

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

A DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON
PRINTED CIRCUIT BOARD DESIGN BY PROGRAM PROTEL.

กอบชัย สิริพงษ์ดี
KOBCHAI SIRIPONGDEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-438-7

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

A DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON
PRINTED CIRCUIT BOARD DESIGN BY PROGRAM PROTEL



กอบชัย สิริพงษ์ดี

KOBCHAI SIRIPONGDEE

เลขหม.....
เลขทะเบียน 47554
วัน, เดือน, ปี 2.0.ค.ค. 2546

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-438-7

**A DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON
PRINTED CIRCUIT BOARD DESIGN BY PROGRAM PROTEL**

KOBCHAI SIRIPONGDEE

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE (SCIENCE EDUCATION)
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2003

ISBN 974-324-438-7

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
A DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON PRINTED CIRCUIT BOARD DESIGN BY PROGRAM PROTEL

ชื่อนักศึกษา นายกอบชัย สิริพงษ์ดี

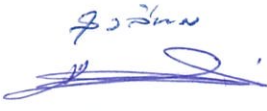

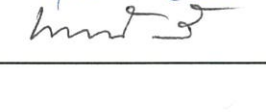


รหัสประจำตัว 41064202

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี	
อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล	
ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	
ผศ.ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 7 พฤษภาคม 2546 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว



วันที่...๙๓...เดือน...พฤษภาคม...พ.ศ...๒๕๔๖...

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
นักศึกษา	นายกอบชัย สิริพงศ์ดี
รหัสประจำตัว	41064202
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.สุรสิทธิ์ รัตรี
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา พร้อมทั้งหาประสิทธิภาพ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป และสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 75/75

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คน หาได้มาโดยการวิธีการสุ่มอย่างง่าย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ คือ เลือกเนื้อหา วิเคราะห์เนื้อหาเป็นหน่วยย่อย กำหนดจุดประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามเนื้อหาที่แบ่งไว้แล้ววิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel นำเนื้อหาที่ได้ทำการออกแบบมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้โปรแกรม Macromedia Authorware นำไปทดลองกับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่อง เมื่อแก้ไขแล้วนำเสนอให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบหาข้อบกพร่อง และให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ตรวจสอบประเมินคุณภาพสื่อ ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาแก้ไขปรับปรุงแล้วนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel มาทดลองหาประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพดีมากทั้งโดยภาพรวม ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ และมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.44/82.00 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 75/75 สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

Thesis Title	A Development of Computer Assisted Instruction on Printed Circuit Board Design by Program Protel
Student	Mr. Kobchai Siripongdee
Student ID.	41064202
Degree	Master of Science
Programme	Science Education
Year	2003
Thesis Advisor	Dr. Surasit Ratre
Thesistor Co-Advisor	Mr. Peerawut Suwanjan

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and seek for effectiveness of computer assisted instruction on printed circuit board design by program Protel. The hypothesis of this study were the subject of computer assisted instruction on printed circuit board design by program Protel conducted based on the good quality and the efficiency criteria of E1/E2 equal 75/75

Thirty students who were the first year from Industrial Instrument Technology department (Continue 2 years) of Industrial Engineering, faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang were selected with simple sampling method.

Development of CAI was first selected a lesson content. It was divided into sub-topics. General and behavioral objectives were defined to discover all sub-topics. It was divided into behavioral objectives. The learning experiment was constructed learners during and after the learning period. It was designed and developed by Macromedia Authorware. It was tried-out with the non-sample students. After improvements and approved as suggested by the advisor and co-advisors, contents/media production specialists assessed media. The experiments were conducted and data were analyzed with mean, standard variation and percentage.

The research revealed that the computer assisted instruction on printed circuit board design by program Protel met the excellent quality both contents and media, and met the excellent level of the efficiency at E1/E2 equal 80.44/82.00 of criteria standard. Then media of teaching should be used for efficiency learning into assumption.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.สุรสิทธิ์ ราชรี อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางรวมทั้งแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการวิจัยด้วยความเอาใจใส่เสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้ประเด็นข้อคิดต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ได้แก่ รศ.ดร.รวิวรรณ ชินะตระกูล ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม ผศ.ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ได้แก่ ผศ.กิติพงศ์ มะโน รศ.สมยศ จุณปิยะ อ.อำพล ทองระอา ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด และคุณเกษิษฐ์ อ่อนชุม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขเครื่องมือในการวิจัย รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาให้ผู้เรียน ได้มีความรู้ ความเข้าใจในศาสตร์ด้านเทคโนโลยีการศึกษา และสามารถนำมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์จนลุล่วง จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ต่อบุคคลทุกท่านที่เกี่ยวข้องและไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่สละเวลาให้ความร่วมมือ ทำให้ได้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว และพี่ชาย ที่ให้การสนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยความอดทนเป็นอย่างยิ่งเสมอมา ทำให้ผู้วิจัยสามารถผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆ ทั้งหลายทั้งปวงที่เกิดขึ้นจนสามารถสำเร็จการศึกษา

กอบชัย สิริพงศ์ดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 รายวิชาการทดลองปฏิบัติการการวัดคุมทางอุตสาหกรรม 2.....	5
2.2 คอมพิวเตอร์กับการศึกษา.....	6
2.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	7
2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ 9 เหตุการณ์ของ กาย่.....	12
2.5 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย โปรแกรม Protel.....	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	23
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	23
3.3 วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	34
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	37
4.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฯ.....	37
4.2 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฯ	39
4.3 ความคิดเห็นอื่นๆ จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนและแบบประเมิน คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	40
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	42
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	42
5.2 สมมติฐานการวิจัย	42
5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	42
5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	43
5.5 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	43
5.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	44
5.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	45
5.8 สรุปผลการวิจัย.....	45
5.9 อภิปรายผลการวิจัย.....	45
5.10 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	47
5.11 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป.....	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก รายละเอียดผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อ กับจุดประสงค์การเรียนรู้.....	52
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจและความเชื่อมั่นของ ข้อสอบ	59
ภาคผนวก ค ตารางแสดงผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ทางด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ.....	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน.....	69
ภาคผนวก จ แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา).....	71
ภาคผนวก ฉ แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเทคนิค การผลิตสื่อ).....	74
ภาคผนวก ช ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	76
ภาคผนวก ซ แบบทดสอบหลังการปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง	85
ภาคผนวก ฌ แบบทดสอบหลังสิ้นสุดปฏิบัติการครบทุกหน่วยการทดลอง.....	92
ภาคผนวก ญ คู่มือและใบงาน ประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	98
ประวัติผู้เขียน	121

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน.....	27
4.1 ผลคะแนนที่ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาประเมิน.....	37
4.2 ผลคะแนนที่ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อประเมิน.....	38
4.3 ผลคะแนนที่นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังการปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง.....	39
4.4 ผลคะแนนที่นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง.....	39
4.5 ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	39
ข1 การวิเคราะห์หาความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ.....	59
ข2 ค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบ.....	60
ข3 การวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ.....	62
ค1 ผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา.....	65
ค2 ผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	65

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างลายวงจรมิมพ์ที่ได้จากการออกแบบ	20
3.1 ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	24

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

บทบาทหนึ่งของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ต่อวงการอิเล็กทรอนิกส์และอุตสาหกรรม คือเป็นเครื่องมือในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ ของงานในวงการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม ตลอดจนช่างเทคนิค เพื่อการสร้างและพัฒนาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โปรแกรม Protel เป็นโปรแกรมหนึ่งซึ่งถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและสะดวกในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์เหล่านั้น โดยสามารถออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ และจำลองการทำงานของวงจรทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับนักออกแบบทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องด้วยประสิทธิภาพดังกล่าว ปัจจุบันโปรแกรม Protel จึงเป็นโปรแกรมเครื่องมือ (Tools) ที่มีความนิยมใช้ในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์อย่างแพร่หลาย

การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ในการศึกษาด้านอิเล็กทรอนิกส์ในทุกระดับ อาทิ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง และระดับอุดมศึกษา ผู้เรียนจำเป็นต้องมีพื้นฐานและทักษะการใช้โปรแกรม Protel เพื่อการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย ในหลักสูตรระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้จัดการเรียนการสอนเพื่อฝึกทักษะการใช้โปรแกรม Protel ออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์โดยเป็นหัวข้อการทดลองหนึ่ง ในรายวิชาการวัดคุมทางอุตสาหกรรม2 ตามมติของคณะกรรมการภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม เพื่อฝึกทักษะการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ อาทิ Schematic Capture, PLD Design, Simulation, PCB Layout, Auto Routing และการ Edit Library ของโปรแกรม Protel เป็นต้น ซึ่งทักษะเหล่านี้จำเป็นต่อการสร้างและพัฒนาการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ เพื่อประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ รวมถึงการพัฒนางานในระดับสูงต่อไป

การขาดทักษะในการใช้งานโปรแกรมดังกล่าว ก่อให้เกิดความล่าช้าในการเรียนรู้และการลงปฏิบัติการในหัวข้อ ต่างๆ อาทิ การออกแบบวงจรดิจิทัล (Digital Circuit Design), ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F8xx, วงจรวิทสโตนบริดจ์, อินสตรูเมน แอมป์, สเตรนเกจและโหลดเซลล์, แอล วี ดี ที, อาร์ทีดี เทอร์โมคัปเปิ้ล เทอร์มิสเตอร์, แอลดีอาร์ โซล่าเซลล์ โฟโตไดโอด และพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ เป็นต้น

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อช่วยครูในการสอนนักเรียน โปรแกรมจะบรรจุเนื้อหาที่จะสอน และนักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยการตอบโต้กับเครื่อง

ทำตามคำสั่งของโปรแกรม บทเรียนที่เป็นโปรแกรมช่วยสอนนี้สามารถแสดงตัวอักษร รูปภาพ ประกอบ ทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว นักเรียนสามารถจะย้อนกลับไปเริ่มต้นใหม่ หากยังไม่เข้าใจ บทเรียนดีพอ คอมพิวเตอร์จะสามารถจับเวลาประเมินผลให้นักเรียนทราบว่าแบบฝึกหัดที่ทำถูกต้อง หรือไม่ (ผดุง อารยะวิญญู. 2527; สมชาย ทยานง. 2526) บทบาทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย สอน จึงเป็นทางเลือกที่ดี เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยเน้นเนื้อหา แสดงภาพ นามธรรม ภาพเคลื่อนไหวหรือรายละเอียดต่างๆ ในเวลาทันทีทันใด (Real Time) จูงใจให้ผู้เรียนเกิด ความสนใจ และเข้าใจได้ง่าย ภายในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีการยกตัวอย่างการใช้งาน โปรแกรม Protel ซึ่งเป็นมาตรฐานให้ผู้เรียนทุกกลุ่มได้เรียนรู้รายละเอียดเนื้อหาที่เหมือนกันทุกครั้ง นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถทบทวนบทเรียนได้ด้วยตนเองตามความสามารถของแต่ละบุคคล ภายใน นอกห้องเรียนโดยไม่จำกัดเวลา ซึ่งประกอบด้วย การเรียนรู้เนื้อหา การทดสอบ และประเมินผลการ เรียนของตนเอง โดยครบถ้วนสมบูรณ์ ภายในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จากแนวทางดังที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างและพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel เพื่อประกอบการเรียน การสอนในรายวิชาการวัดคุมทางอุตสาหกรรม 2 ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่1 สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และยังเป็นประโยชน์ต่อ บุคลากรในวงการอิเล็กทรอนิกส์ตั้งที่ระบุรีไว้ข้างต้นอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย โปรแกรม Protel ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ ด้วยโปรแกรม Protel

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่ สร้าง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป
2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel มี ประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด $E1/E2 = 75/75$

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดจากทฤษฎีการเรียนรู้ 9 เหตุการณ์ของ โรเบิร์ต กาย์ (ถนอมพร (ตันพิพัฒน์) เลาหจรัสแสง. 2541 : 41-48 ; สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2538 : 25-33) ที่กล่าวถึงเทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

1. การเรียกความสนใจ (Gaining attention)
2. บอกให้ผู้เรียนทราบจุดประสงค์การสอน (Information the learner of the objective)
3. ทวนความรู้ก่อน (Activate prior knowledge)
4. การเสนอสิ่งเร้าที่ใช้ประกอบการสอน (Presenting the stimulus material)
5. การชี้แนะการเรียนรู้ (Guide learning)
6. กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit response)
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide feedback)
8. การวัดผลการเรียน (Assessing the performance)
9. การทำให้ผู้เรียนคงการเรียนรู้และการถ่ายโอนการเรียนรู้ (Enhancing retention and transfer)

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel จะเน้นไปที่กระบวนการเพิ่มทักษะและการวัดผลการเรียนของผู้เรียน โดยบทเรียนมีการสรุปเนื้อหาสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนคิดย้อนหลังถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มา

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 71 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทาง อุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การฝึกปฏิบัติการ โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ซึ่งเน้นกระบวนการเพิ่มทักษะการเรียนรู้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

3. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ จากเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel คะแนนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 75/75

4. คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึงคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

5. เกณฑ์ 75/75 หมายถึง ระดับคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละที่กำหนดไว้ในการทำประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอน โดย

75 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากแบบทดสอบหลังของหน่วยการทดลองคิดเป็นร้อยละ

75 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลองคิดเป็นร้อยละ

6. นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษางานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- 2.1 รายวิชาการทดลองปฏิบัติการการวัดคูลมทางอุตสาหกรรม 2
- 2.2 คอมพิวเตอร์กับการศึกษา
- 2.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ 9 เหตุการณ์ของ กาย์
- 2.5 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รายวิชาการทดลองปฏิบัติการการวัดคูลมทางอุตสาหกรรม 2

รายวิชาการทดลองปฏิบัติการการวัดคูลมทางอุตสาหกรรม2 รหัสวิชา 03331307 เป็นรายวิชา บัณฑิตเรียน ในกลุ่มวิชาเทคโนโลยีการวัดคูลมทางอุตสาหกรรม สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคูลมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเป็นการเรียนภาคปฏิบัติ จำนวน 6 คาบต่อสัปดาห์

หัวข้อปฏิบัติการหลัก ที่นักศึกษาต้องลงให้ครบทุกหัวข้อการทดลอง โดยอ้างอิงจากเอกสาร มติของคณะกรรมการวิชาการทดลองปฏิบัติการ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังนี้

1. Digital and Analog Simulation
2. Semiconductor Characteristics
3. Microcontrollers
4. MathLab เบื้องต้น
5. การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
6. Computer Aided Instruction (CAI)
7. Visual Basic Programming
8. Z80 Microprocessor Programming

โดยหัวข้อ การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ในหัวข้อที่ 5 มีจำนวน 6 คาบ ดังรายละเอียดของหน่วยการทดลอง และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมดังต่อไปนี้

2.1.1 การใช้งาน Design Explorer

2.1.1.1 สามารถบอกประเภทและประโยชน์การใช้งานของแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดต่างๆ ได้

2.1.1.2 สามารถอธิบายขั้นตอนการใช้งาน Design Explorer ได้

2.1.1.3 สามารถบอกคำสั่งในการจัดการ Design Explorer ได้

2.1.2 การใช้งาน Program Schematic Capture

2.1.2.1 สามารถอธิบายการสร้างชิ้นงานโดยใช้ Program Schematic Capture ได้

2.1.2.2 สามารถอธิบายขั้นตอนในการดำเนินงานวงจรโดยใช้ Program Schematic Capture ได้

2.1.3 การใช้งาน Program PCB

2.1.3.1 สามารถอธิบายวิธีการเริ่มต้นใช้งาน Program PCB ได้

2.1.3.2 สามารถอธิบายการเดินเส้นและการเดินเส้นอัตโนมัติได้

2.1.3.3 สามารถบอกความหมายของฟังก์ชันที่ใช้ในการจัดการอุปกรณ์ Footprint และ Library ได้

2.2 คอมพิวเตอร์กับการศึกษา

อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์ (2530) รายงานว่า คอมพิวเตอร์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในระบบงาน วิธีการดำเนินงานในสาขาต่างๆ เกือบทุกสาขา ไม่ว่าจะเป็นสาขาวิทยาศาสตร์ การทหาร การแพทย์ ธุรกิจการค้า การคมนาคม อุตสาหกรรม รวมทั้งการศึกษาด้วย

