. 2543. คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: อินโฟเพรส.
- มานิตย์ กริ่งรัมย์. 2544. ตัวอย่างงาน Authorware. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ Bluesoft.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2535. วิธีวิจัยการศึกษา. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2540. วิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์.
- สมรัก ปริยะวาทิ. 2543. Authorware 5.0 โปรแกรมสร้าง CAI multimedia. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สุชาติ กังวารจิตต์. 2536. เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สุรพล ดีจำ. 2545. “บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน เรื่องระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ระบบ.”  
วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี  
สารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สำนักทะเบียนและประมวลผล สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2545. หลักสูตรการศึกษา  
ประจำปีการศึกษา 2545. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เสริมศรี ไชยสร. 2528. ระบบหลักสูตรการสอน. เชียงใหม่: พระสิงห์การพิมพ์.
- อรพรรณ พรสีมา. 2530. เทคโนโลยีทางการสอน. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์.
- อารีย์ มีมุงกิจ. 2541. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริม วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง  
เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิจัย  
และประเมินผลการศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อำนาจ เจริญศิลป์. 2526. การฝึกประสบการณ์วิชาชีพภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครูธนบุรี.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบประเมินคุณภาพ (ด้านเนื้อหา)**  
**บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ**

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นตามความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
<b>1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน</b>					
1.1 ความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
1.2 ความเหมาะสมของเนื้อหากับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน					
1.3 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน					
1.4 ความเหมาะสมของเนื้อหาในส่วนการนำเข้าสู่บทเรียน					
1.5 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.6 ความเหมาะสมของการป้อนกลับตอบสนองต่อผู้เรียน					
1.7 บทเรียนมีลักษณะน่าสนใจและจูงใจผู้เรียน					
1.8 บทเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริงได้					
<b>2. การจำลองสถานการณ์</b>					
2.1 ความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2.2 ความเหมาะสมของการจำลองสถานการณ์กับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน					
2.3 ความถูกต้องของการจำลองสถานการณ์สัญญาณ					
2.4 ความเหมาะสมของการป้อนกลับตอบสนองต่อผู้เรียน					
2.5 การจำลองสถานการณ์มีลักษณะน่าสนใจและจูงใจผู้เรียน					
2.6 การจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริงได้					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

2. การจำลองสถานการณ์

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



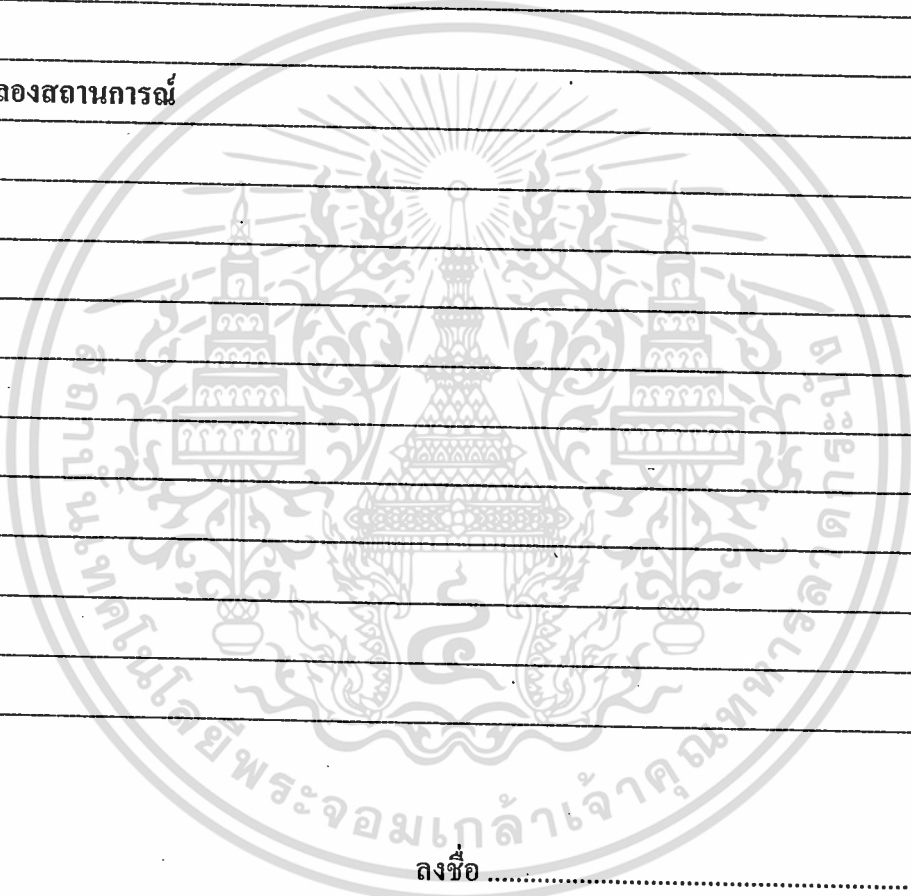
---



---



---



ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน  
 (.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบประเมินคุณภาพ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)**  
**บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ**

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นตามความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
<b>1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน</b>					
1.1 การวางรูปแบบของหน้าจอ					
1.2 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา					
1.3 บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน					
1.4 การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม					
1.5 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
1.6 ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้					
1.7 ความเหมาะสมของภาพกราฟิก					
1.8 ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย					
1.9 ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับเนื้อหา					
1.10 ความเหมาะสมของเสียงบรรยายที่ใช้ประกอบเนื้อหา					
1.11 ความสะดวกต่อการใช้โปรแกรม					
<b>2. การจำลองสถานการณ์</b>					
2.1 การวางรูปแบบของหน้าจอ					
2.2 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา					
2.3 บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน					
2.4 การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม					
2.5 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
2.6 ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้					
2.7 ความเหมาะสมของภาพสัญญาณ					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาคผนวก ข

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**

**เรื่อง เทคนิคการผสมสัญญาณ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เพื่อไม่ให้เกิดการโอเวอร์มอดูเลชันค่าดัชนีการมอดูเลตควรมีค่าเท่าใด

- ก.  $m = 2\pi$
- ✓ ข.  $m < 1$
- ค.  $m > 1$
- ง.  $m = \pi/2$

2. สเปกตรัมของการมอดูเลตแบบ Full AM ประกอบด้วยความถี่ใดบ้าง

- ✓ ก.  $f_c, (f_c + f_m), (f_c - f_m)$
- ข.  $(f_c + f_m), (f_c - f_m)$
- ค.  $f_c, (f_c + f_m)$
- ง.  $f_c, (f_c - f_m)$

3. แบนด์วิดท์ของการมอดูเลตแบบ Full AM มีค่าเท่าใด

- ก.  $BW = 2f_c$
- ข.  $BW = 2(f_c + f_m)$
- ค.  $BW = 2(f_c - f_m)$
- ✓ ง.  $BW = 2f_m$

4. กำหนดให้ความถี่เบสแบนด์คือ  $m(t) = 8\cos(2\pi \times 10^4 t)$  จงคำนวณหาแบนด์วิดท์ของการมอดูเลตแบบ Full AM

- ก.  $BW = 10\text{kHz}$
- ข.  $BW = 15\text{kHz}$
- ✓ ค.  $BW = 20\text{kHz}$
- ง.  $BW = 30\text{kHz}$

5. วัดค่า  $E_{\min}$  ได้ 20 V โดยมีเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตที่ 60% จงคำนวณหา  $E_{\max}$  ของสัญญาณการมอดูเลตแบบ Full AM

- ก.  $E_{\max} = 120V$
- ข.  $E_{\max} = 100V$
- ✓ ค.  $E_{\max} = 80V$
- ง.  $E_{\max} = 60V$

6. ในการผลิตคลื่น Full AM ใช้วงจรกรองชนิดใดในการกำจัดความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป