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ซึ่งถูกพัฒนาอย่างรวดเร็ว และมีการใช้อย่างแพร่หลาย ปัจจุบันกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาองค์กรและสถาบันทุกประเภท ด้านสถาบันการศึกษาซึ่งนักการศึกษาได้เริ่มมีการตื่นตัว และสนใจในการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกิจการ การทำงานภายในสถาบันการศึกษาหลายรูปแบบ โดย Taylor (1980) ได้สรุปบทบาทของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการศึกษาไว้ดังนี้

1. เป็นเครื่องมือในการทำงาน (Tool) ได้แก่ งานเพื่อการบริหาร เช่นการใช้คอมพิวเตอร์จัดการระบบฐานข้อมูลของนักเรียน จัดทำตารางสอน จัดทำข้อสอบ คำนวณคะแนนต่างๆ การตัดเกรดนักเรียน และงานจัดพิมพ์เอกสารต่างๆ เป็นต้น

2. เป็นผู้เรียนหรือผู้รับฟังคำสั่ง (Tutee) การใช้คอมพิวเตอร์ ในลักษณะนี้ ผู้ใช้ (User) จะเป็นผู้ควบคุมหรือสั่งให้คอมพิวเตอร์ปฏิบัติตามคำสั่งที่ต้องการ รวมถึงการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งผู้ใช้จะต้องเขียนชุดคำสั่งด้วยภาษาต่างๆ ที่คอมพิวเตอร์เข้าใจ

3. เป็นผู้สอน (Tutor) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยครูในระบบการเรียนการสอน ซึ่งการใช้คอมพิวเตอร์ในลักษณะนี้เป็นที่รู้จักกันในรูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI: Computer Assisted Instructor)

เนื่องจากประโยชน์ดังกล่าว ซึ่งครอบคลุมในทุกด้าน และความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ทำให้คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในสถาบันการศึกษามากขึ้น และจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้นในอนาคตอันใกล้ สำหรับประเทศไทยซึ่งนักการศึกษาได้เริ่มมีความตื่นตัวและสนใจในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในสถาบันการศึกษา ตั้งแต่หลายสิบปีก่อน แต่เนื่องจากในอดีตคอมพิวเตอร์เป็นเทคโนโลยีที่มีราคาสูง ใช้งานยาก และมีปัญหาด้านการซ่อมแซม ดูแลรักษา ดังนั้นจึงไม่ค่อยแพร่หลาย และมีใช้ในวงจำกัด ต่อมา สมชาย ทยานง (2526: 47-67) ได้รายงานว่ ขณะนี้ประเทศไทยสามารถผลิตไมโครคอมพิวเตอร์ได้เอง และดูแลรักษาได้ง่ายขึ้น นักการศึกษาจึงได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในสถาบันการศึกษาของประเทศไทยมากขึ้นในหลายรูปแบบซึ่ง ยืน ภู่วรรณ (2536: 2-3) ได้แบ่งแยกการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในระบบการศึกษาไว้ ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) หรือที่เรียกกันย่อๆ ว่า CAI ซึ่งจะเป็นส่วนของระบบเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อติดต่อโดยตรงกับนักเรียน ในการแสดงเนื้อหาบทเรียนตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ด้วยชุดคำสั่งจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2. Computer Managed Instruction หรือ CMI ซึ่งเป็นส่วนที่ช่วยในการจัดการติดตามการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยสามารถใช้ติดตามผลเป็นรายบุคคล ในแต่ละระดับชั้น โดย CMI จะมีหลายรูปแบบ ได้แก่ การตรวจสอบ (Testing) เพื่อใช้วัดระดับความรู้ของผู้เรียนเทียบกับวัตถุประสงค์ การสร้างข้อวินิจฉัย (Prescription Generation) ซึ่งระบบ CMI จะสร้างข้อวินิจฉัยสำหรับผู้เรียนเป็นรายบุคคล ทั้งนี้เพราะผู้เรียนแต่ละคนอาจมีพื้นฐานและประสบการณ์ที่แตกต่างกัน โดยข้อวินิจฉัยจะบอกจุดแข็งและจุดอ่อนจากการเรียนภายในบทเรียนที่ทดสอบ และการเก็บความก้าวหน้าของผู้เรียน (Record Keeping) เพื่อใช้ติดตามผลการเรียนรู้ในรายบุคคลและในระดับชั้น

3. Computer Supported Learning Resources หรือ CSLR ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์ ตามปกติห้องสมุดจัดเป็นทรัพยากรให้การเรียนรู้ที่สำคัญมาก ระบบ CSLR จะทำหน้าที่เหมือนห้องสมุด แต่ใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย

2.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ได้มีผู้ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไว้มากมาย เช่น

ผดุง อารยะวิญญู (2527: 41) ได้ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า หมายถึง การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องช่วยครูในการเรียนการสอน โปรแกรมสำหรับการเรียนการ

สอนมักบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับที่ครูจะสอน แต่แทนที่ครูจะสอนเนื้อหาวิชาด้วยตนเอง ครูก็บรรจุเนื้อหาเหล่านั้นไว้ในโปรแกรมและนักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขนิษฐา ชานนท์ (2532: 6) ให้ความหมายว่า หมายถึงการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอน โดยที่เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัดและการทดสอบจะถูกพัฒนาขึ้นในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมักเรียกว่า Courseware ผู้เรียนจะเรียนบทเรียนจากคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะสามารถเสนอเนื้อหาวิชา ซึ่งอาจจะเป็นทั้งในรูปแบบตัวหนังสือ และกราฟฟิก สามารถถามคำถาม รับคำตอบจากผู้เรียน ตรวจสอบคำตอบและแสดงผลการเรียนในรูปของข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ให้แก่ผู้เรียน

ยีน ภู่วรรณ (2531) ได้ให้ความหมายว่าเป็นบทเรียนที่ได้จัดกระทำไว้อย่างเป็นระบบเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ โดยการนำเสนอเนื้อหาและลำดับวิธีการสอนที่ต้องการมาบันทึกเก็บไว้ คอมพิวเตอร์จะช่วยนำบทเรียนที่เตรียมไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนแต่ละคน

นิพนธ์ สุขปรีดี (2536: 63-65) กล่าวว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นระบบการสอน โดยมีความเชื่อพื้นฐานที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียน (Active Participation) มีการตอบคำถามคิดและการทำกิจกรรมขณะเรียน โดยใช้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์เป็นสื่อการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการเสริมแรง (Reinforcement) จากระบบการสอน สามารถบันทึกความก้าวหน้าด้านการเรียนการสอนของผู้เรียนแต่ละคนเป็นระยะๆ

ครรรชิต มาลัยวงศ์ (2531:142-147) เห็นว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์โดยตรงตามความสามารถ และไม่ต้องมีบุคคลที่สามเข้ามาช่วย

โดยสามารถสรุปองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ดังนี้ (กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. 2531 ; ผดุง อารยะวิญญู.2527 ; ยีน ภู่วรรณ. 2531 ; วีระ ไทยพานิช. 2526 ; กิดานันท์ มลิทอง. 2536)

1. เป็นการเรียนการสอนโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งหมายถึงการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องช่วยครูในการเรียนการสอน
2. เป็นบทเรียนที่สร้างเตรียมไว้ก่อนที่จะมีการเรียนเกิดขึ้น โดยเนื้อหาในบทเรียนจะถูกออกแบบไว้อย่างดี และเก็บไว้ในแผ่นจานแม่เหล็ก เมื่อมีผู้ใช้ บทเรียนก็จะถูกแสดงผลผ่านหน้าจอของคอมพิวเตอร์
3. ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยจะมีการตอบสนองสิ่งที่คอมพิวเตอร์นำเสนอผ่านทางแป้นพิมพ์ หลังจากนั้นแล้วคอมพิวเตอร์จะให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) แก่ผู้เรียน
4. ยึดหลักความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยให้ผู้เรียนเรียนตามเอกัตภาพ สามารถเรียนไปตามความสามารถของตนเอง มีความสนใจและตั้งใจของผู้เรียนเป็นปัจจัยสำคัญ

จะพบว่าถ้าขาดองค์ประกอบข้างต้นส่วนหนึ่งส่วนใดไป จะทำให้การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนขาดความสมบูรณ์ และคอมพิวเตอร์ก็จะมีบทบาทเป็นเพียงอุปกรณ์ที่นำไปใช้เพื่อการสอน เหมือนกับอุปกรณ์ประเภทอื่นๆ ดังเช่น เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ เครื่องฉายสไลด์ หรือโทรทัศน์ เป็นต้น

การคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาใช้ในการเรียนการสอน จัดว่าได้ว่าเป็นวิธีการเรียนการสอนที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อได้ทั้งในการสอนเนื้อหาวิชาต่างๆ การทบทวน การทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผล (ทักษิณา สวานันท์, 2530) โดยที่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถพัฒนาขึ้นใช้ได้ในทุกสาขาวิชา (Billings, 1983) โดยเฉพาะจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และภาษาอังกฤษ (Dence, 1980) จนปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ทางการศึกษาได้มากกว่าสื่ออื่นใด

ดังนั้น คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นสื่อการสอนที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ ซึ่งครูได้บรรจุเนื้อหาวิชาตามลำดับขั้นตอนของการสอนให้เหมาะสมกับความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยครูจะต้องเลือกรูปแบบของโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้ตรงกับเป้าหมายของการเรียนการสอน เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและบรรลุวัตถุประสงค์

2.3.2 รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถแบ่งได้แตกต่างกันหลายรูปแบบ ดังนี้ นงนุช วรรณนวะ (2535: 3-18) ได้จำแนกออกเป็น 5 รูปแบบคือ

1. แบบศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorial)

รูปแบบนี้พัฒนาขึ้นจากความเชื่อที่ว่าคอมพิวเตอร์น่าจะเป็นสื่อประเภทอุปกรณ์ที่ช่วยในการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการเรียนจากชั้นเรียน กล่าวโดยสรุปคือ น่าจะใช้แทนครูได้ในหลายๆ หมวดวิชา โดยการเรียนการสอนไม่ได้จำกัดอยู่เพียงในโรงเรียนประถม มัธยม หรืออุดมศึกษาเท่านั้น แต่ยังสามารถขยายกว้างไปถึงการฝึกอบรม (Training) ในระดับและสาขาอาชีพต่างๆ ซึ่งอาจผสมผสาน การเรียนรู้ และการฝึกฝนด้วยตนเองในหลายๆ รูปแบบ และ CAI แบบ Tutorials ก็อาจเป็นวิธีหนึ่งที่เข้าไปมีบทบาท และมีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูงในอนาคตที่จะมีการใช้รูปแบบนี้เพื่อสอนเสริมถึงทบทวนหรือเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาหาความรู้ล่วงหน้าก่อนการเรียนในชั้นเรียนปกติ ซึ่งผู้เรียนอาจเรียนด้วยความสนใจหรืออาจเป็นบทเรียนเพิ่มเติมจากผู้สอนในหรือนอกเวลาเรียนปกติตามแต่กรณี

2. แบบฝึกทบทวน (Drill and Practice)

ถูกออกแบบขึ้นเพื่อการฝึกทบทวนความรู้ที่ได้เรียนไปแล้ว รูปแบบจะเป็นการผสมผสานการทบทวนแนวคิดหลักและการฝึกฝนในรูปแบบของการทดสอบบทเรียน ที่พบส่วน

มากจะเป็นบทเรียนด้านภาษา คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ซึ่งลักษณะของเนื้อหาจะเน้นด้านความรู้ (Knowledge) เป็นหลัก บทเรียนคอมพิวเตอร์รูปแบบนี้จะเริ่มต้นด้วยการนำเสนอเนื้อหาให้อ่านแล้วใช้แบบฝึกหัดเป็นการวัดความเข้าใจ และเพิ่มพูนความรู้หรือความชำนาญ แต่แบบฝึกหัดในลักษณะนี้จะ เป็นแบบสั้นๆ เช่น แบบเลือกตอบ แบบจับคู่ หรือแบบถูกผิด เป็นต้น ในกรณีนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่คิดจะต้องแสดงผลแตกต่างกันในขณะที่ผู้ใช้บทเรียนตอบคำถามแตกต่างกัน

3. แบบสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation)

ถูกออกแบบเพื่อสอนเนื้อหาใหม่หรือใช้เพื่อทบทวน หรือสอนเสริมในสิ่งที่ศึกษาหรือทดลองไปแล้ว โดยเน้นรูปแบบการสร้างสถานการณ์จำลองตัวอย่าง เช่น สร้างสถานการณ์การซื้อขายเพื่อเรียนรู้ หรือทบทวนการบวก ลบ คูณ หาร สร้างสถานการณ์จำลองในรูปแบบของบทบาทสมมติ (Roles Play) เพื่อสอนหรือทบทวนเรื่องธรรมชาติสิ่งแวดล้อม หรืออาจเป็นการจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

บทเรียนสถานการณ์จำลองใช้ได้ดีในการศึกษาเหตุการณ์ที่ต้องเสี่ยงอันตราย หรือมีค่าใช้จ่ายสูง มีเวลาน้อย หรือใช้ในการพิสูจน์สมมติฐานที่ซับซ้อน การใช้สถานการณ์จำลองในบางเรื่องช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุอุปกรณ์ปฏิบัติการได้มาก รวมถึงอาจช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดกับผู้เรียนได้ แต่ข้อเสียของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้ คือ ความยากในการสร้าง ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทนี้จึงมีจำนวนไม่มากนัก การสร้างจะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเนื้อหาและทางด้านโปรแกรม ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องใช้การคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์เข้าช่วยในการนำเสนอเนื้อหา ตัวอย่างเช่น บทเรียนสำหรับระบบฝึกการบิน (Flight Simulation) ซึ่งใช้ฝึกนักบินก่อนที่จะเข้าประจำการบินในเครื่องบินจริง เป็นต้น

4. แบบเกมการสอน (Instructional Games)

เป็นเครื่องมือการสอนที่มีประสิทธิภาพ มีวิธีการที่เป็นเกมซึ่งให้ความสนุกสนานบันเทิง แต่มีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนในการเรียนรู้ ซึ่งพัฒนาจากแนวความคิดและทฤษฎีทางการเสริมแรง (Reinforcement Theory) บนพื้นฐานการค้นพบว่า ความต้องการในการเรียนรู้ ซึ่งเกิดจากแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) เช่น ความสนุกสนาน จะให้ผลดีต่อการเรียนรู้และความคงทนในการจำ ดีกว่าการเรียนรู้ที่เกิดจากแรงจูงใจภายนอก (Extrinsic Motivation) เป็นต้น CAI แบบเกมการสอน เป็นบทเรียนที่ผู้เรียนชอบมากที่สุด แต่น่าเสียดายที่มีอยู่ในตลาดน้อยมาก ที่มีอยู่ส่วนมากจะเป็นเกมที่ไม่มีผู้ใดยืนยันได้ว่ามีคุณหรือโทษมากกว่ากัน

5. แบบทดสอบ (Testing)

เป็นรูปแบบ CAI ที่สร้างง่ายกว่าแบบอื่นๆ จุดประสงค์หลักเพื่อทดสอบความรู้และพิมพ์ผลการทดสอบของนักเรียน การสอบดังกล่าวอาจเป็นการสอบก่อนเรียน (Pretest) หรือหลังการเรียน (Posttest) หรือทั้งก่อนและหลังการเรียนแล้วแต่การออกแบบ หากเป็นโครงสร้างที่ใหญ่ ข้อสอบต่างๆ อาจถูกเก็บในรูปแบบของคลังข้อสอบ (Item Bank) เพื่อสะดวกต่อการสุ่มการใช้ก็ได้

ลักษณะของข้อสอบดังกล่าวนี้จะอยู่ในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์สามารถประเมินผลถูกหรือผิดได้ เช่น แบบเลือกตอบ (Multiple Choices) หรือแบบถูกผิด (True-False) การตั้งคำถามอาจผสมผสานวิธีการสร้าง CAI แบบสร้างสถานการณ์จำลองเข้ามาร่วมด้วยก็ได้

สำหรับ กิดานันท์ มลิทอง (2531: 169-173) ได้แบ่งรูปแบบออกเป็น 8 ประเภท โดยมี 5 รูปแบบแรกเหมือนกับบนงูช แต่มีการจำแนกเพิ่มอีก 3 ประเภท คือ

1. แบบแก้ปัญหา (Problem Solving)

คอมพิวเตอร์ได้รับความนิยมมาก ในการนำไปใช้เพื่อช่วยแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่เรียน โดยไม่จำกัดจำกัดว่าต้องเป็นเนื้อหาใดด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะ ลักษณะบทเรียนจะคล้ายกับการจำลองสถานการณ์จริง (Simulation) แต่การแก้ปัญหานั้นเน้นขบวนการคิดในระดับที่สูงกว่าในด้านการใช้เหตุผล

2. แบบค้นคว้า (Discovery)

รูปแบบนี้จะเป็นการให้โอกาสผู้เรียนได้มีประสบการณ์ด้านต่างๆ จากการเขียนโปรแกรมที่มีความซับซ้อน ประกอบกับการที่คอมพิวเตอร์สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้มากมาย ผู้เรียนจึงสามารถค้นคว้าหาความรู้ใหม่ โดยอาศัยวิธีการอุปนัย (Inductive Method) คือ การตั้งคำถามให้ผู้เรียนลองทำการลองผิดลองถูก วิธีอุปนัยจึงเป็นวิธีการเรียนรู้ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการเรียนรู้จากห้องทดลอง หรือการเรียนรู้จากประสบการณ์ภายนอกห้องเรียน

3. แบบสนทนา (Dialogue)

รูปแบบนี้เป็นวิธีการที่พยายามให้เป็นการพูดคุยระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน โดยเลียนแบบการสอนในห้องเรียน เพียงแต่ว่าแทนที่จะใช้เสียง ก็ใช้เป็นตัวอักษรบนจอภาพ และมีการสอนการตั้งคำถาม ซึ่งลักษณะการใช้คำถาม ก็เป็นการแก้ปัญหาย่างหนึ่ง

2.3.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการฝึกปฏิบัติ

การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการฝึกปฏิบัติ ในปัจจุบันได้ถูกจัดแบ่งและเรียกในชื่อแตกต่างกันไป เช่น CAT, CBT, CRT, COT หรือ CBST เป็นต้น

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกทักษะในระบบการฝึกแบบ CBST: Competency Base Skill Training นั้น มีการนิยามความหมายและจุดประสงค์ที่ชัดเจน ดังนี้

CBST เป็นระบบซึ่งแต่ละสาขาวิชาจะถูกย่อยลงเป็นทักษะ และความสามารถย่อยๆ ซึ่งผู้เข้ารับการฝึกแต่ละคนจำเป็นต้องปฏิบัติ และมีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับระบบการฝึกแบบปัจจุบันที่เน้นให้ผู้เข้ารับการฝึกได้รับองค์ความรู้ โดยสะท้อนผลจากคะแนนที่ได้รับ และทดสอบความรู้ต่างๆ

ลักษณะของโปรแกรมการฝึกระบบ CBST

1) ผู้เข้ารับการฝึกเรียนรู้อะไร (What Trainees Learn) ในการฝึกระบบ CBST นั้น ผู้เข้ารับการฝึกจะฝึกตามวัตถุประสงค์ ซึ่งจะสอดคล้อง และเป็นไปตามทักษะความสามารถ งาน หรือวัตถุประสงค์ของการฝึกที่สามารถปฏิบัติได้

2) ผู้เข้ารับการฝึกจะเรียนรู้ได้อย่างไร (How Trainees Learn) การฝึกในระบบ CBST จะต้องมีการจัดชุดฝึกที่มีคุณภาพ และได้รับการออกแบบมาอย่างดี โดยที่ให้ผู้เข้ารับการฝึกเป็นศูนย์กลางของการฝึกทั้งหมด ซึ่งสื่อนี้จะประกอบด้วยสื่อการฝึก และกิจกรรมการฝึกต่างๆ ที่สามารถฝึกให้ผู้เข้ารับการฝึกเรียนรู้ แต่ละทักษะได้จนครบถ้วนทั้งหมด ซึ่งสื่อการฝึกนั้นๆจะต้องได้รับการทดสอบ และปรับปรุงอย่างรอบคอบก่อนนำไปใช้

3) ผู้เข้ารับการฝึก จะฝึกตามความสามารถย่อยที่ละอย่าง (When Trainees Proceed From Competency to Competency) ในการฝึกในระบบ CBST วัสดุการฝึกที่เหมาะสมจะได้รับการจัดเตรียมไว้สำหรับผู้เข้ารับการฝึก รวมทั้งมีการจัดเวลาให้ฝึกอย่างเพียงพอ เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกสามารถเรียนรู้ความสามารถย่อยต่างๆ หรือกลุ่มของความสามารถย่อยนั้นๆ ให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ก่อนที่จะเข้าไปฝึกชุดฝึกต่อไป

วิธีการนี้ก่อให้เกิดความยืดหยุ่นสูง ผู้เข้ารับการฝึกแต่ละบุคคลจะถูกฝึกตามวัตถุประสงค์หลัก วัตถุประสงค์ย่อยหรือทักษะความสามารถย่อยต่างๆ ให้มีความเชี่ยวชาญ เมื่อผู้เข้ารับการฝึกความสามารถปฏิบัติได้ตามวัตถุประสงค์แล้ว จึงสามารถผ่านขึ้นไปยังวัตถุประสงค์ต่อไปได้ โดยประเมินผลเทียบกับมาตรฐานที่ตั้ง ทั้งนี้ผู้เข้ารับการฝึกจะได้ทักษะในการปฏิบัติอย่างแท้จริง

2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ 9 เหตุการณ์ของ กายี

แนวความคิดจากทฤษฎีการเรียนรู้ 9 เหตุการณ์ของ กายี (ถนอมพร (ตันพิพัฒน์) เลาฮอร์ส (แสง. 2541) ที่กล่าวถึงเทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

1. การเรียกความสนใจ (Gaining attention)

ขั้นตอนแรกของการสอนก็คือ การดึงดูดความสนใจจากผู้เรียน ทั้งนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นและจูงใจให้ผู้เรียนมีความต้องการที่จะเรียน ผู้เรียนที่มีแรงจูงใจในการเรียนสูงย่อมจะเรียนได้ดีกว่าผู้ที่มีแรงจูงใจน้อยหรือไม่มีแรงจูงใจเลย ตามหลักจิตวิทยาแล้วการจูงใจถือเป็นกระบวนการที่นำไปสู่พฤติกรรมที่มีเป้าหมาย (motivated behavior) และเป้าหมาย (goal) ในที่สุด

ดังนั้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรเริ่มด้วยหน้านำเรื่อง (Title Page) ซึ่งมีการใช้ภาพ สีหรือ ภาพเคลื่อนไหวต่างๆ เพื่อดึงดูดความสนใจจากผู้เรียน โดยมีเงื่อนไขว่าหน้านำเรื่องซึ่งใช้ภาพ สีหรือภาพเคลื่อนไหวต่างๆ นี้ จะต้องเกี่ยวข้องกับบทเรียนด้วย ที่นิยมทำกันก็คือ การแสดงชื่อของบทเรียน ชื่อผู้สร้างบทเรียน แนะนำตัวเรื่อง (ที่อาจมี) ในบทเรียนหรือนำเนื้อหาทั่วไปในบทเรียน เป็นต้น จากประสบการณ์การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผ่านมา พบว่าการใช้

มัลติมีเดียในการช่วยเราความสนใจเป็นสิ่งสำคัญ หากการใช้ที่มากเกินไปนั้น อาจก่อให้เกิดผลในทางตรงกันข้ามแทนได้ (More doesn't always mean better.) นอกจากนี้การใช้กราฟิกหรือภาพเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างนาน สลับซับซ้อนและมีเสียงประกอบต่างๆ จะทำให้ผู้ใช้รำคาญได้หลังจากการเข้าใจสัก 2-3 ครั้ง ดังนั้น ผู้ออกแบบควรที่จะจัดหาทางเลือกให้ผู้ใช้ในการข้ามหรือหยุดการใช้กราฟิกหรือภาพเคลื่อนไหวนั้นๆ ไว้เสมอ

2. บอกให้ผู้เรียนทราบจุดประสงค์การสอน (Information the learner of the objective)

การบอกวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียน ทั้งนี้เพื่อเป็นการให้ผู้เรียนได้ทราบถึงเป้าหมายในการเรียนโดยรวม หรือสิ่งต่างๆ ที่ผู้เรียนสามารถทำได้หลังจากที่เรียนจบบทเรียน การบอกวัตถุประสงค์นี้อาจจะอยู่ในรูปของวัตถุประสงค์กว้างๆ จนถึงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากหลักฐานทางการวิจัย พบว่าการบอกวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญซึ่งช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ ตามทฤษฎี ARCS ของเคลเลอร์และชูซูกิ แล้วการที่ผู้เรียนได้ทราบถึงเป้าหมายของการเรียนของตนยังนับว่าเป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียน เนื่องจากผู้เรียนตระหนักในเป้าหมายของตน จึงเกิดความพยายามมากขึ้นในการที่จะไปให้ถึงเป้าหมายนั่นเอง

การบอกวัตถุประสงค์ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ควรที่จะสั้น กระชับ ได้ใจความและใช้ข้อความซึ่งเหมาะสมกับระดับของกลุ่มเป้าหมาย นอกจากนี้การบอกวัตถุประสงค์ไม่จำเป็นต้องเขียนเป็นข้อๆ หรือใช้รูปแบบเดียวกับในตำราเรียนเสมอไป นักออกแบบควรที่จะใช้ความคิดสร้างสรรค์เทคนิคการบอกวัตถุประสงค์ในลักษณะที่น่าสนใจ เช่น หากกลุ่มเป้าหมายเป็นเด็ก การบอกวัตถุประสงค์อาจจะอยู่ในรูปของการใช้กราฟิกและเสียงเข้าช่วยแทน

3. ทวนความรู้ก่อน (Activate prior knowledge)

การทวนความรู้เดิมของผู้เรียน ตามทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema Theory) การรับรู้ (perception) เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้เนื่องจากไม่มีการเรียนรู้ใดเกิดขึ้นได้โดยปราศจากการรับรู้ นอกจากนี้การรับรู้ข้อมูลนั้นเป็นการสร้างความหมายโดยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม ภายในกรอบความรู้เดิมที่มีอยู่และจากการกระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่เข้าด้วยกัน ดังนั้นการทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการรับความรู้ใหม่ให้แก่ผู้เรียนจึงเป็นสิ่งจำเป็น

4. การเสนอสิ่งเร้าที่ใช้ประกอบการสอน (Presenting the stimulus material)

การนำเสนอเนื้อหาโดยใช้ตัวกระตุ้นที่เหมาะสมในการเสนอเนื้อหาใหม่เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการสอน ทั้งนี้เพื่อช่วยให้การรับรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รูปแบบในการนำเสนอเนื้อหานั้นมีด้วยกันหลายลักษณะ ตั้งแต่การใช้ข้อความ ภาพนิ่ง ตารางข้อมูล กราฟ แผนภาพ กราฟิก ไปจนถึง การใช้ภาพเคลื่อนไหว จากหลักฐานการวิจัย พบว่าการนำเสนอเนื้อหาโดยใช้สื่อหลายรูปแบบหรือที่รวมเรียกว่า มัลติมีเดีย นั้นนับเป็นการนำเสนอที่มีประสิทธิภาพ เพราะนอกจากจะสร้างความสนใจของผู้เรียนแล้ว ยังช่วยในการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดีขึ้นด้วย กล่าวคือ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น และทำให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจำ (Retention) มากขึ้นอีกด้วย

ในปัจจุบันด้วยศักยภาพของคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยให้มีการนำเสนอข้อมูลเนื้อหาต่างๆ ในลักษณะของมัลติมีเดีย จึงไม่ใช่เรื่องยากเหมือนในอดีต แต่อย่างไรก็ตามการนำเสนอข้อมูลเนื้อหาต่างๆ ควรเลือกใช้มัลติมีเดียอย่างเหมาะสมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งควรที่จะคำนึงถึงลักษณะและความสามารถทางการเรียนของผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเป็นปัจจัยสำคัญ

5. การชี้แนะการเรียนรู้ (Guide learning)

ในการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกตินั้น บ่อยครั้งที่เราจะสังเกตว่า ครูผู้สอนจะไม่บอกคำตอบหรือนำเสนอแนวคิดหรือเนื้อหาโดยตรงแก่ผู้เรียน แต่ในทางตรงกันข้ามครูผู้สอนจะใช้การสอนแบบค้นพบหรือการสอนแบบอุปมาน ตัวอย่างเช่น การยกตัวอย่างหรือตั้งคำถามชี้แนะกว้างๆ และแคบลงเรื่อยๆ เพื่อให้ผู้เรียนพยายามคิดวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบหรือค้นพบแนวคิดหรือเนื้อหาใหม่นั้นได้ด้วยตนเองนั้น การสอนแบบค้นพบและการสอนแบบอุปมานนี้ถือว่าการชี้แนะทางการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามที่ครูผู้สอนจะชี้แนะทางการเรียนรู้แก่ผู้เรียนมากน้อยเพียงใดนั้นก็แตกต่างกันไปตามลักษณะของเนื้อหาและความสามารถทางการเรียนของผู้เรียน หากเนื้อหาเป็นในลักษณะที่ไม่ต้องการการค้นพบ เช่น การเรียนคำศัพท์ใหม่ๆ การชี้แนะอาจมีความจำเป็นน้อยหรือไม่เลยและผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูงย่อมที่จะต้องการการชี้แนะทางการเรียนรู้น้อยกว่าผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะของผู้เรียนยังเป็นตัวกำหนดรูปแบบของการชี้แนะทางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อีกด้วย กล่าวคือ หากผู้เรียนมีประสิทธิภาพทางการอ่านต่ำ การใช้ภาพและเสียงในการชี้แนะทางถือว่าเป็นทางเลือกของการชี้แนะทางการเรียนรู้ที่เหมาะสมกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว

6. กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit response)

เป็นการให้ผู้สอนมีโอกาสดสอบว่าผู้เรียนเข้าใจในสิ่งที่ตนกำลังสอนอยู่หรือไม่ และผู้เรียนก็จะมีโอกาสได้ทดสอบความเข้าใจของตนในเนื้อหาที่กำลังศึกษาอยู่

สำหรับการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น การกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองนี้มักจะออกมาในรูปของกิจกรรมต่างๆ ที่ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดและการปฏิบัติในเชิงโต้ตอบ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการให้ผู้เรียนแสดงถึงความเข้าใจในสิ่งที่กำลังเรียน ดังนั้นการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์นั้น ผู้ออกแบบจึงควรที่จะจัดให้มีกิจกรรมที่สร้างสรรค์ต่างๆ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเพื่อให้เกิดการกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองจากผู้เรียน

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide feedback)

การให้ข้อมูลย้อนกลับถือว่าการเสริมแรงอย่างหนึ่งซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ในตัวผู้เรียน การให้ผลย้อนกลับนอกจากจะทำให้ผู้เรียนทราบว่าสิ่งที่ตนเองเข้าใจนั้นถูกต้องมากน้อยเพียงใดแล้ว ยังทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนอีกด้วย สามารถแบ่งผลป้อนกลับตามลักษณะการปรากฏ (Appearance) ได้ 4 แบบคือ

- 1) แบบไม่เคลื่อนไหว (Passive Feedback) หมายถึง การเสริมแรงด้วยการแสดงคำหรือข้อความว่า ถูกต้อง ผิด ตอบอีกครั้ง หรือ คำเฉลย
- 2) แบบเคลื่อนไหว (Active Feedback) หมายถึง การเสริมแรงด้วยการแสดงภาพหรือกราฟิก เช่น ภาพหน้ายิ้ม หน้าเสียใจ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักจะออกแบบให้มีลักษณะเคลื่อนไหวได้ นอกจากนั้นยังครอบคลุมถึงการใช้อธิบายคำตอบของผู้เรียน ซึ่งในบางครั้งการใช้อธิบายอาจไม่ชัดเจนพอ
- 3) แบบโต้ตอบ (Interactive Feedback) หมายถึง การเสริมแรงด้วยการให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมเชิงโต้ตอบกับบทเรียนซึ่งกิจกรรมนั้นๆ ไม่ใช่เนื้อหาโดยตรง เช่น การเล่นเกมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเป็นต้น
- 4) แบบทำเครื่องหมาย (Markup Feedback) หมายถึง การทำเครื่องหมายบนคำตอบของผู้เรียนเมื่อคำตอบของผู้เรียนถูกแก้เพียงบางส่วน ซึ่งเครื่องหมายมักจะอยู่ในรูปของการขีดเส้นใต้ การใช้สีที่แตกต่าง การทำเครื่องหมายนี้จำกัดเฉพาะข้อความประเภทเติมคำ หรืออาจแบ่งตามธรรมชาติของเนื้อหา (Content) เป็น 2 ลักษณะคือ