- ก. วงจรกรองความถี่ต่ำ
- ข. วงจรกรองความถี่สูง
- ✓ ค. วงจรกรองแถบความถี่

ง. วงจรกรองแอมพลิฟายเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การคิ่มอดูเลตคลื่น Full AM ใช้วงจรใดในการแยกสัญญาณเบสแบนด์ออกมา
- ก. วงจรสแควร์ลวี่ดีเทคเตอร์และวงจรสแควร์ลวี่อีโวลูชัน
  - ✓ ข. วงจรสแควร์ลวี่ดีเทคเตอร์และวงจรเอ็นวีโลพีดีเทคเตอร์
  - ค. วงจรสวิทซ์ดีเทคเตอร์และวงจรสแควร์ลวี่ดีเทคเตอร์
  - ง. วงจรสวิทซ์ดีเทคเตอร์กับวงจรเอ็นวีโลพีดีเทคเตอร์
8. วงจรสแควร์ลวี่ดีเทคเตอร์ใช้วงจรกรองแบบใดในการแยกเบสแบนด์ออกมา
- ก. วงจรกรองความถี่สูง
  - ✓ ข. วงจรกรองความถี่ต่ำ
  - ค. วงจรกรองแถบความถี่
  - ง. วงจรกรองแอมพลิฟิเคชัน
9. วงจรไทม์คอนสแตนต์ของเอ็นวีโลพีดีเทคเตอร์มีค่าเท่าใดเมื่อเทียบกับคลื่นพาห้
- ✓ ก.  $RC \ll 1/f_c$
  - ข.  $RC \gg 1/f_c$
  - ค.  $RC \gg 1/f_m$
  - ง.  $RC \ll 1/f_m$
10. ข้อใดคือหลักการของการมอดูเลตคลื่น DSB – SC
- ✓ ก. มอดูเลตโดยกคคลื่นพาห้เอาไว้ไม่ให้ส่งออกไป
  - ข. มอดูเลตโดยกคแถบความถี่ด้านบนเอาไว้ไม่ให้ส่งออกไป
  - ค. มอดูเลตโดยกคแถบความถี่ด้านล่างเอาไว้ไม่ให้ส่งออกไป
  - ง. มอดูเลตโดยกคคลื่นเบสแบนด์เอาไว้ไม่ให้ส่งออกไป
11. สเปกตรัมของคลื่น DSB-SC แตกต่างกับคลื่น Full AM อย่างไร
- ก. มีเฉพาะแถบความถี่ด้านล่างอย่างเดียว
  - ข. มีเฉพาะแถบความถี่ด้านบนอย่างเดียว
  - ✓ ค. ไม่มีควมถี่คลื่นพาห้ส่งออกมา
  - ง. ไม่มีควมถี่คลื่นเบสแบนด์ส่งออกมา
12. สเปกตรัมของการมอดูเลตแบบ DSB-SC ประกอบด้วยควมถี่ใดบ้าง
- ก.  $f_c, (f_c + f_m), (f_c - f_m)$
  - ข.  $(f_c + f_m)$
  - ค.  $(f_c - f_m)$
  - ✓ ง.  $(f_c + f_m), (f_c - f_m)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. แบนด์วิดท์ของการมอดูเลตแบบ DSB-SC มีค่าเท่าใด

- ✓ ก.  $BW = 2f_m$
- ข.  $BW = 2(f_c + f_m)$
- ค.  $BW = 2(f_c - f_m)$
- ง.  $BW = 2f_c$

14. วงจรที่ใช้ในการผลิตคลื่น DSB - SC คือข้อใด

- ก. วงจรเอนวีโลฟดีเทคเตอร์และวงจรสแควร์ลอว์ดีเทคเตอร์
- ข. วงจรสแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์และวงจรสวิทช์มอดูเลเตอร์
- ✓ ค. วงจรมอดูเลเตอร์แบบสมมูลและวงจรริงก์มอดูเลเตอร์
- ง. วงจรแยกแยะเฟสและวงจรแยกแยะความถี่

15. หลักการของ Coherent Detection of DSB - SC ที่สำคัญคือข้อใด

- ก. ใช้มอดูเลเตอร์ของ A.M. ในการปรับสมมูล
- ✓ ข. สร้างสัญญาณคลื่นพาห်ขึ้นมาใหม่ด้วยโลคอลออสซิลเลเตอร์
- ค. ใช้ไดโอดในการดีเทคเอนวีโลฟของคลื่นพาห်
- ง. ใช้กฎกำลังสองกับอนุภาคที่ไม่เป็นเชิงเส้น

16. สเปกตรัมของการมอดูเลตแบบ SSB ที่ส่งออกไปมีลักษณะเป็นเช่นไร

- ก. มีไซด์แบนด์สองด้านและคลื่นพาห်ถูกกดเอาไว้
- ข. มีไซด์แบนด์สองด้านและคลื่นพาห်ถูกส่งออกไป
- ✓ ค. มีไซด์แบนด์ด้านเดียวและคลื่นพาห်ถูกกดเอาไว้
- ง. มีไซด์แบนด์ด้านเดียวและคลื่นพาห်ถูกส่งออกไป

17. สเปกตรัมของการมอดูเลตแบบ SSB ที่ส่งเฉพาะ USB ประกอบด้วยความถี่ใดบ้าง

- ก.  $f_c, (f_c + f_m)$
- ✓ ข.  $(f_c + f_m)$
- ค.  $(f_c - f_m)$
- ง.  $f_c, (f_c - f_m)$

18. แบนด์วิดท์ของการมอดูเลตแบบ SSB มีค่าเท่าใด

- ก.  $BW = 2f_m$
- ✓ ข.  $BW = f_m$
- ค.  $BW = f_c$
- ง.  $BW = 2f_c$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. วิธีการใดที่ใช้ในการผลิตคลื่น SSB เพื่อให้มีไซด์แบนด์เพียงด้านเดียวและกดคลื่นพาห์เอาไว้ไม่ให้ส่งออกไป

- ✓ ก. วิธีการทำให้เฟสและความถี่แตกต่างกัน
- ข. วิธีการใช้ไดโอดทำงานเสมือนไอเดียลสวิตช์
- ค. วิธีการใช้ความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- ง. วิธีการใช้มอดูเลเตอร์ในการปรับสมดุล

20. วิธีทำให้ความถี่แตกต่างกันใช้วงจรกรองชนิดใดในการกรองเอาคลื่น SSB ออกมา

- ก. วงจรกรองความถี่สูง
- ข. วงจรกรองความถี่ต่ำ
- ✓ ค. วงจรกรองแถบความถี่
- ง. วงจรกรองแอมพลิฟายด์

21. วิธีทำให้ความถี่แตกต่างกันนั้น เมื่อต้องผลิตคลื่น SSB ซึ่งมีความถี่สูงกว่าสัญญาณเบสแบนด์มากๆ ต้องใช้กระบวนการใดในการผลิต

- ก. กระบวนการมัลติเพล็กซ์เฟอเรนซิเอท
- ข. กระบวนการมัลติเพล็กซ์เทคเตอร์
- ✓ ค. กระบวนการมัลติเพล็กซ์
- ง. กระบวนการมัลติอินทิเกรต

22. วิธีทำให้เฟสแตกต่างกันใช้เนคเวอร์คทำให้มุมเฟสเคลื่อนไปที่องศา

- ก.  $45^\circ$
- ✓ ข.  $90^\circ$
- ค.  $135^\circ$
- ง.  $180^\circ$

23. ในการดีมอดูเลตคลื่น SSB แบบโคฮีเรนท์ทีเทคชัน เนื่องจากไม่มีคลื่นพาห์ในการอ้างอิง ดังนั้นทางด้านส่งจะใส่สิ่งใดมากับคลื่น SSB ที่ส่งออกไป