- 1) ผลป้อนกลับพร้อมคำอธิบาย (Constructive Feedback) หมายถึง ผลป้อนกลับซึ่งช่วยให้คำอธิบายแก่ผู้เรียนว่าทำถูกหรือผิด อย่างไร เพราะอะไร ซึ่งข้อมูลอาจอยู่ในลักษณะการชี้ข้อผิดพลาดของคำตอบผู้เรียน หรืออาจเป็นการบอกใบ้ให้แก่ผู้เรียนในการได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งผลในลักษณะนี้นอกจากจะเป็นการเสริมแรงแล้วยังเป็นการให้ข้อมูลเพิ่มเติมแก่ผู้เรียนในการพยายามคิดหาหรือสร้าง (construct) คำตอบที่ถูกต้องในการพยายามครั้งต่อไปอีกด้วย
- 2) ผลป้อนกลับไร้คำอธิบาย (non-Construct Feedback) หมายถึง ผลป้อนกลับซึ่งไม่ได้นำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมอะไรแก่ผู้เรียนนอกจากข้อมูลว่าคำตอบที่ผู้เรียนเลือกนั้นถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง เท่านั้น

8. การวัดผลการเรียน (Assessing the performance)

เป็นการประเมินว่าผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามที่ได้ตั้งเป้าหมายหรือไม่อย่างไร การทดสอบนั้นอาจจะเป็นการทดสอบหลังจากผู้เรียนเรียนจบทั้งหมดแล้วก็ได้ โดยการทดสอบความรู้นั้นนอกจากจะเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองแล้ว ผู้สอนก็ยังสามารถนำประโยชน์ของการทดสอบความรู้ไปใช้ในการประเมินว่าผู้เรียนนั้นได้รับความรู้และความเข้าใจเพียงพอที่จะผ่านไปศึกษาบทเรียนต่อไปหรือไม่ ดังนั้นการออกแบบแบบทดสอบความรู้ควรมีความเชื่อถือได้ (Valid)

9. การทำให้ผู้เรียนคงการเรียนรู้และการถ่ายโยงการเรียนรู้ (Enhancing retention and transfer)

สิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ข้อมูลใดนั้น คือการทำให้เกิดบริบทที่มีความหมายต่อผู้เรียน (Meaningful Context) ซึ่งหมายถึงการทำให้ผู้เรียนตระหนักว่าข้อมูลความรู้ใหม่ที่ได้เรียนรู้ไปนั้น มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลความรู้เดิม หรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีความคุ้นเคย

อย่างไร สำหรับการถ่ายโอนการเรียนรู้หรือการนำไปใช้นั้น ผู้สอนจะต้องจัดหากิจกรรมใหม่ๆ และหลากหลายไว้ให้สำหรับผู้เรียน โดยกิจกรรมจะต้องเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ที่เพิ่งเรียนรู้มา

ดังนั้นขั้นตอนนี้ ผู้ออกแบบจึงควรที่จะเชื่อมโยงข้อมูลความรู้ใหม่กับความรู้เดิมของผู้เรียน รวมทั้งการยกตัวอย่างสถานการณ์หรือบริบทอื่นๆ ที่แตกต่างไปจากตัวอย่างที่ใช้ในบทเรียนด้วย

2.5 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

แผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board: PCB) เริ่มถูกคิดค้นขึ้นตั้งแต่ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งในช่วงนั้น อาวุธสงครามไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือสื่อสารทางทหารและการบิน ได้มีการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาควบคุม จากเดิมที่เมื่อก่อนวงจรอิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้น จะใช้วิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ด้วยการโยงสายด้วยลวดทองแดงแบบจุดต่อจุด ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาความผิดพลาดได้ง่าย และยังไม่สามารถใช้กับวงจรที่มีขนาดใหญ่ซับซ้อนได้ ด้วยเหตุนี้ จึงต้องมีการพัฒนาแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่แข็งแรงและมีน้ำหนักเบาขึ้นมาทดแทน

โดยพื้นฐานของแผ่นวงจรพิมพ์ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือแผ่นฐาน หรือซับสเตรต (Substrate) กับส่วนที่เป็นตัวนำ ในจุดแรกแผ่นวงจรพิมพ์ จะประกอบขึ้นจากแผ่นฐานที่ทำด้วยฉนวนบางๆ ยึดรวมกันด้วยสารประเภทเทอร์โมเซตติง เพื่อให้รองรับกับตัวนำที่ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์ ตัวนำที่ใช้เชื่อมต่อต่ออุปกรณ์นี้จะใช้วิธีการพิมพ์หมึกที่สามารถนำไฟฟ้าได้ลงไปบนแผ่นฐานวงจรพิมพ์ จึงเป็นที่มาของคำว่า Printed Circuit Board หรือ PCB ซึ่งนิยมใช้กันอยู่จนถึงปัจจุบัน

2.5.1 ความหมายของ PCB

Printed Circuit Board: PCB เป็นส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะใช้เป็นทางเดินสัญญาณไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่อยู่ในวงจรอันจะทำให้วงจรนี้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ แผ่นวงจรพิมพ์จะประกอบไปด้วยแผ่นฐานหรือซับสเตรตที่ทำจากแผ่นฉนวนบางๆ อัดยึดรวมกันด้วยสารประเภทเทอร์โมเซตติง เพื่อรองรับแผ่นตัวนำที่ใช้เชื่อมต่อต่อสัญญาณไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ (โดยทั่วไปใช้ทองแดง) ในครั้งแรกนั้นตัวนำที่ใช้เชื่อมต่อทำขึ้นจากการพิมพ์หมึกที่เป็นตัวนำลงไปบนแผ่นซับสเตรตจึงเป็นที่มาของคำว่า “Printed Circuit Board หรือ PCB แต่ในปัจจุบันนิยมใช้แผ่นทองแดงบางๆ ยึดเข้ากับผิวหน้าของซับสเตรตด้วยกาว เรียกว่า “Metal clad laminate” ส่วนวัสดุที่ใช้ทำซับสเตรตที่นิยมกันได้แก่ กระดาษชุบฟีนอลิกอัด อีพ็อกซี-ไฟเบอร์กลาส เป็นต้น

2.5.2 หน้าทีของ PCB

แผ่น PCB มีหน้าที่หลักในการยึดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน มีตัวนำซึ่งเป็นลายทองแดงทำหน้าที่เป็นทางเดินของสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์ตัวหนึ่งไปสู่อุปกรณ์ตัวอื่นๆ ตามวงจรที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีการบัดกรีตะกั่วที่บริเวณขาของอุปกรณ์ที่จุดบัดกรี (PAD) เพื่อเชื่อมต่อขาอุปกรณ์เหล่านี้เข้ากับลายทองแดงของวงจรและเพื่อใช้ยึดอุปกรณ์เข้ากับ PCB ไปในตัวด้วย

2.5.3 PCB ประเภทต่างๆ

1. Single-Sided Board แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดมีลายวงจรด้านเดียว ประกอบไปด้วยชั้นสเตรคและชั้นของแผ่นตัวนำเพียงด้านเดียวเป็นที่นิยมใช้กับวงจรทั่วไป ที่มีความหนาแน่นของวงจรไม่มากนัก ที่ใช้กันอยู่จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ ฟินอลิกและอีพ็อกซี่ ซึ่งชนิดฟินอลิกจะมีราคาถูกกว่า แต่มีข้อเสีย คือ เปราะ มีความแข็งแรงต่ำ และมีการต้านทานความชื้นต่ำทำให้สูญเสียความชื้นได้ง่าย จึงไม่เหมาะกับการใช้งานที่มีความถี่สูง ตัวอย่างงานที่ใช้วงจรพิมพ์ประเภทนี้ ได้แก่ แผ่นวงจรของเครื่องขยายเสียง, แผ่นวงจรในเครื่องรับวิทยุ-โทรทัศน์ เป็นต้น

2. Double-Sided Boards แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดมีลายวงจรสองด้าน ประกอบด้วยชั้นของแผ่นตัวนำสองด้าน คือ ด้านบนและด้านล่างประกบกับชั้นของชั้นสเตรคอยู่ วัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นชั้นสเตรค คือ ไฟเบอร์กลาสอีพ็อกซี่ แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้เหมาะกับงานที่มีความหนาแน่นของวงจรตั้งแต่ปานกลางจนถึงสูง รวมทั้งสามารถทำงานที่ความถี่สูงได้ดี เนื่องจากวัสดุที่นำมาทำเป็นชั้นสเตรคมีคุณสมบัติเพียงพอ แล้วยังสามารถใช้วิธีการ Plat Through Hole (PTH) เพื่อให้เส้นตัวนำทั้งสองตัวถึงกันได้ด้วย จึงช่วยลดเส้นทางเดินของลายวงจรและสามารถเพิ่มความหนาแน่นของวงจรได้มากขึ้นอีกทางหนึ่ง ตัวอย่างงานที่ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ ได้แก่ แผ่นวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์, แผ่นวงจรเครื่องส่งวิทยุ เป็นต้น

3. Multilayer Board แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดหลายชั้น แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้จะประกอบไปด้วยชั้นของแผ่นตัวนำและชั้นสเตรคมากกว่าสองชั้น โดยการอัดชั้นต่างๆ เข้าหากันด้วยความร้อนและเครื่องอัดแรงดันสูง เหมาะกับงานที่มีความหนาแน่นสูงจนถึงสูงมาก ตัวอย่างงานที่ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ ได้แก่ แผ่นวงจรหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์ แผ่นวงจรเครื่องมือวัด แผ่นวงจรทางการสื่อสาร โทรคมนาคมต่างๆ เป็นต้น

4. Flexible Circuit PCB แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดอ่อน เป็นวงจรพิมพ์ที่ใช้กับงานที่ PCB ทั่วไปไม่สามารถติดตั้งได้อาจเพราะถูกจำกัดด้วยพื้นที่ในการติดตั้ง หรือการใช้งานจะต้องมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ตัวอย่างของงานที่จำเป็นต้องใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ ได้แก่ แผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างหัวอ่านดิสก์ไดรฟ์ที่ต้องมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาหรือแผ่นวงจรพิมพ์ในกล่องถ่ายรูปที่ต้องมีการติดตั้งในพื้นที่ที่จำกัด เป็นต้น

2.5.4 กระบวนการของ PCB

1. การออกแบบ PCB (PCB Design) เริ่มจากออกแบบลายวงจร ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นนี้คือ Artwork หรือรูปวาดของลายเส้นทองแดงในชั้นต่างๆของ PCB ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ปีดเทป ทึบแสงบนแผ่นใส ซึ่งอาจจะสร้างด้วยขนาด 2 เท่า แล้วมาถ่ายย่อให้เท่าขนาดจริง จึงนำไปทำ PCB การออกแบบด้วยวิธีนี้มีความยุ่งยากเป็นอย่างมาก หากต้องออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนมากๆ เพราะโอกาสผิดพลาดสูง แต่เหมาะสมสำหรับวงจรที่มีความซับซ้อนต่ำ และต้องการความเร็ว อีกวิธีคือใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ ซึ่งสามารถทำวงจรซับซ้อนมากๆ ได้ดี เช่น ลายเส้นที่มีความละเอียดมากๆ รวมทั้งสามารถออกแบบ PCB หลายๆชั้น ได้ดีอีกด้วย การแก้ไขสามารถทำได้สะดวกทั้งนี้ เพราะโปรแกรมสามารถตรวจสอบลายเส้นทองแดง มีความถูกต้องหรือไม่เมื่อเทียบกับวงจรต้นฉบับ

2. การสร้างชิ้นงาน (PCB Fabrication) หลังจากได้ Artwork แล้ว นำมาผ่านกระบวนการทางเคมี เพื่อนำส่วนของทองแดงที่ไม่ต้องการออกจากแผ่นทองแดง เหลือเพียงลายเส้นเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เท่านั้นกระบวนการจะซับซ้อนมากขึ้น เมื่อต้องการทำลายเส้นขนาดเล็ก และมีจำนวนหลายชั้น

2.5.5 ขั้นตอนการออกแบบ

กระบวนการออกแบบด้วยโปรแกรมช่วยออกแบบแผ่น PCB โดยทั่วไป เช่น OrCAD, Protel, PADS จะมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. Schematic Capture การนำวงจรใส่ด้วยโปรแกรม การใส่วงจรนี้จะใช้สัญลักษณ์แทนอุปกรณ์จริงตามรูปร่างมาตรฐานและกำหนดการเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้าจากอุปกรณ์หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง โปรแกรมสามารถตรวจสอบความผิดพลาดในการออกแบบเบื้องต้นได้ เช่น ให้เอาท์พุท สองชุดต่อมาชนกัน หรือกำหนดชื่อสัญญาณผิด ทำให้ต่อกันไม่ถึง เป็นต้น

2. PCB Layout คือ ขั้นตอนการนำข้อมูลซึ่งอยู่ในรูป Netlist นำมาเชื่อมต่อกับ Footprint หรือรูปร่างที่แท้จริงของอุปกรณ์นำมาสร้างเป็นแผ่นวงจรจริงๆ มีขนาดความกว้างยาวถูกต้องตามสัดส่วน โปรแกรมให้เครื่องมือสำหรับจัดการกับอุปกรณ์ เช่น การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ลงมาวางในตำแหน่งบนบอร์ด ทั้งการออกแบบชนิดต่างๆ และการออกแบบที่ซับซ้อน สามารถวางอุปกรณ์ได้ทั้งด้านบนและด้านล่าง จัดการกับการเดินเส้นทองแดง เพื่อเชื่อมต่อการทำงานวงจร กำหนดได้ว่าจะให้สัญญาณใดมีขนาดเส้นใหญ่กว่าเส้นอื่นๆ เท่าใด การต่อเส้นทองแดงนี้สามารถทำได้ทั้งในรูปแบบอัตโนมัติและด้วยตนเอง

3. Artwork Generation หลังจาก Layout PCB Board เสร็จเรียบร้อยแล้ว ผลลัพธ์ที่ต้องการจากโปรแกรม คือ Artwork หรือแผ่นฟิล์มซึ่งจะมีลายทึบแสงในตำแหน่งลายเส้นทองแดง โปรแกรมสามารถสร้างไฟล์ Artwork ได้หลายรูปแบบ เช่น Gerber Format, PostScript Format

เป็นต้น นอกจากนั้นยังสร้างไฟล์สำหรับช่วยการผลิตอื่นๆ เช่น Drill File สำหรับเครื่องเจาะอัตโนมัติรู้ตำแหน่งรูเจาะตรงตามข้อมูลในขณะออกแบบ

2.5.6 ส่วนประกอบโดยรวมของโปรแกรม Protel

Protel 99 SE เป็นเวอร์ชันล่าสุดที่ทาง บริษัท Protel International ได้ผลิตออกมา เป็นโปรแกรมที่มีความสมบูรณ์สำหรับการออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ เพราะนอกจากจะเด่นเรื่องการสร้างวงจรและการเดินสายเส้นทองแดงแล้ว Protel 99 SE ยังได้รวมเครื่องมือสำหรับออกแบบวงจร ไม่ว่าจะเป็นแอนะล็อกและดิจิตอล เช่น โปรแกรมจำลองการทำงาน การออกแบบ PLD เป็นต้น ทำให้ต่อไปไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนไปที่โปรแกรมอื่นสามารถเสร็จสิ้นในโปรแกรมเดียวและไม่ต้องยุ่งยากในการบริหารไฟล์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นด้วยเพราะ Protel 99 SE นั้นเก็บทุกอย่างไว้ในไฟล์เดียวกันทั้งหมด ความสามารถเด่นของแต่ละส่วน โดยสรุป คือ

1. Schematic Capture

การใส่วงจรมีความสามารถที่น่าใช้งาน เช่น ทำวงจรเป็นลำดับชั้น (Hierarchy), ตรวจสอบวงจรทางไฟฟ้า (Electrical Rules Check), เชื่อมต่อกับ PCB Layout ได้เป็นอย่างดี ไม่ต้องกังวลเรื่องฐานข้อมูลไม่ตรงกัน

2. PLD Design

ใน Protel 99 SE ได้รวมความสามารถของ PLD (Programmable Logic Design) เช่น PAL, GAL, Xilinx, MACH, Altera เป็นต้น การใช้งานผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนวงจรใน Schematic Capture ไปเป็น CUPL (ภาษาสำหรับ PLD) และคอมไพล์ต่อเป็นมาตรฐาน JEDEC เพื่อนำไปโปรแกรมใส่ PLD หรือจะเขียนฟังก์ชันขึ้นมาด้วย CUPL แล้วคอมไพล์เพื่อไปโปรแกรมใส่ PLD ก็ได้เช่นกัน

3. Simulation

สามารถจำลองการทำงานวงจรได้ทั้งแอนะล็อกและดิจิตอลพร้อมกันการจำลองทางแอนะล็อกเป็น Spice3f5 สามารถใช้กับไลบรารีของอุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างๆ ได้ทันที ส่วนการจำลองทางดิจิตอลใช้ SimCode ซึ่งเป็นการสร้างไลบรารีของอุปกรณ์ โดยใช้ภาษาคำสั่งภาษา C

4. PCB Layout

สามารถกำหนดกฎการออกแบบที่ซับซ้อนมากขึ้นได้, สะดวกสำหรับเดินสายด้วยมือเพราะทำ Shape Based Router มีความสามารถที่เรียกว่า Push and Shove หรือการสร้างช่องว่างสำหรับเส้นทองแดงเส้นใหม่โดยเบียดเส้นอื่นออกไปและสามารถเดินสายโค้งที่มุมได้

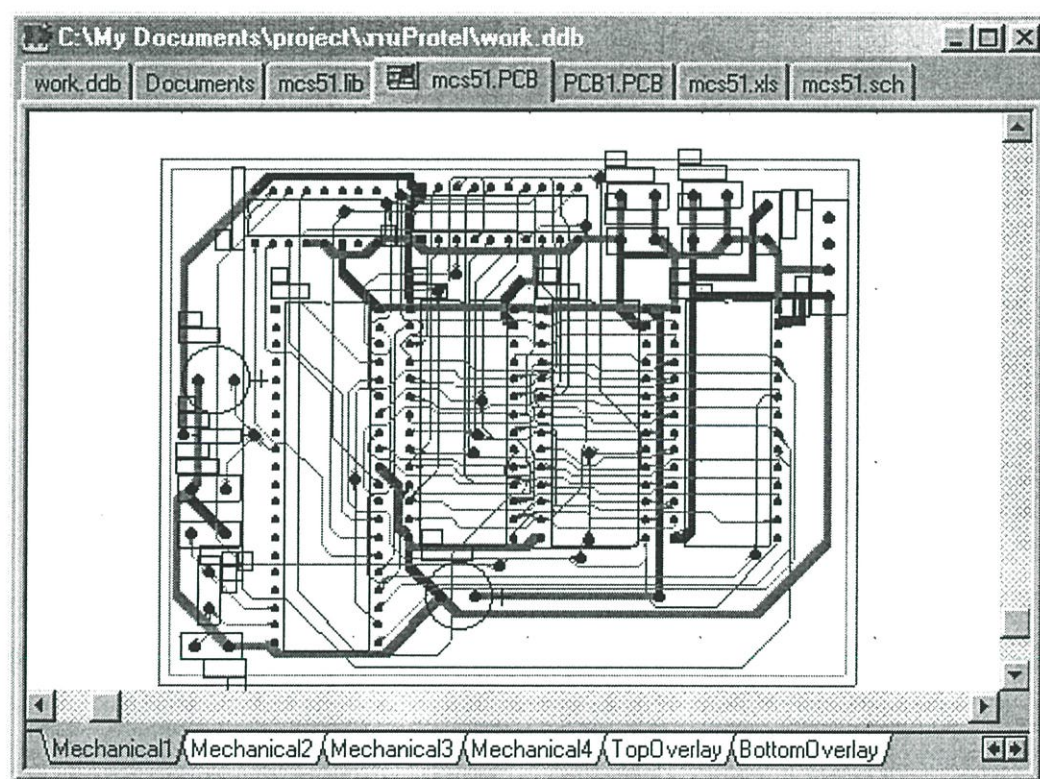
5. Auto Routing

เป็นเครื่องมือสำหรับเดินสายทองแดงให้อัตโนมัติสามารถจัดการกับบอร์ดที่มีความหนาแน่นสูงได้เป็นอย่างดี เป็น Gridless (การเดินสายโดยไม่วางบนกริด) และ Shape Based Router (การ

เดินเส้นโดยคำนึงถึงวัตถุที่อยู่รอบๆ) สามารถปรับปรุงวิธีการเดินเส้นโดยเรียนรู้จากแนวทางของบอร์ด

6. Signal Integrity

คือ การจำลองสัญญาณทางไฟฟ้าที่จะปรากฏขึ้นหลังจากได้รวมผลของการเดินเส้นทองแดงเข้าไปแล้วเช่น Cross-talk (การรบกวนข้าม), Overshoot (การกระเพื่อมของสัญญาณใกล้บริเวณเปลี่ยนแปลงทางขาขึ้น), Undershoot (การกระเพื่อมด้านขอบเปลี่ยนแปลงลง) เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างลายวงจรพิมพ์ที่ได้จากการออกแบบ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาต่างๆ มากมาย ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น เช่น

วีระศักดิ์ สุนทรวิภาต (2529) ได้วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ในการเรียนเสริมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสตรีรัตนบุรี ปีการศึกษา 2529 จำนวน 60 คน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าการสอนด้วยครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ฝนทิพย์ อมาตยกุล (2531) วิจัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน จำนวน 40 คน โดยการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนปกติตามคู่มือครู พบว่ากลุ่มนักเรียนที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนปกติตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อมร สุขจำรัส (2533) ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องการย่อยอาหาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2533 โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี จำนวน 60 คน เปรียบเทียบกับการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า การสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าวิธีการสอนปกติ และนักเรียนที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความคิดเห็นว่าเป็นด้วยต่อการเรียน โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ธีรพงษ์ อินทร์พันธุ์ (2534) ได้วิจัยผลการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนซ้ำ ในวิชาภาษาอังกฤษ พบว่าการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเหมาะสมสำหรับการสอนเสริมนักเรียน เพราะใช้เวลาน้อยกว่าการเรียนแบบปกติ และสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง ทำให้ผลการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

ดวงใจ ศรีรัชชัย (2535) ได้รายงานผลการวิจัยการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรม ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีระดับคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.7 และเมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พบว่านักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประวิทย์ สิมมาทัน (2539) ได้วิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าสำหรับการฝึกอาชีพ หลักสูตรการเตรียมเข้าทำงาน พบว่า ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หลังจากที่ได้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้ค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 82.80/84.52 และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ .71

Wright (1984) รายงานผลการวิจัยเรื่องการศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนซ่อมเสริมวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่ากลุ่มที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบเดิมในชั้นเรียน

Ayoubi (1985) ทำการวิจัยการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเคมี ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่านักเรียนที่ใช้เวลาเรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาก จะมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทาง

การเรียนสูงขึ้น และทำให้นักเรียนที่มีความสามารถต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใกล้เคียงกับนักเรียนที่มีความสามารถสูงได้

Wainwright (1984) ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสอนเสริมวิชาเคมี เรื่อง การเขียนสูตรและสมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนเสริมโดยการทำแบบฝึกหัด ซึ่งมีรายละเอียดของเนื้อหาและระดับความยากเช่นเดียวกับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Lawson (1988) ได้ศึกษาผลของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ในนักเรียนระดับชั้นเกรด 7 และเกรด 8 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จำนวน 54 คน กับการสอนเสริมตามปกติ พบว่ากลุ่มนักเรียนที่เรียนเสริมด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการคำนวณ ความคิดรวบยอด และการนำไปใช้ สูงกว่ากลุ่มที่เรียนเสริมตามปกติ

Lee (1975) ศึกษาผลของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยจัดตั้งโครงการพัฒนาความต่อเนื่องของบทเรียนที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาความรู้เบื้องต้นวิชาฟิสิกส์ ให้กับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ พบว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยให้ผู้เรียนแก้ปัญหาได้ดีขึ้นด้วยวิธีการปฏิบัติ ช่วยทบทวนบทเรียนที่ได้ในห้องเรียน ทำให้เกิดความแม่นยำในหัวข้อที่เรียนอ่อน และมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ นอกจากนี้พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่านักศึกษาที่ไม่ได้เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Oden (1986) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวัดทัศนคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 9 ที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนและการสอนปกติ พบว่านักเรียนที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้กลุ่มที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ยังมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์มากกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนวิธีปกติ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

- 3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

กลุ่มประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 71 คน

กลุ่มตัวอย่าง

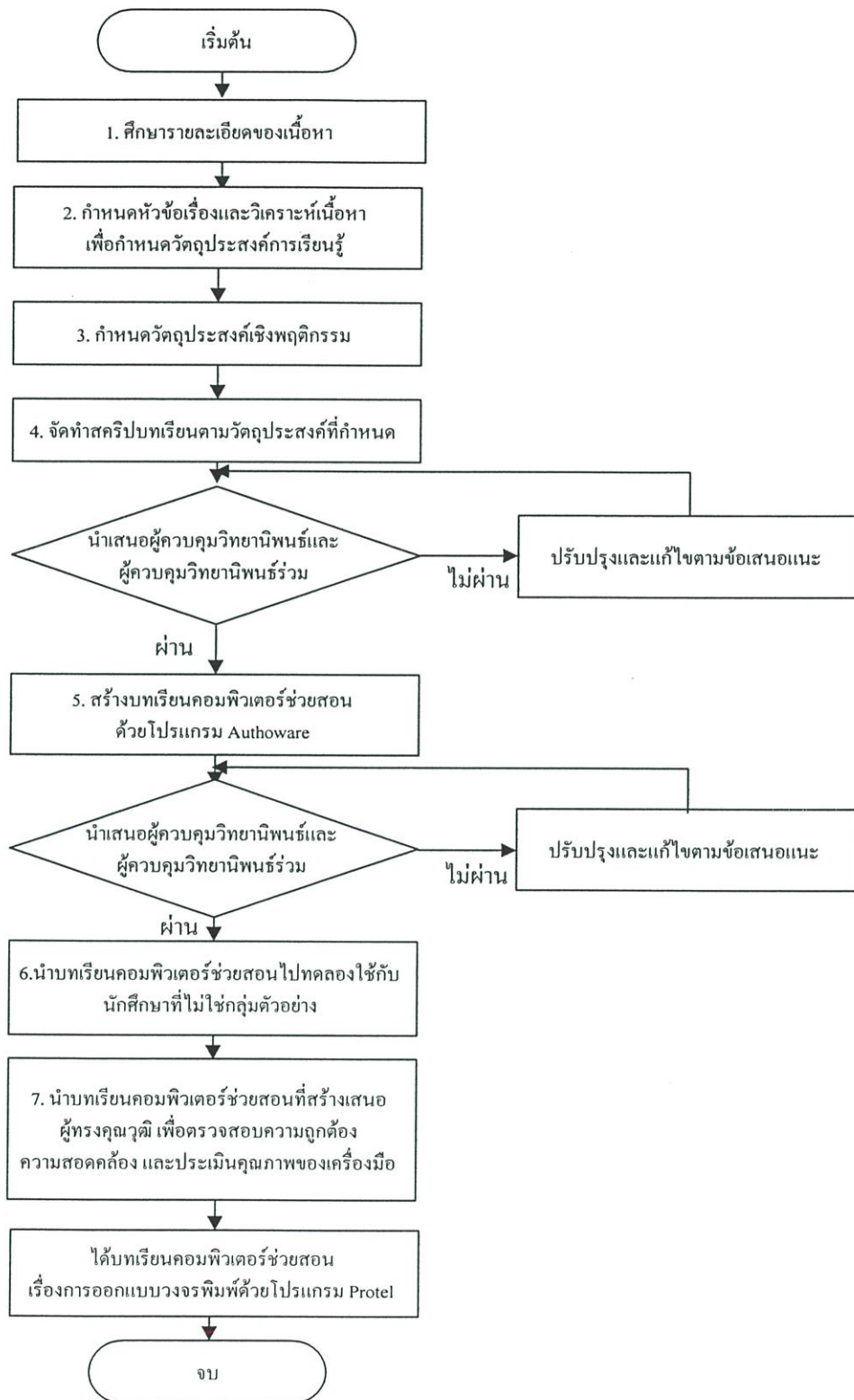
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 30 คน จากวิธีการสุ่มอย่างง่าย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
3. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ
4. แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
มีขั้นตอนการสร้างและดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

1.1 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหา

รายละเอียดเนื้อหาเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ประกอบด้วยเรื่อง การใช้งาน Design Explorer การสร้างวงจรด้วยโปรแกรม Schematic Capture และการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม PCB ซึ่งเป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งของรายวิชาการทดลองปฏิบัติการการวัดคุมทางอุตสาหกรรม 2 สำหรับสอนนักศึกษาในระดับปริญญาตรี (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชา วิศวกรรมวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ลักษณะของเนื้อหาที่มีความยากต่อการเข้าใจในการนำไปใช้งานจริง ถ้าศึกษาจากเนื้อหาที่เป็นตัวอักษรเพียงอย่างเดียว ดังนั้น จึงได้ใช้ภาพและเสียงมาประกอบคำบรรยายของแต่ละกรอบเนื้อหา โดยเฉพาะเนื้อหาที่เป็นตัวอย่างในการนำไปใช้งานจริง อาทิ การจัดการ Design Explorer การจัดการ Part และ Library และการสร้าง Footprint เป็นต้น

1.2 กำหนดหัวข้อเรื่องและเนื้อหาเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

กำหนดแบ่งหัวข้อเรื่องได้ 10 หัวข้อ โดยจำแนกเป็น 3 หน่วยการทดลอง ได้ดังนี้
หน่วยการทดลองที่ 1 Design Explorer จำนวน 2 หัวข้อ

1. บทนำ
2. Design Explorer
 - 2.1 เริ่มต้นเรียกโปรแกรม
 - 2.2 การจัดการกับ Design Explorer

หน่วยการทดลองที่ 2 Program Schematic Capture จำนวน 2 หัวข้อ

3. เริ่มต้นการสร้างชิ้นงาน
 - 3.1 เริ่มต้นการสร้างชิ้นงานใหม่
 - 3.2 กำหนดขอบเขตและวางสัญลักษณ์
 - 3.3 จัดการกับ Part และ Library
 - 3.4 การเพิ่มและการ Browse Library
 - 3.5 คุณสมบัติของวัตถุ
 - 3.6 ใส่เส้นสัญญาณ
 - 3.7 ใส่เส้นสัญญาณอัตโนมัติ
 - 3.8 การใช้บัส
 - 3.9 การใช้สัญญาณช่องต่อ
4. การดำเนินงานวงจร
 - 4.1 การตรวจสอบความถูกต้องทางไฟฟ้า
 - 4.2 การเตรียมวงจรไว้ออกแบบ PCB

4.3 การสร้าง Netlist

หน่วยการทดลองที่ 3 Program PCB จำนวน 6 หัวข้อ

5. เริ่มต้น PCB
 - 5.1 Library Footprint
 - 5.2 การนำวงจรมาใช้ใน PCB
 - 5.3 การย้ายอุปกรณ์
6. การเดินเส้น
 - 6.1 การกำหนด Grid
 - 6.2 การกำหนดการออกแบบ
 - 6.3 การเดินเส้นด้วยมือ
 - 6.4 การค้นหาความผิดพลาด
7. การเดินเส้นอัตโนมัติ
 - 7.1 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนเริ่มใช้
 - 7.2 การใช้ Auto Router
 - 7.3 การสร้างจุดทดสอบ
 - 7.4 การสร้างหยดน้ำตา
8. รายงานการตรวจสอบ
 - 8.1 การตรวจสอบความผิดพลาด
 - 8.2 การค้นหาตำแหน่งความผิดพลาด
 - 8.3 การตรวจสอบชนิดพื้นที่
9. อุปกรณ์ Footprint และ Library
 - 9.1 เครื่องมือแก้ไข Schematic Library
 - 9.2 การสร้างอุปกรณ์
 - 9.3 การก๊อปปี้และการขยาย
 - 9.4 Footprint ของ PCB
 - 9.5 การสร้าง Footprint ใหม่
 - 9.6 การสร้าง Footprint โดย Wizard
10. การทำงานเป็นทีม
 - 10.1 การทำงานเป็นทีม
 - 10.2 การ Lock Document ทำงานคนเดียว

1.3 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

จำแนกและกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้ดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน

หน่วยการทดลอง	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ชนิดของวัตถุประสงค์
Design Explorer	1. สามารถบอกประเภทและประโยชน์การใช้งานของแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดต่างๆ ได้ (จำนวน 4 ข้อ)	ความรู้-ความจำ
	2. สามารถอธิบายขั้นตอนการใช้ Design Explorer ได้ (จำนวน 3 ข้อ)	ความรู้-ความจำ
	3. สามารถบอกคำสั่งในการจัดการ Design Explorer ได้ (จำนวน 3 ข้อ)	ความรู้-ความจำ
Schematic Capture	1. สามารถอธิบายการสร้างชิ้นงานโดยใช้ Program Schematic Capture ได้ (จำนวน 5 ข้อ)	ความเข้าใจ
	2. สามารถอธิบายขั้นตอนในการดำเนินงานวงจรโดยใช้ Program Schematic Capture ได้(จำนวน 5 ข้อ)	ความเข้าใจ
Program PCB	1. สามารถอธิบายวิธีการเริ่มต้นใช้งาน Program PCB ได้ (จำนวน 2 ข้อ)	ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ
	2. สามารถอธิบายการเดินเส้นและการเดินเส้นอัตโนมัติได้ (จำนวน 4 ข้อ)	ความเข้าใจ
	3. สามารถบอกความหมายของฟังก์ชันที่ใช้ในการจัดการอุปกรณ์ Footprint และ Library ได้(จำนวน 4 ข้อ)	ความเข้าใจ

1.4 จัดทำสคริปบทเรียนตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนด

ออกแบบสคริปบทเรียนตามกรอบเนื้อหาในแต่ละหัวข้อเรื่อง โดยจัดทำเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งประยุกต์แนวความคิดของ การเรียนรู้ มาดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.4.1 การเรียกความสนใจ (Gaining attention) ก่อนเริ่มการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน ควรมีการจูงใจและเร่งเร้าความสนใจให้ผู้เรียนอยากเรียน เป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนพร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไป ซึ่งก็คือการนำเสนอบทนำเรื่อง (Title) ของบทเรียน มีหลักสำคัญ คือ ควรให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ โดยไม่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์หรือส่วนอื่นๆ ภาพกราฟฟิคที่ใช้มีขนาดใหญ่ชัดเจน ง่าย และไม่ซับซ้อน เทคนิคการนำเสนอที่ปรากฏภาพได้เร็ว ให้ผู้เรียนไม่เบื่อ ให้ภาพปรากฏบนจอภาพระยะหนึ่ง ใช้ภาพเคลื่อนไหวหรือใช้เทคนิคการนำเสนอภาพผลพิเศษเข้าช่วย เพื่อแสดงการเคลื่อนไหวของภาพ แต่ควรใช้เวลาสั้นๆ และง่าย เลือกใช้สีที่ตัดกับฉากหลังอย่างชัดเจน โดย

เฉพาะสี่เข็ม เลือกใช้เสียงที่สอดคล้องกับภาพกราฟฟิกและเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน และบอกชื่อเรื่องไว้ในส่วนของบทนำเรื่อง

1.4.2 บอกให้ผู้เรียนทราบจุดประสงค์การสอน (Information the learner of the objective) เป็นการแจ้งหัวข้อ ประเด็นสำคัญและเค้าโครงของเนื้อหา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวความคิดในรายละเอียดหรือส่วนย่อยของเนื้อหาให้สอดคล้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาส่วนใหญ่ได้ ทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.4.3 ทวนความรู้ก่อน (Activate prior knowledge) เป็นการนำเสนอความรู้เกี่ยวกับแผนผังจรรยาบรรณ และใช้ภาพประกอบเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดย้อนหลังถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อน โดยใช้เวลานั้นๆ กระชับ และตรงตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน

1.4.4 การเสนอสิ่งเร้าที่ใช้ประกอบการสอน (Presenting the stimulus material) นำเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา โดยใช้ภาพเคลื่อนไหวโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญ จัดแบ่งสคริปอธิบายเนื้อหาให้กระชับ เข้าใจง่าย และจบเป็นตอนๆ

1.4.5 การชี้แนะการเรียนรู้ (Guide learning) ตามหลักการและเงื่อนไขการเรียนรู้ (Condition of Learning) ผู้เรียนจะจำเนื้อหาได้ดี หากมีการจัดระบบการเสนอเนื้อหาที่ดีและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของผู้เรียน บทเรียนจะชี้แนะจากทักษะพื้นฐาน การสร้างชิ้นงานง่ายๆ แล้วจึงให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผล ค้นคว้า และวิเคราะห์หาคำตอบด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาทักษะในระดับสูงขึ้นไป

1.4.6 กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit response) เมื่อผู้เรียนเรียนแต่ละหัวข้อย่อยจบ สามารถเรียกโปรแกรม Protel เพื่อทดลองทำตามตัวอย่างที่ได้เรียนรู้มา และมีส่วนร่วมในกิจกรรม ซึ่งจะส่งผลให้มีความจำและความเข้าใจดีกว่าผู้เรียนที่ใช้วิธีอ่านเนื้อหาเพียงอย่างเดียว

1.4.7 ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide feedback) ในส่วนของแบบทดสอบ จะให้ข้อมูลย้อนกลับทันที หลังจากผู้เรียนได้ตอบกับบทเรียน โดยบอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือตอบผิดอย่างไร

1.4.8 การวัดผลการเรียน (Assessing the performance) จัดทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการทดลอง ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน และผ่านการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ให้ผู้เรียนสามารถวัดผลการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

1.4.9 การทำให้ผู้เรียนคงการเรียนรู้และการถ่ายโยงการเรียนรู้ (Enhancing retention and transfer) ระหว่างบทเรียนแต่ละหัวข้อผู้เรียนสามารถหยุดชั่วคราว เพื่อเปิดโปรแกรม Protel ลองทำตามตัวอย่างของบทเรียนหรือประยุกต์ใช้ในขั้นต่อไปได้ และเมื่อผู้เรียนเรียนจบบทเรียนสามารถนำทักษะที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับงานการออกแบบ วงจรพิมพ์อื่นๆ อาทิ การออกแบบวงจรดิจิทัล ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นต้น

1.5 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียน ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1.5.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คู่มือการใช้งานโปรแกรม Authorware 6.0 คู่มือการใช้งานโปรแกรม Lotus ScreenCam 97 และขอคำแนะนำจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

1.5.2 สร้างแบบร่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเริ่มจากการจัดลำดับเนื้อหาที่วิเคราะห์ออกเป็นหน่วยย่อย แล้วจึงกำหนดกรอบเนื้อหาที่ละกรอบตามลำดับหัวข้อเรื่อง และมีภาพโดยรวมดังนี้

- ออกแบบกรอบหน้าจอแนะนำการใช้บทเรียนและรายละเอียดวิชา
- กรอบเนื้อหาของแต่ละหัวข้อ เมื่อผู้เรียนเลือกหัวข้อแล้ว จะเข้าสู่เนื้อหาของหัวข้อนั้นๆ รูปแบบภายในบทเรียนจะเป็นแบบเชิงเส้น
- การนำเสนอเนื้อหา มีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหว ประกอบเสียงแนะนำจัดการส่วนต่างๆ ตามลำดับขั้นตอนการใช้งาน
- ระหว่างศึกษาแต่ละหัวข้อ ต้องสามารถย่อขนาดบทเรียนเพื่อเลือกเข้าโปรแกรม Protel และทดลองปฏิบัติตามบทเรียนที่ได้ศึกษาได้
- ท้ายหน่วยการทดลอง มีแบบทดสอบหลังหน่วยการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนได้ทดสอบ และวัดผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยลำดับคำถามแบบสุ่ม
- มีแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองปฏิบัติการ เพื่อวัดผลการเรียนรู้โดยรวม
- ออกแบบกรอบให้ผู้เรียนเติมข้อมูลก่อนการทำแบบทดสอบ โดยสามารถจัดเก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.6 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

1.6.1 ผู้วิจัยดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้งหมด นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาปริญญาตรี (ต่อเนื่อง 2 ปี) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการควบคุมทางอุตสาหกรรม ที่ไม่เคยเรียนเนื้อหาในวิชานี้มาก่อนจำนวน 3 คน เพื่อสังเกตและบันทึกข้อบกพร่อง และสิ่งที่ควรนำมาแก้ไขปรับปรุงบทเรียนเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

1.6.2 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้ปรับปรุงในข้อที่แล้ว ไปทดลองกับนักศึกษาอีกจำนวน 6 คน ผู้วิจัยคอยสังเกตและบันทึกสิ่งที่ควรแก้ไขเพื่อนำมาปรับปรุงบทเรียนอีกครั้ง

1.7 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสนอผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินคุณภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.7.1 เกณฑ์การประเมินคุณภาพและการแปลความหมาย

กำหนดเกณฑ์การประเมินเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- 5 ระดับดีมาก
- 4 ระดับดี
- 3 ระดับปานกลาง
- 2 ระดับพอใช้
- 1 ระดับควรปรับปรุง

โดยมีการแปลความความหมายของผลคะแนนการประเมิน ดังนี้

- | | |
|-----------|------------------------|
| 4.50-5.00 | บทเรียนมีคุณภาพดีมาก |
| 3.50-4.49 | บทเรียนมีคุณภาพดี |
| 2.50-3.49 | บทเรียนมีคุณภาพปานกลาง |
| 1.50-2.49 | บทเรียนมีคุณภาพพอใช้ |
| 1.00-1.49 | บทเรียนควรปรับปรุง |

1.7.2 เสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

- 1) ผศ.กิติพงษ์ มะโน รองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 2) รศ.สมยศ จุณปิยะ รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรม
โทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3) นายเกษิษฐ์ อ่อนชุม ผู้จัดการบริษัทแอดวานซ์ เอ็มเบส ซิสเต็ม
เพื่อประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน (ด้านเนื้อหา) และหาค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ รายละเอียดดังกล่าว ผนวก ค.

1.7.3 เสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

- 1) อ.อำพล ทองระอา รองคณบดีฝ่ายสารสนเทศ คณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 2) ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชา
ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3) ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะ
ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เพื่อประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน (ด้านเนื้อหา) และหาค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ รายละเอียดดังกล่าว ผนวก ค.

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการออกแบบวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารและวิธีการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2 วิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel เพื่อสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3 สร้างแบบทดสอบโดยกำหนดให้เป็นแบบเลือกคำตอบที่ถูกต้อง มี 4 ตัวเลือก แบ่งเป็นแบบทดสอบท้ายหน่วยการทดลองจำนวนหน่วยละ 10 ข้อ และแบบทดสอบหลังปฏิบัติการครบทุกหน่วยการทดลอง จำนวน 30 ข้อ

2.4 หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบ

2.4.1 พิจารณาความเที่ยงตรงโดยใช้หลักเกณฑ์การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) เสนอแบบทดสอบให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา โดย

ให้ 1 คะแนน ถ้าข้อสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์

ให้ 0 คะแนน ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์

ให้ -1 คะแนน ถ้าแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์

วิเคราะห์โดยใช้สูตร

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

เมื่อ

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N คือ จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบ ได้ผลดังรายละเอียดใน ภาคผนวก ก.

2.4.2 นำแบบทดสอบที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา มาปรับปรุงแบบทดสอบ และทำการคัดเลือกข้อสอบเฉพาะที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2528 : 88-90)

2.5 หาค่าความยากง่าย (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก

โดยนำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เคยผ่านการเรียนวิชานี้มาแล้ว จำนวน 30 คน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ความยากง่าย (p) และค่าอำนาจ

การจำแนก (r) เป็นรายข้อ และเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20-.80 (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538 : 210)

จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2535 : 237)

โดยใช้สูตร

$$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$$

$$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$$

เมื่อ	p	=	ดัชนีความยากของแบบทดสอบ
	r	=	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
	f _H	=	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
	f _L	=	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	N _H	=	จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง
	N _L	=	จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

2.5.1 ขอบเขตของค่าความยากง่ายและความหมาย

0.80-1.00	ค่าความยากง่ายสูง	ข้อสอบที่ง่ายมาก
0.60-0.79	ค่าความยากง่ายค่อนข้างสูง	ข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
0.40-0.59	ค่าความยากง่ายปานกลาง	ข้อสอบที่ง่ายพอเหมาะ
0.20-0.39	ค่าความยากง่ายค่อนข้างต่ำ	ข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00-0.19	ค่าความยากง่ายต่ำ	ข้อสอบที่ยากมาก

ดังนั้นการเลือกค่าความยากง่ายของข้อสอบควรอยู่ประมาณ 0.20-0.80

2.5.2 ขอบเขตของค่าอำนาจจำแนกและความหมาย

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

ดังนั้นค่าอำนาจจำแนกที่ยอมรับคือ ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข.

2.6 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Reliability)

โดยใช้วิธีการของ Kuder Richardson (KR-20) (รวีวรรณ ชินะตระกูล, 2535 : 142)

จากสูตร

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left\{ \frac{1 - \sum pq}{S^2} \right\}$$

เมื่อ	r_{tt}	คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	K	คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมด
	p	คือ สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
	q	คือ สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ
	S^2	คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

2.7 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สมบูรณ์ไปจัดไว้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

3. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ

โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

3.2 วิเคราะห์เนื้อหา และเทคนิคการผลิตสื่อของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อกำหนดหัวข้อหลักและรายละเอียด ในการประเมินคุณภาพ

3.3 สร้างแบบประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ตามหัวข้อที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นนำเสนอต่อผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแบบประเมินคุณภาพทั้งทางด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

3.4 ได้แบบประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เพื่อประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ดังรายละเอียดในภาคผนวก ฉ. และภาคผนวก ช.

4. แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสารและวิธีการแบบสอบถามความคิดเห็น

4.2 วิเคราะห์บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย

โปรแกรม Protel เพื่อกำหนดหัวข้อและรายละเอียดแบบสอบถาม

4.3 สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน ตามหัวข้อและรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นนำเสนอต่อผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบและปรับปรุง

4.4 ได้แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ.

3.3 วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการทดลอง ดังนี้

1. ทำหนังสือขออนุญาต คณะบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

2. ติดต่อและขออนุญาต ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม เพื่อทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

3. ติดต่ออาจารย์ผู้สอนรายวิชาปฏิบัติการการวัดคุมทางอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการทำวิจัย และทำการนัดหมายกับกลุ่มตัวอย่าง

4. ติดต่อนัดหมายขอใช้ห้องปฏิบัติการไมโครคอมพิวเตอร์ และตรวจความเรียบร้อยของเครื่องคอมพิวเตอร์ รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง อาทิ หนูฟัง แผ่นโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นต้น

5. ให้นักศึกษาทำการทดลองโดยเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 30 คน โดยนักศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง 1 คนต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ในระหว่างการทดลองผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษา แล้วเก็บคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการทดลองลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

6. นัดกลุ่มนักศึกษากลุ่มเดิม เพื่อเก็บผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองปฏิบัติการ

7. นำข้อมูลคะแนนจากแบบทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามสูตร E1/E2 โดย

E1 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยย่อยที่คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบ
ท้ายหน่วยการทดลอง

E2 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมด คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังสิ้นสุด
การทดลองปฏิบัติการ

ดังแสดงรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย
โปรแกรม Protel

1.1 ด้านเนื้อหา

1.2 ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

โดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164) จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย
 $\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนน
N คือ จำนวนคะแนน

2. หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย
โปรแกรม Protel ตามเกณฑ์ E1/E2

โดยใช้สูตร

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

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

เมื่อ	E_1	คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยย่อยที่คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการทดลอง
	E_2	คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมด คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองปฏิบัติการ
	$\sum X$	คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการทดลอง
	$\sum F$	คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองปฏิบัติการ
	N	คือ จำนวนผู้เรียน
	A	คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายหน่วยการทดลอง
	B	คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองปฏิบัติการ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel โดยผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและแบบทดสอบ โดยนำไปทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 ผลการวิจัย คือ การหาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ดังนี้

4.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

การวิเคราะห์คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ทางด้านเนื้อหา ได้ผลดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 4.1 ผลคะแนนที่ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาทำแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD.	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง	4.75	0.12	ดีมาก
2. ภาพและภาษา	4.40	0.12	ดี
3. ตัวอักษรและสี	4.86	0.09	ดีมาก
4. แบบทดสอบท้ายบทเรียน	4.37	0.10	ดี
5. การจัดการบทเรียน	4.44	0.25	ดี
เกณฑ์เฉลี่ยโดยรวมของบทเรียน	4.54	0.14	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเกณฑ์เฉลี่ยโดยรวมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ทางด้านเนื้อหา มีค่าเท่ากับ 4.54 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.14 ซึ่งคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