- ✓ ก. pilot carrier
- ข. pilot guide
- ค. pilot index
- ง. pilot baseband

24. แบนด์วิดท์การส่งของการมอดูเลตแบบเอฟเอ็มแบนด์แคบมีค่าเท่าใด
- ✓ ก.  $BW = 2f_m$
  - ข.  $BW = f_m$
  - ค.  $BW = f_c$
  - ง.  $BW = 2f_c$
25. ดัชนีการมอดูเลตมีความสัมพันธ์กับค่าการเบี่ยงเบนความถี่อย่างไร
- ก.  $\beta = \Delta f / f_c$
  - ✓ ข.  $\beta = \Delta f / f_m$
  - ค.  $\beta = \Delta f(1 + f_c)$
  - ง.  $\beta = \Delta f(1 + f_m)$
26. ค่าเบี่ยงเบนความถี่ที่สามารถหาได้จากสมการใด
- ก.  $\Delta f = k_f(1 + A_c)$
  - ข.  $\Delta f = k_f A_c$
  - ค.  $\Delta f = k_f(1 + A_m)$
  - ✓ ง.  $\Delta f = k_f A_m$
27. เมื่อคลื่นสัญญาณ FM มีช่วงความถี่กว้างมากๆ เราเรียกสัญญาณ FM แบบนี้ว่าอะไร
- ก. Narrow-band FM
  - ข. Master-band FM
  - ✓ ค. Wide-band FM
  - ง. Super-band FM
28. ถ้ากำหนดให้ค่าเบี่ยงเบนความถี่มีค่าคงที่และดัชนีการมอดูเลตมีค่าเพิ่มขึ้น สเปกตรัมจะเป็นเช่นไร
- ก. สเปกตรัมมีการกระจายตัวมากขึ้น
  - ข. สเปกตรัมมีความถี่คลื่นพาห้อย่างเดียว
  - ค. สเปกตรัมไม่มีการเปลี่ยนแปลง
  - ✓ ง. สเปกตรัมมีการกระจุกตัวมากขึ้น
29. ตามกฎของคาร์สัน (Carson's rule) แบนด์วิดท์ของสัญญาณ FM มีค่าเท่าใด
- ก.  $BW = 2(\Delta f + f_c)$
  - ✓ ข.  $BW = 2(\beta + 1)f_m$
  - ค.  $BW = 2(\Delta f + 1)$
  - ง.  $BW = 2(\beta + 1)f_c$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30. แบนด์วิธของสัญญาณ FM แบนด์กว้าง ขึ้นอยู่กับค่าใด


- ก. ดัชนีการมอดูเลต
- ข. ความถี่ของคลื่นเบสแบนด์
- ✓ ค. ดัชนีการมอดูเลตและความถี่ของคลื่นเบสแบนด์
- ง. ดัชนีการมอดูเลตและความถี่ของคลื่นพาห้

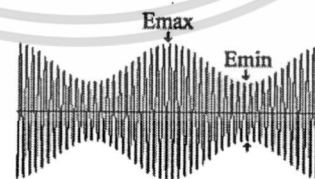


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>เมนูหลัก</b> การมอดูเลต เฟอร์เร็นต์การมอดูเลต การผลิตคลื่น การติมมอดูเลต แบบฝึกหัด MATLAB SIMULATION ออกจากโปรแกรม	<h2>หน่วยที่ 1 การมอดูเลตและติมมอดูเลตแบบ FULL AM</h2> <h3>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</h3> <p>นักศึกษาสามารถ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. อธิบายหลักการของการมอดูเลตแบบ Full AM ได้</li> <li>2. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตได้</li> <li>3. อธิบายหลักการผลิตคลื่น Full AM ได้</li> <li>4. อธิบายหลักการของการติมมอดูเลตคลื่น Full AM ได้</li> </ol>
	
<span>⏪</span> BACK <span>NEXT</span> <span>⏩</span>	

<b>เมนูหลัก</b> การมอดูเลต เฟอร์เร็นต์การมอดูเลต การผลิตคลื่น การติมมอดูเลต แบบฝึกหัด MATLAB SIMULATION ออกจากโปรแกรม	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;"> <b>การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต</b> </div> <p>โดยกำหนดให้ <math>E_{max}</math> และ <math>E_{min}</math> เป็นค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของเอ็นวีโวลต์คลื่นมอดูเลตแบบ FULL AM สามารถคำนวณหาได้จากสูตร</p> $\text{เปอร์เซ็นต์การมอดูเลต} = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}} \times 100 \% \quad (1.7)$ <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p><math>E_{max}</math> คือ ค่าความสูงที่วัดจากระยะสูงสุดของขอบบนลงมาถึงระดับต่ำสุดของขอบล่างของสัญญาณมอดูเลต</p> <p><math>E_{min}</math> คือ ค่าความสูงที่วัดจากระยะต่ำสุดของขอบบนลงมาถึงระดับสูงสุดของขอบล่างของสัญญาณมอดูเลต</p>	7
<span>⏪</span> BACK <span>NEXT</span> <span>⏩</span>		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9

เมนูหลัก

การมอดูเลต

เปอร์เซ็นต์การมอดูเลต

การมอดูเลต

การดีมอดูเลต

แบบฝึกหัด

MATLAB SIMULATION

ออกจากโปรแกรม

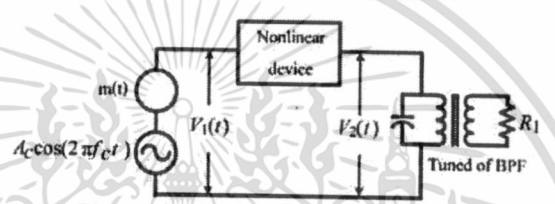
### วิธีการผลิตคลื่น FULL AM

การผลิตคลื่น FULL AM ใช้อุณหภูมิของวงจรไม่เป็นเชิงเส้นแบบสแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์ และสวิตช์มอดูเลเตอร์ ทั้งสองวงจรเหมาะสำหรับกรณีที่ต้องการส่งด้วยเพนเวอร์ต่ำๆ

**สแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์ (Square-law modulator)**

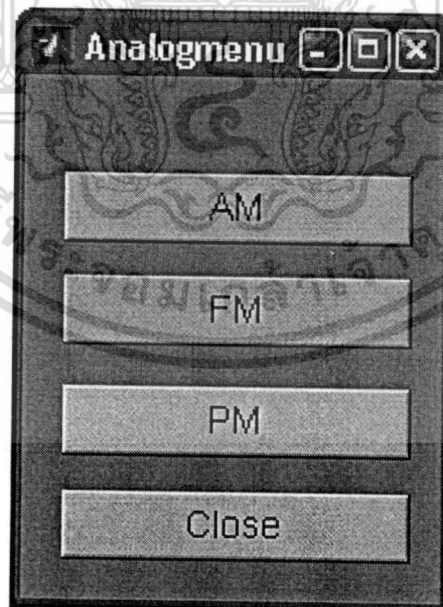
วงจรมีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการคือ

- 1) การรวมคลื่นพาห้เข้ากับคลื่นที่ทำการมอดูเลต
- 2) วงจรอนุภาคที่ไม่เป็นเชิงเส้น
- 3) วงจรกรองความถี่สำหรับแยกแถบความถี่ที่ต้องการออกมา