4.1.2 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ได้ผลดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 4.2 ผลคะแนนที่ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อทำแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD.	ระดับคุณภาพ
1. การวางรูปแบบของหน้าจอ	4.66	0.47	ดีมาก
2. การนำเข้าสู่บทเรียน	4.66	0.47	ดีมาก
3. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.66	0.47	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของภาพกราฟิก	5.00	0.00	ดีมาก
6. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	4.66	0.47	ดีมาก
7. การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม	4.66	0.47	ดีมาก
8. ภาพประกอบในบทเรียนสื่อความหมาย	5.00	0.00	ดีมาก
9. ภาพเคลื่อนไหวในบทเรียนเหมาะสมและน่าสนใจ	4.66	0.47	ดีมาก
10. ภาพที่นำมาเสนอตรงตามเนื้อหา	4.66	0.47	ดีมาก
11. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
เกณฑ์เฉลี่ยโดยรวมของบทเรียน	4.78	0.30	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเกณฑ์เฉลี่ยโดยรวมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีค่าเท่ากับ 4.78 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 ซึ่งคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ดังนั้นคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีค่าเท่ากับ 4.54 และ 4.78 ตามลำดับ อยู่ในระดับดีมาก

4.2 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

ตารางที่ 4.3 ผลคะแนนที่นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังการปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
หน่วยการทดลองที่ 1	30	10	8.06	80.66
หน่วยการทดลองที่ 2	30	10	8.06	80.66
หน่วยการทดลองที่ 3	30	10	8.00	80.00
รวม	30	30	24.13	80.44

จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง ดังตารางที่ 4.3 คำนวณจากสูตร E1/E2 ได้ค่า E1 เท่ากับ 80.44

ตารางที่ 4.4 ผลคะแนนที่นักศึกษาทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
คะแนนทดสอบ	30	30	24.60	82.00

จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง ดังตารางที่ 4.4 คำนวณจากสูตร E1/E2 ได้ค่า E2 เท่ากับ 82.00

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

การทดสอบ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
หลังการปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง	30	30	24.13	80.44
หลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง	30	30	24.60	82.00

จากตารางผลการทดสอบหลังการปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง คะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน ได้คะแนนเฉลี่ย 24.13 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.44 และผลการทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลองคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน ได้คะแนนเฉลี่ย 24.06 คิดเป็นร้อยละ 82.00 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.44/82.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (75/75) ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้กับผู้เรียนกลุ่มอื่นที่เรียนเนื้อหาวิชานี้ หรือผู้ที่สนใจศึกษาเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel นี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 ความคิดเห็นอื่นๆ จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนและแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้รวบรวมความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ได้ดังนี้

4.3.1 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน ซึ่งเป็นกลุ่มนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน และ 6 คน เพื่อนำไปปรับปรุงและแก้ไข บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยสรุปประเด็นได้ดังนี้ มีความชัดเจนในการกำหนดจุดประสงค์ของการเรียนการสอนดีสอดคล้องกับบทเรียน การกำหนดจุดประสงค์ชัดเจนดีมาก เสียงดนตรีประกอบคำอธิบายดังเกินไป ขนาดหน้าจอลดใหญ่กว่าเดิม การแนะนำเข้าสู่บทเรียนควรมากกว่าเดิม ผู้เรียนสามารถควบคุมบทเรียนได้ด้วยตนเองไม่ยุ่งยากหรือซับซ้อนเกินไป คำถามเหมาะสมกับเนื้อหา รูปแบบในการนำเสนอสามารถเรียกใช้ได้ง่าย ภาพประกอบน่าสนใจ สีสดใสสดใสดี คำอธิบายง่ายและเหมาะสม เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นในการนำไปใช้งาน เนื้อหาเข้าใจง่ายไม่เร็วหรือช้าเกินไป ควรมีไอคอนหน้าหัวข้อเพื่อความสวยงาม เป็นต้น

4.3.2 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.3.2.1 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่านเห็นว่าคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา) อยู่ในเกณฑ์ดีมาก เหมาะสำหรับการใช้ในการเรียนการสอน รายละเอียดดังภาคผนวก ค. และมีความคิดเห็นอื่นๆ ดังนี้

- ข้อดีของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ โดยภาพรวม คือ ใช้งานได้ง่าย มีลำดับขั้นตอนนำเสนอดี อ่านง่าย เหมาะสำหรับการเรียนรู้เบื้องต้น
- ความไม่เหมาะสมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ โดยภาพรวม คือ เพิ่มในส่วนการแนะนำการใช้งานโปรแกรม เพิ่มเสียงประกอบ

- ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ คือ เหมาะทั้งนักศึกษาและบุคคลทั่วไปในการเริ่มต้นเรียนรู้

4.3.2.2 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน เห็นว่าคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ) อยู่ในเกณฑ์ดีมาก เหมาะสำหรับการเรียนการสอน รายละเอียดดังภาคผนวก ค. และมีความคิดเห็นอื่นๆ ดังนี้

- ข้อดีของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ โดยภาพรวม คือ เสี่ยงบรรยายเหมาะสม สรุปลงเป็นบทเรียนที่ช่วยให้การเรียนการสอนดีขึ้น เหมาะในการเรียนการสอน อยู่ในเกณฑ์ดี สามารถนำไปใช้ประกอบการสอนในห้องปฏิบัติการได้จริง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel และนำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำไปทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 เพื่อหาประสิทธิภาพตามสูตร E1/E2 และเสนอผลการวิเคราะห์ ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

5.2 สมมติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่สร้าง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป
2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด $E1/E2 = 75/75$

5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 71 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ประกอบด้วย การนำเข้าสู่บทเรียน เครื่องมือที่ใช้ในบทเรียน เนื้อหาบทเรียน แบบทดสอบหลังการทดลองปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง และแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการออกแบบวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
3. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ด้าน คือ
 - 3.1 แบบประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อหา
 - 3.2 แบบประเมินคุณภาพทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
4. แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

5.5 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
 - 1.1 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน และ 6 คน ตามลำดับ โดยนักศึกษาเรียนด้วยตนเอง แล้วทำแบบทดสอบหลังการทดลองปฏิบัติการของหน่วยการทดลองบทเรียนละ 10 ข้อ รวม 30 ข้อ เมื่อครบทุกหน่วยการทดลองแล้ว ให้ทำแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลอง จำนวน 30 ข้อ พร้อมทั้งกรอกแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel เพื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.2 ให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จะนำไปใช้ และให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามลำดับ

2. การพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 หาค่าความตรงของเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

2.2 หาดัชนีความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความยากง่ายระหว่าง 0.53-0.80 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.26-0.46 จำนวน 30 ข้อ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

3. การพัฒนาแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

นำเสนอผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและปรับปรุงแบบประเมินคุณภาพทั้งทางด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

4. การพัฒนาแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

นำเสนอผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและปรับปรุงแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน ตามความเหมาะสม

5.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย
2. แนะนำกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
3. ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยนักศึกษาเรียนด้วยตนเอง และทำหน่วยการทดลอง ให้ทำแบบทดสอบหลังของหน่วยการทดลอง
4. เมื่อปฏิบัติการครบทุกหน่วยการทดลองแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง จำนวน 30 ข้อ นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ ด้วยสูตร E1/E2

5.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ด้วยการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยการหาค่าเฉลี่ย
2. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ซึ่งวิเคราะห์จากคะแนนการทำแบบทดสอบหลังของหน่วยการทดลองและแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง โดยใช้สูตร E1/E2

5.8 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สามารถนำมาสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
 - 1) คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา) โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา มีความคิดเห็นเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่สร้างขึ้น มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก
 - 2) คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ) โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีความคิดเห็นเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่สร้างขึ้น มีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก
2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel มีค่า E1/E2 เท่ากับ 80.44/82.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 75/75

5.9 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel สามารถอภิปรายผลคุณภาพทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ดังนี้ ผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาอยู่ในระดับค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.54 อยู่ในระดับดีมากทางด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.78 อยู่ในระดับดีมาก ทำให้นักศึกษาสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ได้ง่าย ดังนั้นผลการเรียนรู้ของนักศึกษาจากการทำแบบทดสอบหลังการทดลอง

ปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง และแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลองจึงสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประวิทย์ สิมมาทัน (2539) ที่ได้วิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าสำหรับการฝึกอาชีพ หลักสูตรการเตรียมเข้าทำงาน พบว่า ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หลังจากที่ได้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้ค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 82.80/84.52 และ ชีรพงษ์ อินทร์พันธุ์ (2534) ที่พบว่าการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเหมาะสมสำหรับการสอนเสริมนักเรียน เพราะใช้เวลาน้อยกว่าการเรียนแบบปกติ และสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง ทำให้ผลการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนซ้ำ ในวิชาภาษาอังกฤษดีขึ้น

สำหรับประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel เมื่อนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ไปทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตร E_1/E_2 กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน จากการทดลองผลการเรียนรู้ของนักศึกษาจากการทำแบบทดสอบหลังการทดลองปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง และแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง ได้คะแนนเฉลี่ย 80.44/82.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังการทดลองปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง (E_1) ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง (E_2) เล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาคะแนนรวมจากการทำแบบหลังการทดลองปฏิบัติการของหน่วยการทดลองแล้ว คะแนนเฉลี่ยรวมยังสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 75/75 ซึ่งสอดคล้องกับ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2521 : 136-142) ได้กล่าวถึงการที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยปกติ เนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80, 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะสามารถตั้งไว้ที่ 75/75 หรือ 80/80 สำหรับผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งได้สูงถึง 80.44/82.00 นั้นเนื่องจากผู้วิจัยได้นำคำแนะนำของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ทรงคุณวุฒิ และนักศึกษากลุ่มทดลอง มาทำการปรับปรุงและแก้ไข บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพ สามารถเริ่มต้นเรียนรู้ และเข้าใจได้ง่าย ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ 80.44/82.00

นอกจากนี้ผลคะแนนเฉลี่ย จากการทำแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลองครบทุกหน่วยการทดลอง (E_2) อาจเกิดความคลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากการที่ผู้วิจัยได้ใช้คำถามในแบบทดสอบหลังสิ้นสุดการทดลอง เหมือนกับในแบบทดสอบหลังการทดลองปฏิบัติการของหน่วยการทดลอง ซึ่งอาจมีผลทำให้นักศึกษาบางคนสามารถจำคำถามได้ หรือสามารถทำคะแนนได้ดีขึ้น แม้ว่าผู้วิจัยจะได้ปรับเปลี่ยนและสลับตัวเลือกตอบก็ตาม

5.10 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ผู้วิจัยขอเสนอแนะว่า ในการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้งาน ควรให้นักศึกษานำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกลับไปศึกษาด้วยตนเองนอกเวลาเรียนก่อนการปฏิบัติการจริง นักศึกษาจะมีความเข้าใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น เนื่องจากช่วงเวลารเรียนมีจำกัด แต่ความสามารถในการเรียนรู้ของนักศึกษาแต่ละคนมีไม่เท่ากัน

5.11 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษารูปแบบการออกข้อสอบแบบจับคู่ การออกข้อสอบแบบเลือกตอบ การจัดวางกรอบข้อความ และรูปแบบการนำเสนอบทเรียน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้สร้างบทเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. ควรศึกษาโปรแกรมที่เกี่ยวกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และ โปรแกรมสร้างภาพกราฟิก การสร้างภาพเคลื่อนไหว การใส่เสียงบรรยายประกอบ และการถ่ายภาพวิดีโอ เพื่อนำมาสร้างบทเรียนที่มีความเร้าความสนใจผู้เรียนมากขึ้น
3. ควรเพิ่มระยะเวลาและเนื้อหาให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มรายละเอียดย่อยและเทคนิคการปฏิบัติแก่ผู้เรียน รวมทั้งเพิ่มแบบฝึกหัดท้ายหัวข้อแต่ละเรื่อง แต่ควรคำนึงถึงระยะเวลาปฏิบัติการที่มีจำกัดด้วย อาจแบ่งปฏิบัติการออกเป็นอีกหนึ่งปฏิบัติการต่างหาก เพื่อความเหมาะสม
4. ควรมีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการใช้งานโปรแกรม Protel 99SE ในระดับสูง นอกเหนือจากรายละเอียดของรายวิชา สำหรับผู้มีความสนใจและต้องการใช้งานโปรแกรมในระดับสูงและซับซ้อนยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. 2531. เทคโนโลยีเทคนิคการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กิดานันท์ มลิทอง. 2531. คอมพิวเตอร์การศึกษา. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิดานันท์ มลิทอง. 2536. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพมหานคร : เอดิชั่นเพรส โปรดักส์.
- ขนิษฐา ชานนท์. 2532. “เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน.” วารสารเทคโนโลยีทางการศึกษา. 4(1) : 7-13.
- ครรชิต มาลัยวงศ์. 2531. “อนาคตของการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย.” ไมโครคอมพิวเตอร์. 36 : 142-147.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2521. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ดวงใจ ศรีธวัชชัย. 2535. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.” ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ถนอมพร (ต้นพิพัฒน์) เถาหงษ์แสง. 2541. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพมหานคร : บริษัทวงกลมโปรดักชัน.
- ทักษิณา สวานันท์. 2530. คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : คุรุสภา.
- ธีรพงษ์ อินทร์พันธุ์. 2534. “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับนักเรียนที่เรียนซ้ำในวิชาภาษาอังกฤษ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นงนุช วรรณนวะ. 2535. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- นิพนธ์ สุขปรีดี. 2536. “บทบาทของคอมพิวเตอร์ต่อการศึกษาของไทยในอนาคต.” ไมโครคอมพิวเตอร์. 27 : 63-65.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2528. การประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ประวิทย์ สิมมาทัน. 2539. “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าสำหรับการฝึกอาชีพ หลักสูตรการเตรียมเข้าทำงาน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ผดุง อารยะวิญญู. 2527. ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : เอช-เอ็นการพิมพ์.

- ฝนทิพย์ อมาตยกุล. 2531. “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- ยี่น ภู่วรรณ. 2531. “การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน.” *ไมโครคอมพิวเตอร์*. 31 (36) : 120-129.
- ยี่น ภู่วรรณ. 2536. “เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการระดับชาติ เรื่องการพัฒนาโปรแกรมช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน.” กรุงเทพมหานคร : สสวท. เอกสารอค์สำเนา.
- รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2535. *วิธีวิจัยการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร : ภาพพิมพ์.
- รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2542. *วิธีวิจัยการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร : ภาพพิมพ์.
- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538. *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น.
- วีระ ไทยพานิช. 2526. “บทบาทและปัญหาของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” *รวมบทความเทคโนโลยีทางการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร : กรมการศึกษานอกโรงเรียน กระทรวงศึกษาธิการ. วีระศักดิ์ สุนทรวิภาต. 2529. “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์จากการเรียนเสริมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มที่เรียนจากครูกับกลุ่มที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมชาย ทยานง. 2526. “คอมพิวเตอร์ใช้ในการเรียนการสอน.” *วารสารครูศาสตร์*. 26(12) : 47-67.
- อมร สุขจำรัส. 2533. “ผลของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องการย่อยอาหาร.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530. *คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน*. กรุงเทพมหานคร : คราฟแมนเพรส.
- Ayoubi , Z.R. 1985. “The Effect of Microcomputer Assisted Instruction on Achievement in High School Chemistry.” *Dissertation Abstracts International*. 69· 45-49.
- Billings, L.M. 1983. *Role of Microcomputer*. Pennsylvania : International Textbook.
- Dence, M. 1980. “Toward Defining A Role for CAI: Review.” *Education Technology*. 80(20): 50-54.
- Lawson, B.A. 1988. “Effect of Computer-Assisted Instruction and Traditional Lecture Discussion and Their Relationships to Student Cognitive Style, Faculty and Student Time Involvement and Cost.” *Dissertation Abstracts International*. 88(49) : 2914-A.
- Lee, James Lawrance. 1975. “The Effectiveness of Computer-Assisted Program Designed to

- Teach Verbal-Descriptive Skill upon an Anral Sensation of Music.” **Dissertation Abstract International**. 36(3) : 1363-A.
- Oden, Robin Ear. 1982. “An Assessment of the Effectiveness of Computer Assisted Instruction Altering Teacher Behavior and the Achievement and Attitudes of Ninth Grade Pre-Algebra Mathematics Students.” **Dissertation Abstract International**. 43(2) : 355-A.
- Taylor, R. 1980. **The Computer in Education: Tutor, Tool and Tutee**. Newyork : Teacher College Press.
- Wainwright, C.L. 1984. “The Effectiveness of a Computer Assisted Instruction Package in Supplementing Teaching of Selected Concepts in High School Chemistry: Writing Formulas and Balancing Chemical Equations.” **Dissertation Abstracts International**. 85 (45) : 2473-A.
- Wright, P.A. 1984. “A Study of Computer-Assisted Instruction for Remediation in Mathematics on the Secondary Level.” **Dissertation Abstracts International**. 84(45): 1063-A