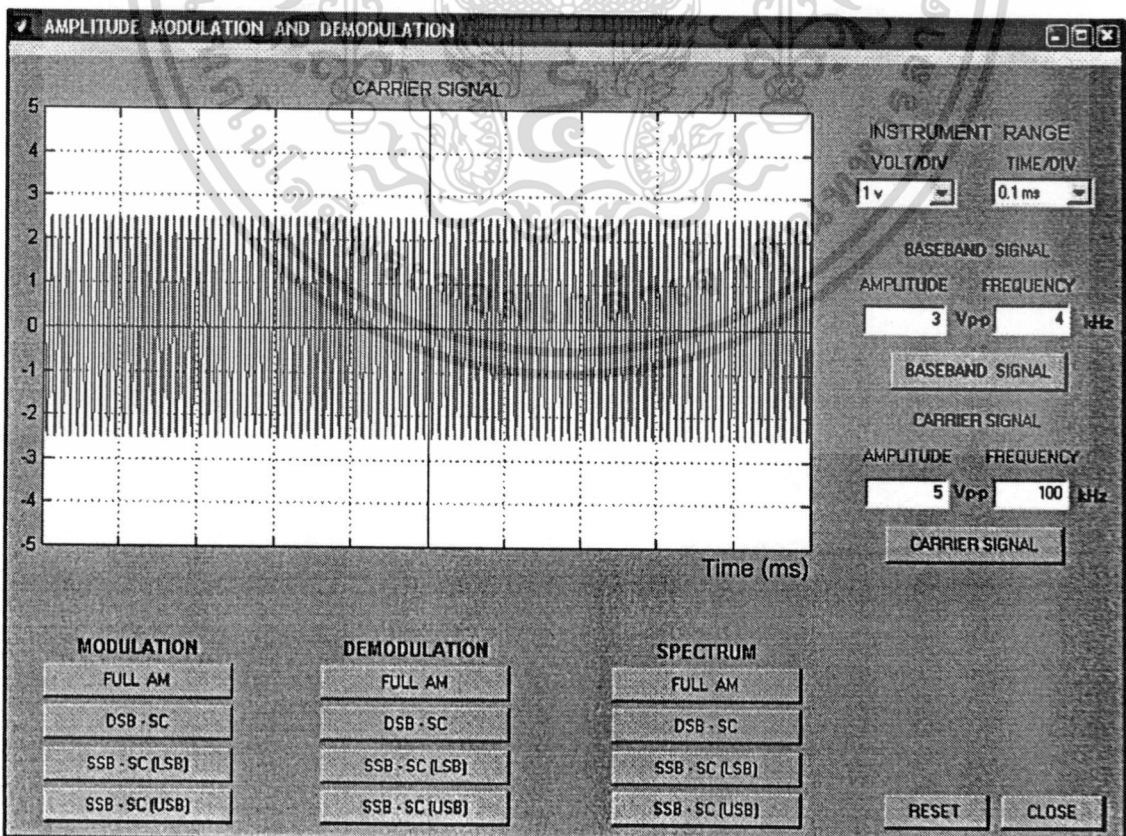
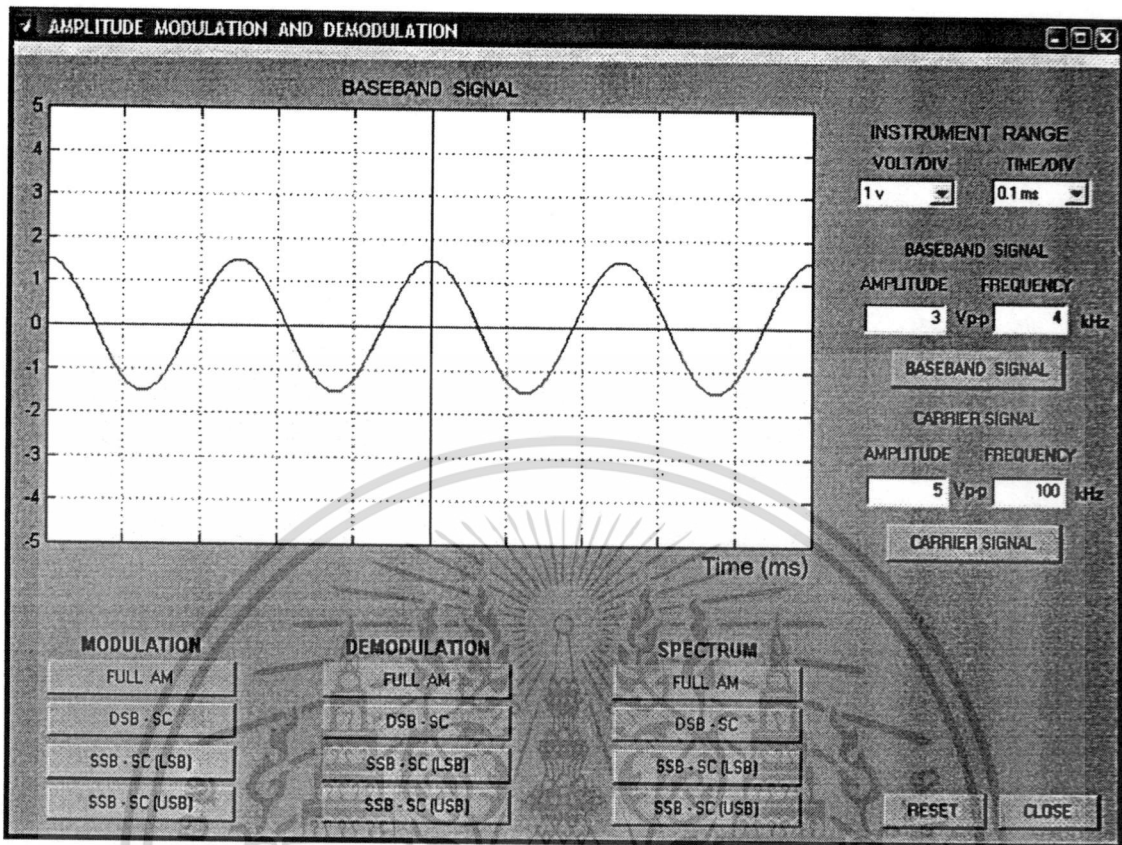


รูปที่ 1.4 บล็อกโคโตะแกรมของวงจรสแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์

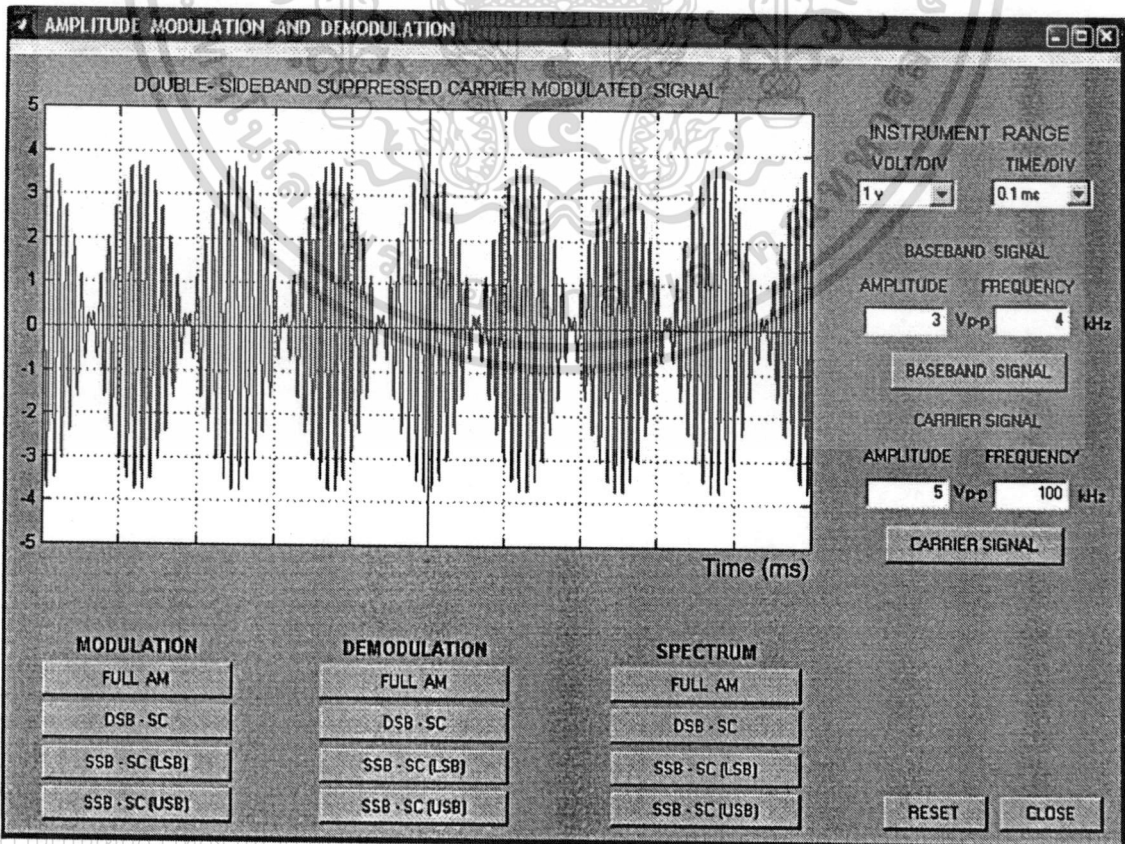
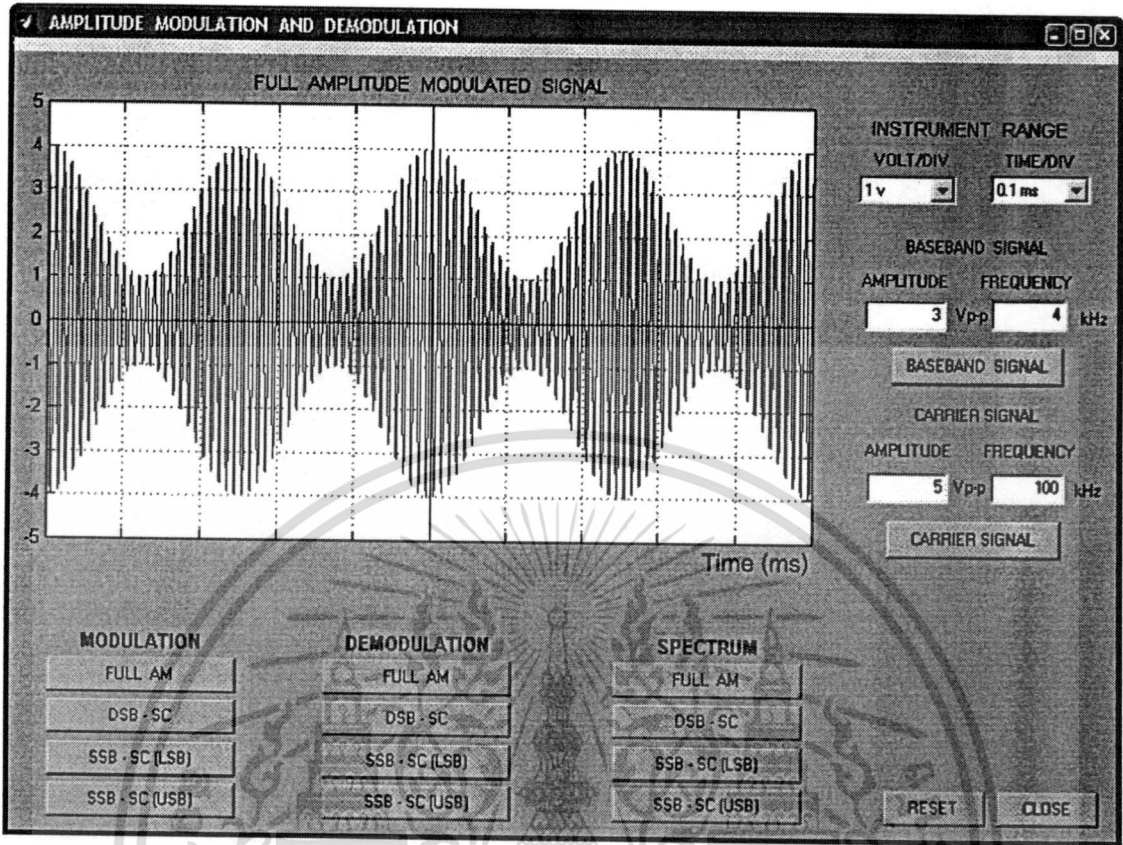
BACK NEXT



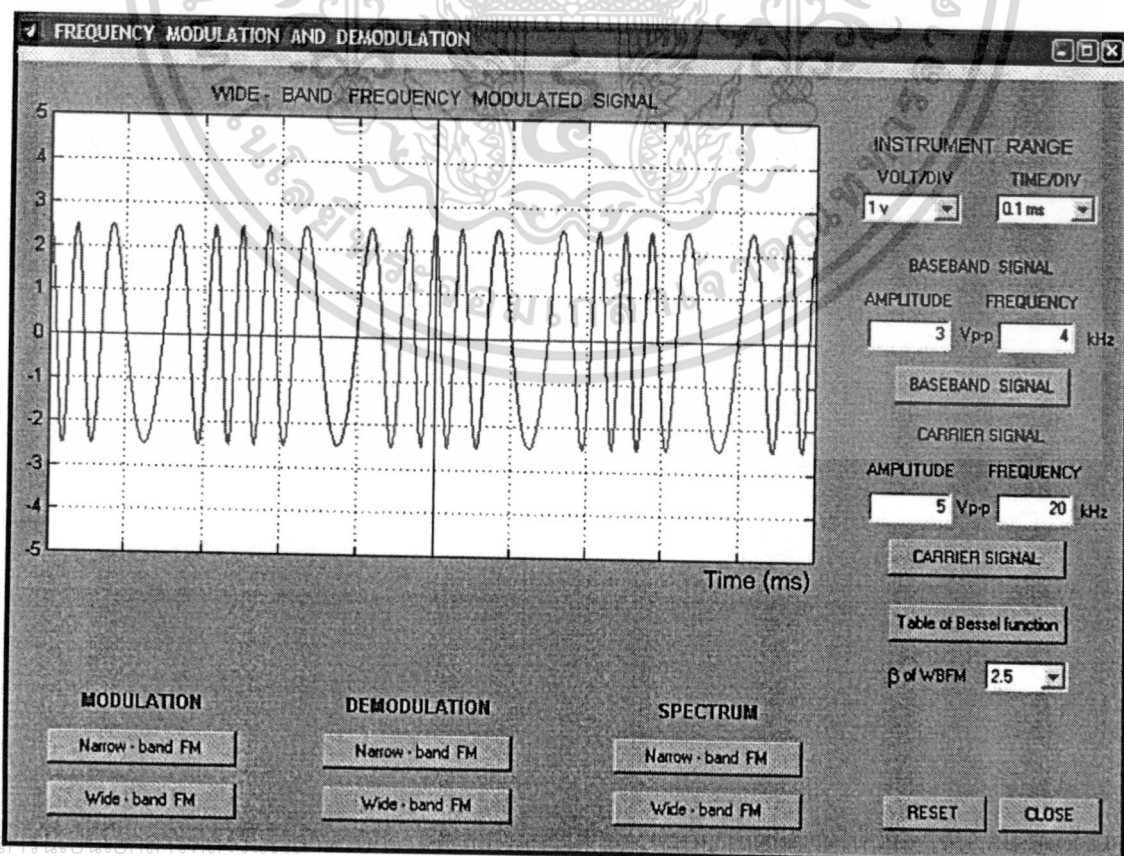
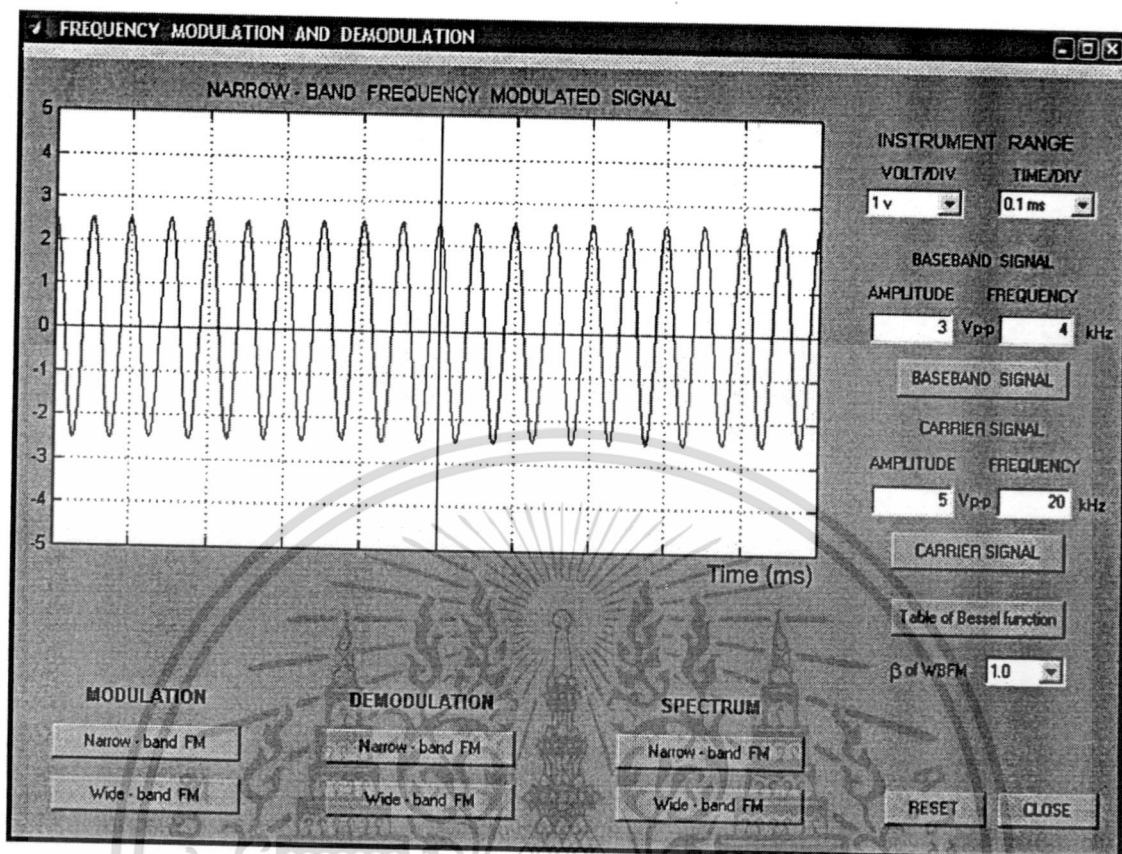
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การดูแลของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



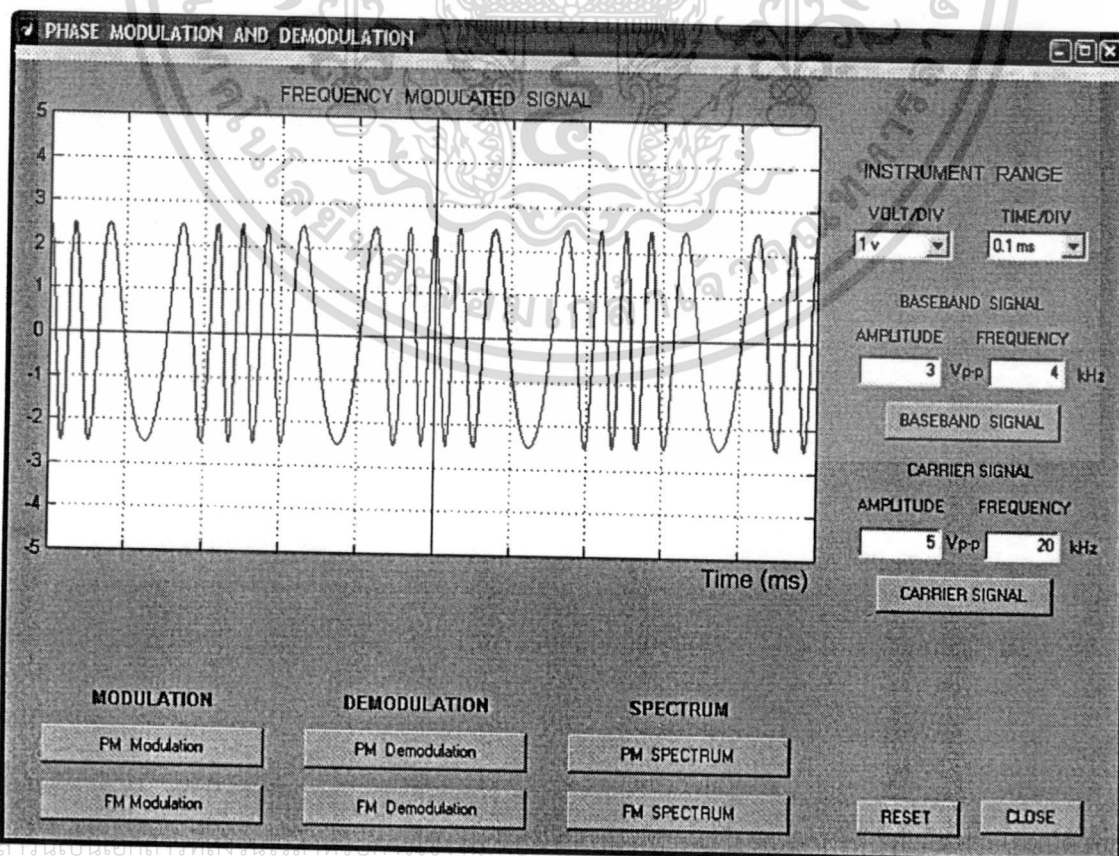
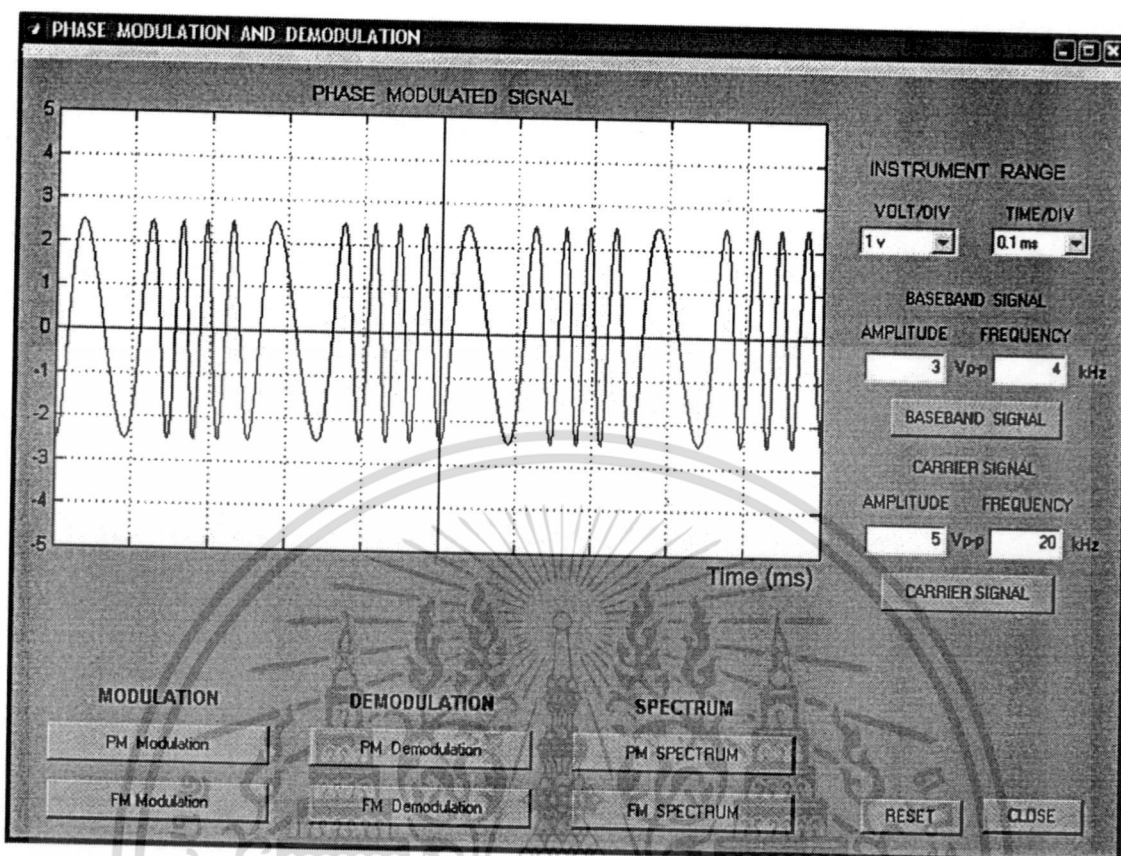
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอก

การค้า

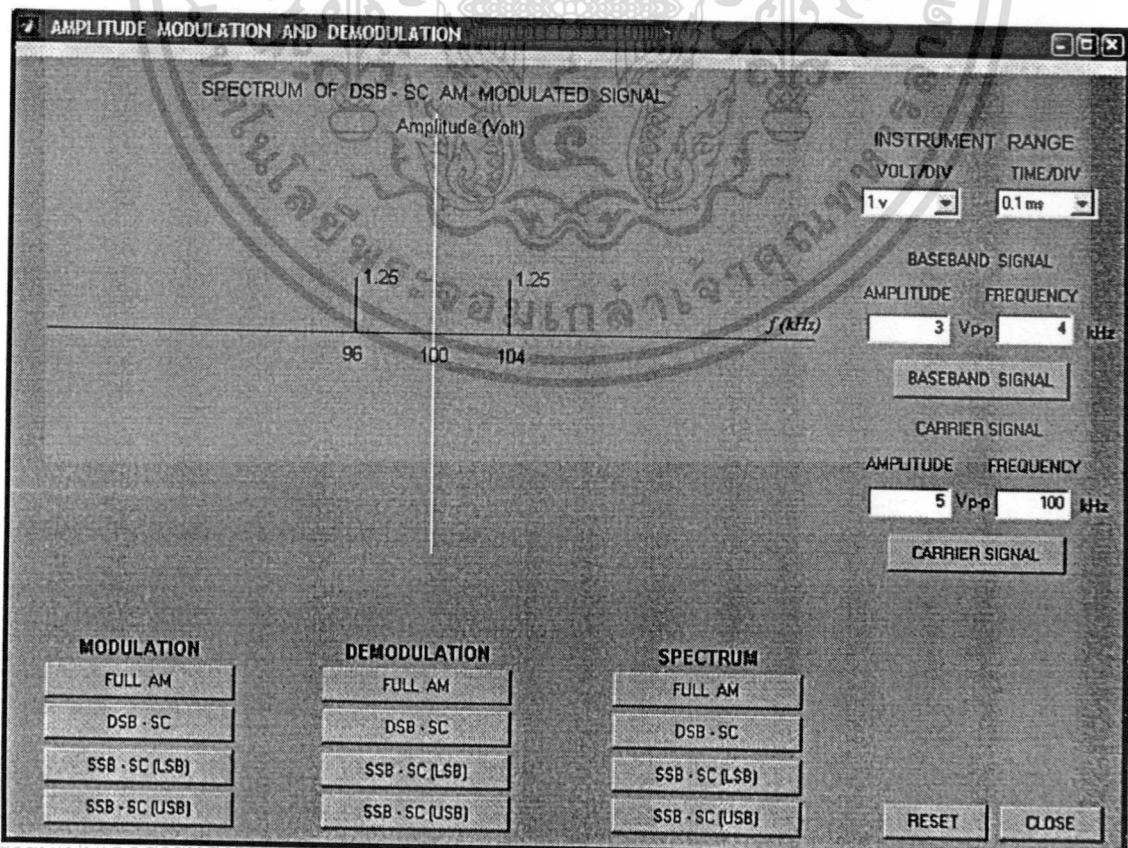
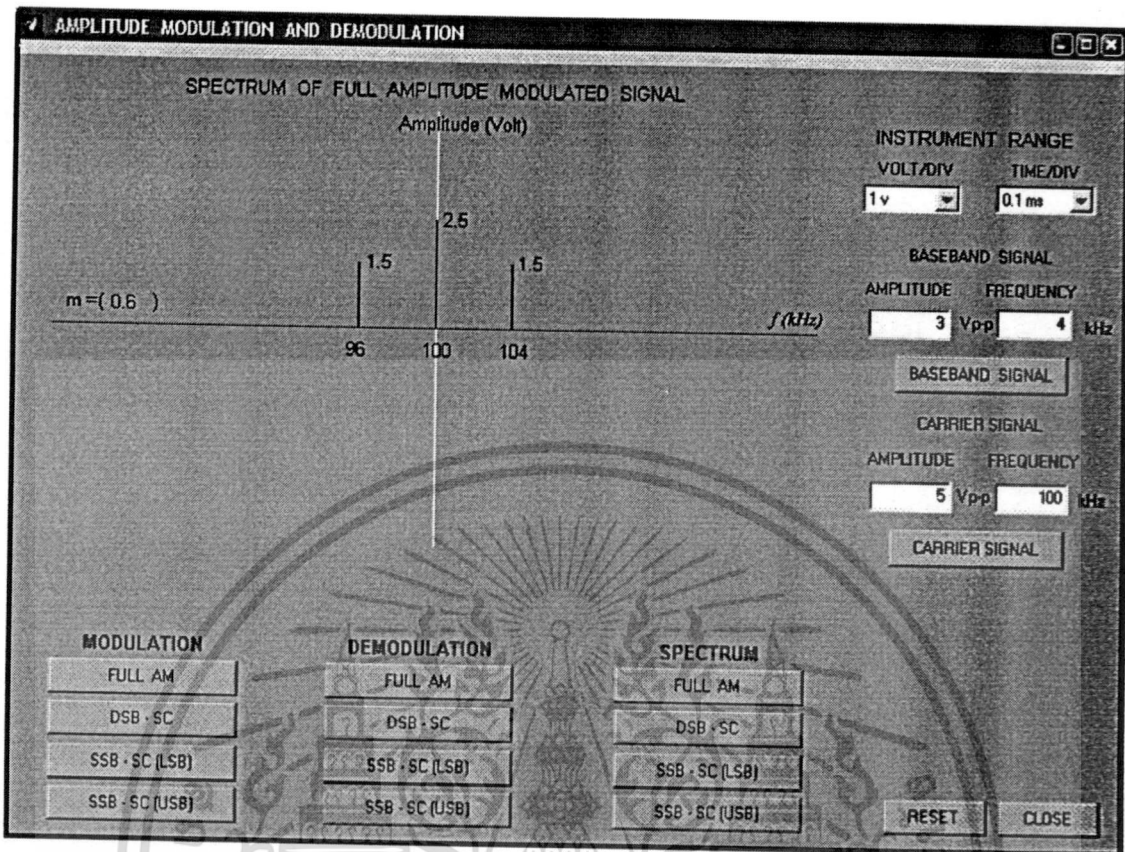
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



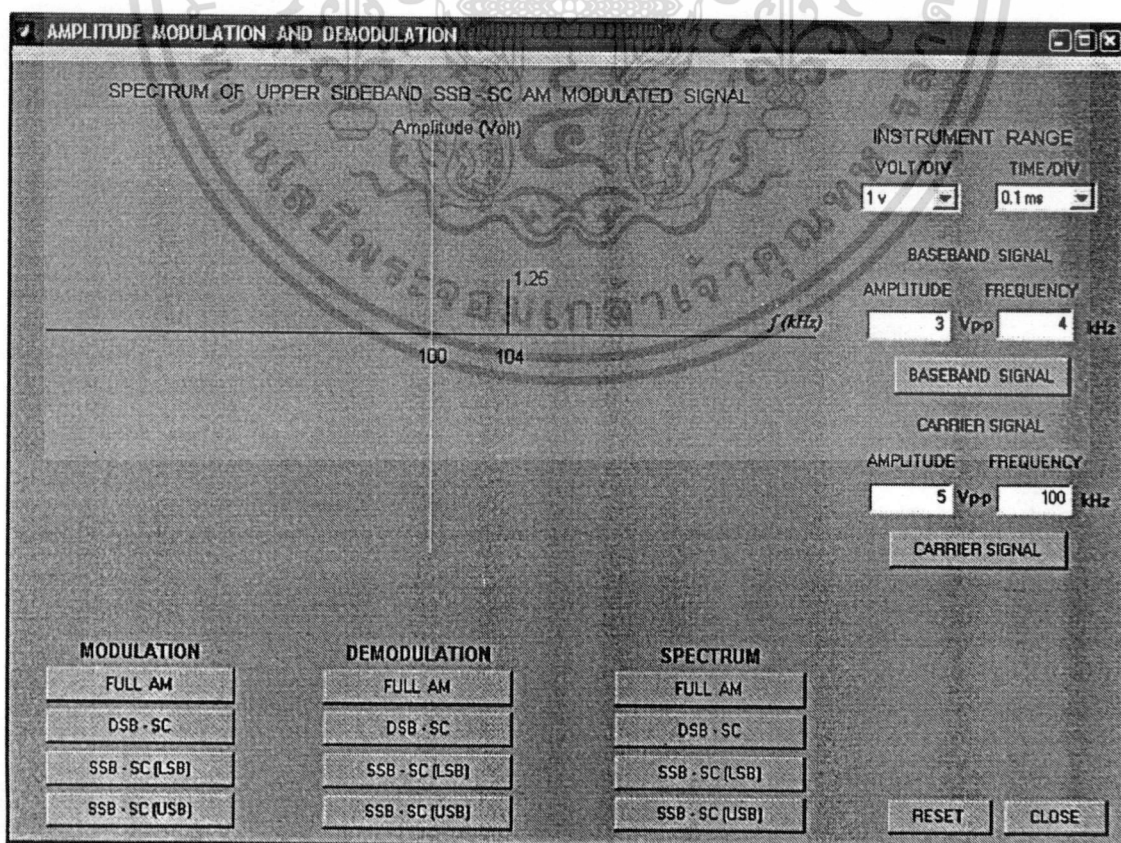
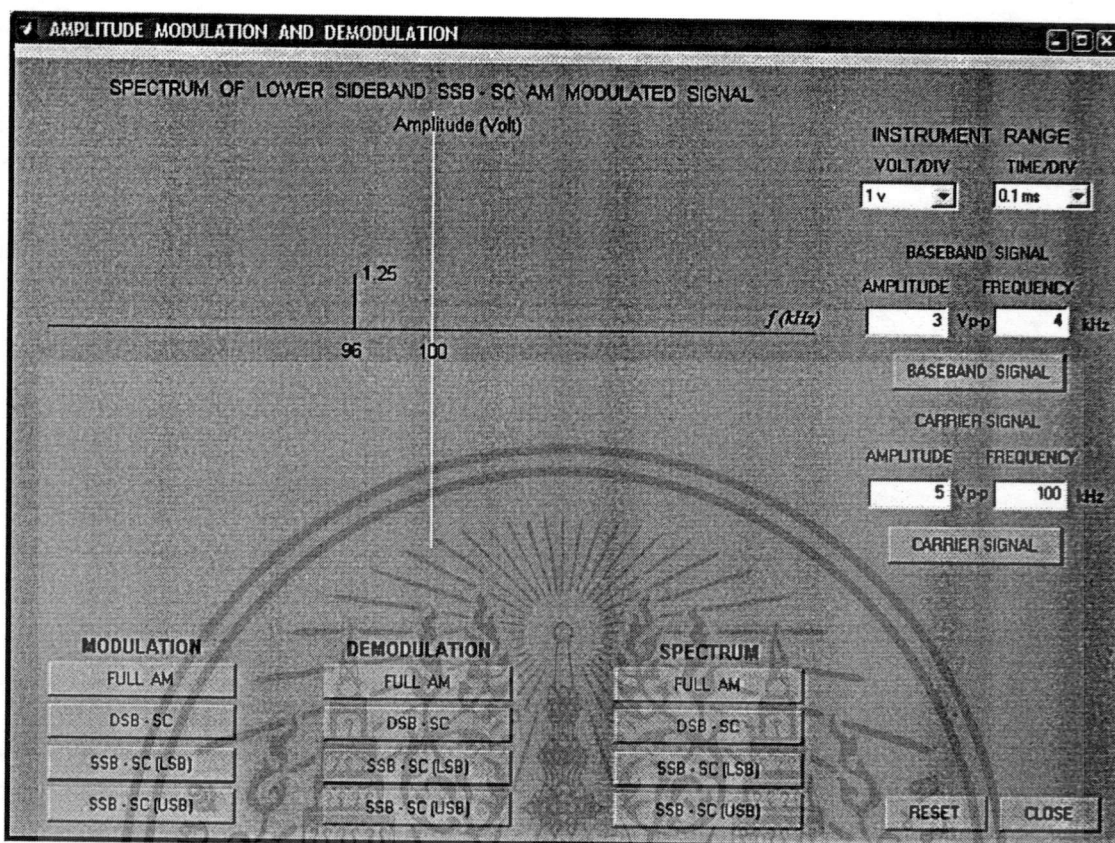
เอก

ารคำ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้เผยแพร่  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนลิขสิทธิ์โดย บริษัท เทคโนโลยี จำกัด  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**FREQUENCY MODULATION AND DEMODULATION**

**Table of Bessel function values**

Table of Bessel function values,  $\beta = 0 - 2.5$  (0.2 steps) and  $n = 0 - 8$  (after Betts, 1970)

n	J <sub>n</sub> (0.2)	J <sub>n</sub> (1.0)	J <sub>n</sub> (1.5)	J <sub>n</sub> (2.0)	J <sub>n</sub> (2.5)
0	+0.9900	+0.7652	+0.5118	+0.2239	-0.0484
1	+0.0995	+0.4401	+0.5579	+0.5767	+0.4971
2	+0.0050	+0.1149	+0.2321	+0.3528	+0.4461
3	+0.0002	+0.0196	+0.0610	+0.1289	+0.2166
4		+0.0025	+0.0118	+0.0340	+0.0738
5		+0.0002	+0.0018	+0.0070	+0.0195
6			+0.0002	+0.0012	+0.0042
7				+0.0002	+0.0008
8					+0.0001

**FREQUENCY MODULATION AND DEMODULATION**

**SPECTRUM OF FREQUENCY MODULATED SIGNAL**

$\beta = (2.0)$

Amplitude (Volt)

Frequency (kHz)

INSTRUMENT RANGE  
 VOLT/DIV: 1  
 TIME/DIV: 0.1 ms

BASEBAND SIGNAL  
 AMPLITUDE: 3 V<sub>p-p</sub>  
 FREQUENCY: 4 kHz

CARRIER SIGNAL  
 AMPLITUDE: 5 V<sub>p-p</sub>  
 FREQUENCY: 20 kHz

$\beta$  of WBFM: 2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้