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายละเอียดผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง
ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้

**รายละเอียดผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง
ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้**

จุดประสงค์การเรียนรู้/แบบทดสอบ	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่า IOC
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	
สามารถบอกประเภทและประโยชน์การใช้งานของแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดต่างๆได้ (สำหรับข้อ 1-4)				
1. เมื่อต้องการออกแบบวงจรที่มีความหนาแน่นน้อยไม่ซับซ้อน ควรออกแบบเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดใดจึงเหมาะสมที่สุด ก. Single-Sided Board ข. Double-Sided Board ค. Multi-Layer Board ง. Flexible Circuit Board	1	1	1	1
2. เหตุผลในข้อใดที่ไม่ใช่ข้อดีในการออกแบบ PCB เป็นแบบ Double-Sided Board ก. ออกแบบสำหรับงานที่มีพื้นที่จำกัดได้ดี ข. ใช้ในงานวงจรที่มีความหนาแน่นปานกลาง ค. สามารถออกแบบวงจรได้มากกว่า 2 ชั้น ง. ใช้ PTH (Plat Through Hole) ช่วยในการออกแบบ	1	1	1	1
3. แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทใด ไม่เหมาะกับงานที่ใช้ความถี่สูง ก. อีพ็อกซี ข. ฟีนอลิก ค. ไฟเบอร์กลาส ง. ไฟเบอร์กลาสอีพ็อกซี	1	1	1	1
4. ข้อใดต่อไปนี้เป็นประเภทของแผ่นวงจรพิมพ์ ก. Single-Sided Board ข. Double-Sided Board ค. Multi-Layer Board ง. Plat Through Hole Board	1	1	1	1
สามารถอธิบายขั้นตอนการใช้ Design Explorer ได้ (สำหรับข้อ 5-7)				
5. การใช้เมาส์เลือกที่ไอคอน Protel 99SE แบบ Double Click มีวัตถุประสงค์ตรงกับข้อใด มากที่สุด ก. เรียกเปิดเอกสาร Protel 99SE ข. เรียกใช้งานโปรแกรม Protel 99SE ค. เลือกติดตั้งโปรแกรม Protel 99SE ง. เลือกถอดถอนโปรแกรม Protel 99SE	1	1	1	1

จุดประสงค์การเรียนรู้/แบบทดสอบ	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่า IOC
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	
6. เมื่อต้องการเปิดเพิ่มข้อมูลของโปรแกรม Protel 99SE เลือกคำสั่งใด ก. File > Open ข. File > Edit ค. View > Open ง. View > Edit	1	1	1	1
7. เมื่อต้องการปิดเฉพาะ Design Database ที่เราได้เปิดขึ้นมา ต้องเลือกคำสั่งใด ก. File > Close ข. File > Close Design ค. Close > Design ง. Close > Database	1	1	1	1
สามารถบอกคำสั่งในการจัดการ Design Explorer ได้ (สำหรับข้อ 8-10)				
8. เมื่อต้องการให้ทุกหน้าต่างใน Viewing Tab แยกออกจากกันโดยไม่มีเหลี่ยมกัน ใช้คำสั่งในข้อใด ก. Tile All ข. Merge All ค. Split Vertical ง. Split Horizontal	1	1	1	1
9. ข้อใดคือคำสั่งจำกัดความของ Navigation Tree ที่ถูกต้องที่สุด ก. ที่กั้นหน้าเอกสารส่วนต่างๆ ข. การแสดงเอกสารในรูปลำดับขั้น ค. รายละเอียดของเอกสารที่ถูกเลือกเปิด ง. เครื่องมือในการจัดการการออกแบบ Design	1	1	1	1
10. ข้อใดต่อไปนี้ ไม่ใช่ หน้าทีของ Design Explorer ก. ทำการคัดลอกข้อมูล ข. ทำการลบเพิ่มข้อมูล ค. ทำการเปิดเพิ่มข้อมูล ง. ทำการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	1	1	1	1
สามารถอธิบายการสร้างชิ้นงาน โดยใช้ Program Schematic Capture ได้ (สำหรับข้อ 11-13)				

จุดประสงค์การเรียนรู้/แบบทดสอบ	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่า IOC
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	
11. ในการสร้าง Document เพื่อใช้ใน Program Schematic Capture เราต้องสร้าง Document ชนิดใดต่อไปนี้ ก. Schematic ข. Schematic PCB ค. Schematic Document ง. Schematic Waveform	1	1	1	1
12. การกำหนดขอบเขตของ Drawing ต้องเลือกใช้คำสั่งในข้อใด ก. Tool > Option ข. Design > Option ค. Tool > Preferences ง. Design > Preferences	1	1	1	1
13. เมื่อต้องการแก้ไข Part ของอุปกรณ์ ต้องเลือกใช้ข้อใด ก. ที่ Menu Bar เลือก Edit ข. ที่ Browse Sch เลือก Part > Find ค. ที่ Browse Sch เลือก Part > Edit ง. ที่ Browse Sch เลือก Part > Place	1	1	1	1
14. ที่กรอบ Attributes ถ้าต้องการทราบชื่อของ Part อุปกรณ์ สามารถดูได้ที่ใด ก. Part ข. Footprint ค. Sheet Part ง. Lib Ref	1	1	1	1
15. เมื่อต้องการเปลี่ยนสีและมุมมองของสัญลักษณ์อุปกรณ์ ต้องเลือกข้อใด ก. Double Click ที่ Part อุปกรณ์ ,เลือก Attributes ข. Double Click ที่ Part อุปกรณ์ ,เลือก Part Fields ค. Double Click ที่ Part อุปกรณ์ ,เลือก Read-Only Fields ง. Double Click ที่ Part อุปกรณ์ ,เลือก Graphical Attrs.	1	1	1	1
สามารถอธิบายขั้นตอนในการดำเนินงานวงจรโดยใช้ Program Schematic Capture ได้ (สำหรับข้อ 16- 20)				

จุดประสงค์การเรียนรู้/แบบทดสอบ	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่า IOC
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	
16. หลังจากทำการวางสัญลักษณ์อุปกรณ์ ถ้าต้องการตรวจสอบความถูกต้องของการวางอุปกรณ์ และการเชื่อมต่อของสายสัญญาณ ต้องเลือกใช้คำสั่งใด	1	1	1	1
ก. Tools > ERC ข. Tools > Annotate ค. Tools > Complex To Simple ง. Tools > Up/Down Hierarchy				
17. ในการเชื่อมต่อสัญญาณข้อมูล จำนวนหลายๆเส้น สามารถใช้สายสัญญาณแบบใดมาแทนได้	1	1	1	1
ก. Bus ข. Wire ค. Track ง. Bus Entry				
18. ในการเชื่อมต่อวงจร หากไม่สะดวกที่จะใส่สายสัญญาณ เราสามารถใช้วิธีการในข้อใด	1	1	1	1
ก. ใช้ Bus ข. ใช้ Port ค. ใช้ Directive ง. ใช้ Net Label				
19. ถ้าต้องการให้เพิ่มข้อมูลที่สร้างจาก Schematic Capture ทำการเชื่อมโยงกับส่วนของ PCB ต้องทำการสร้างเพิ่มข้อมูลประเภทใด	1	1	1	1
ก. เพิ่มข้อมูล Template ข. เพิ่มข้อมูล PCB ค. เพิ่มข้อมูล Netlist ง. เพิ่มข้อมูลตัวอักษร				
20. ข้อใดต่อไปนี้เป็นคำจำกัดความของ Footprint ที่ถูกต้องที่สุด	1	1	1	1
ก. รูปร่างจริงของอุปกรณ์ ข. รูปร่างจริงของสายสัญญาณ ค. รูปร่างของสัญลักษณ์ ง. รูปร่างของบัลลูนสัญญาณ				
อธิบายวิธีการเริ่มต้นใช้งาน Program PCB ได้ (สำหรับข้อ 21-22)				
21. เมื่อต้องการเพิ่มรายการของอุปกรณ์ Footprint ต้องเลือกคำสั่งข้อใด	1	1	1	1

จุดประสงค์การเรียนรู้/แบบทดสอบ	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่า IOC
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	
ก. Browse > Libraries > Add / Remove > OK. ข. Browse > Libraries > Add / Remove > Add ค. Browse > Libraries > Add / Remove > Cancel ง. Browse > Libraries > Add / Remove > Remove > OK.				
22. ข้อใดต่อไปนี้ ไม่ใช่ คำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ ก. Edit > Move > Drag ข. Edit > Move > Move ค. Edit > Move > Component ง. Edit > Move > Polygon Vertices	1	1	1	1
อธิบายการเดินเส้นและการเดินเส้นอัตโนมัติได้ (สำหรับข้อ 23-26)				
23. การวางเส้นทองแดงบน PCB ถ้าต้องการให้ทำการ หลีกเลียงวัตถุที่ขวาง ต้องใช้คำสั่งใด ก. Tools > Preferences > Options > Interactive routing > Mode Push Obstacle ข. Tools > Preferences > Options > Interactive routing > Mode Ignore Obstacle ค. Tools > Preferences > Options > Component drag > Mode Connected Tracks ง. Tools > Preferences > Options > Interactive routing > Mode Avoid Obstacle	1	1	1	1
24. ถ้าต้องการกำหนดเงื่อนไขระหว่างการเดินเส้น ต้องเลือกใช้คำสั่งใด ก. Design > Rules > Other ข. Design > Rules > Placement ค. Design > Rules > Routing ง. Design > Rules > Signal Integrity	1	1	1	1
25. ถ้าต้องการกำหนดเงื่อนไขขนาดเส้น โดยขึ้นกับเน็ต ต้องเลือกใช้คำสั่งใด ก. Design > Rules > Placement > Net to Ignore ข. Design > Rules > Routing > Width Constraint ค. Design > Rules > Signal Integrity > Supply Nets ง. Design > Rules > Other > Short -Circuit Constraint	1	1	1	1

จุดประสงค์การเรียนรู้/แบบทดสอบ	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่า IOC
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	
26. ถ้า ไม่ ต้องการให้แสดงชื่ออุปกรณ์ สามารถเลือกใช้คำสั่งใด ก. Tools > Preference > String > Final ข. Tools > Preference > String > Draft ค. Tools > Preference > String > Show ง. Tools > Preference > String > Hidden	1	1	1	1
บอกความหมายของฟังก์ชันที่ใช้ในการจัดการอุปกรณ์ Footprint และ Library ได้ (สำหรับข้อ 27-30)				
27. ถ้าต้องการค้นหาตำแหน่งความผิดพลาด ต้องเลือกใช้คำสั่งใด ก. Browse PCB, เลือก Rules ข. Browse PCB, เลือก Violations ค. Browse PCB, เลือก Net Classes ง. Browse PCB, เลือก Component Classes	1	1	1	1
28. ถ้าต้องการสร้างอุปกรณ์ใน Schematic Library ต้องเลือกใช้คำสั่งใด ก. Tools > Edit Component ข. Tools > New Component ค. Tools > Make Component ง. Tools > New Design Component	1	1	1	1
29. ปุ่มคำสั่งใดที่ใช้ในการขยายมุมมองของอุปกรณ์ ในการสร้าง library ก. Alt + Z ข. Ctrl + Z ค. Page Up ง. Page Down	1	1	1	1
30. ถ้าต้องการ Lock Document เพื่อทำงานคนเดียว ต้องเลือกใช้คำสั่งใด ก. Session > Lock ข. Members > Lock ค. Document > Lock ง. Design Team > Lock	1	1	1	1

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย
ค่าอำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นของข้อสอบ

การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของข้อสอบ

ตารางที่ ข1 การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

ข้อที่	$f_L (N_L=15)$	$f_H (N_H=15)$	$p = (f_H + f_L) / (N_H + N_L)$	$r = (f_H - f_L) / N_H$
1	7	12	0.63	0.33
2	9	13	0.73	0.26
3	10	14	0.80	0.26
4	7	12	0.63	0.33
5	8	13	0.70	0.33
6	9	13	0.73	0.26
7	7	13	0.66	0.26
8	6	12	0.60	0.40
9	6	12	0.60	0.40
10	5	11	0.53	0.40
11	6	12	0.60	0.40
12	7	11	0.60	0.26
13	10	14	0.80	0.26
14	8	13	0.70	0.33
15	9	14	0.76	0.33
16	9	14	0.76	0.33
17	8	12	0.66	0.26
18	6	12	0.60	0.40
19	8	14	0.73	0.40
20	8	12	0.66	0.26
21	7	12	0.63	0.33
22	6	13	0.63	0.46
23	6	12	0.60	0.40
24	6	10	0.53	0.26
25	8	13	0.70	0.33
26	9	13	0.73	0.26
27	8	13	0.70	0.33
28	10	14	0.80	0.26
29	6	12	0.60	0.40
30	6	11	0.56	0.33

ตารางที่ ข2 ค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบ

คนที่	คะแนนรวม	X_i	X_i^2
1	30	30	900
2	20	20	400
3	23	23	529
4	23	23	529
5	26	26	676
6	27	27	729
7	25	25	625
8	28	28	784
9	28	28	784
10	24	25	625
11	27	27	729
12	25	25	625
13	24	24	576
14	22	22	484
15	21	21	441
16	15	15	225
17	19	19	361
18	17	17	289
19	18	18	324
20	17	17	289
21	14	14	196
22	15	15	225
23	18	18	324
24	19	19	361
25	16	16	256
26	12	12	144
27	11	11	121
28	12	12	144
29	12	12	144
30	11	11	121
รวม	601	601	13029

$$\begin{aligned}\text{จากสูตร } S^2 &= \left[\frac{\sum X^2}{N} \right] - \left[\frac{\sum X}{N} \right]^2 \\ &= \left[\frac{13029}{30} \right] - \left[\frac{601}{30} \right]^2 \\ &= 434.3 - 401.2 \\ &= 33.1\end{aligned}$$

ตารางที่ ข3 การวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ข้อที่	P	q = (1-p)	p.q
1	0.63	0.37	0.23
2	0.73	0.27	0.19
3	0.80	0.20	0.16
4	0.63	0.37	0.23
5	0.70	0.30	0.21
6	0.73	0.27	0.19
7	0.66	0.34	0.22
8	0.60	0.40	0.24
9	0.60	0.40	0.24
10	0.53	0.47	0.24
11	0.60	0.40	0.24
12	0.60	0.40	0.24
13	0.80	0.20	0.16
14	0.70	0.30	0.21
15	0.76	0.24	0.18
16	0.76	0.24	0.18
17	0.66	0.34	0.22
18	0.60	0.40	0.24
19	0.73	0.27	0.19
20	0.66	0.34	0.22
21	0.63	0.37	0.23
22	0.63	0.37	0.23
23	0.60	0.40	0.24
24	0.53	0.47	0.24
25	0.70	0.30	0.21
26	0.73	0.27	0.19
27	0.70	0.30	0.21
28	0.80	0.20	0.16
29	0.60	0.40	0.24
30	0.56	0.44	0.24
			$\sum pq = 6.42$

จากสูตร

$$\begin{aligned}
 r_{tt} &= \frac{K}{(K-1)} \left\{ \frac{1 - \sum pq}{S^2} \right\} \\
 &= \left[\frac{30}{30-1} \right] \left[\frac{1 - \frac{6.42}{33.1}}{1} \right] \\
 &= 1.03 \times (1 - 0.19) \\
 &= 1.03 \times 0.81 \\
 &= 0.83
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ความเชื่อมั่นของแบบสอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการทดลองปฏิบัติ การเรียงการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย โปรแกรม Protel คือ 0.83

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็น
ของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ

**ตารางแสดงผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็น
ของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ**

ตารางที่ ๑1 ผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			คะแนนเฉลี่ย (\bar{X})	ระดับเกณฑ์ คุณภาพ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง					
1.1 ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์	5	5	5	5.00	ดีมาก
1.2 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์	5	5	5	5.00	ดีมาก
1.3 ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละการทดลอง	4	4	4	4.00	ดี
1.4 ความถูกต้องของเนื้อหา	5	5	5	5.00	ดีมาก
1.5 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	4	5	5	4.67	ดีมาก
1.6 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	5	5	5	5.00	ดีมาก
1.7 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน	5	5	5	5.00	ดีมาก
1.8 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	5	4	4	4.33	ดี
เนื้อหาและการดำเนินเรื่องโดยเฉลี่ย	4.75	4.75	4.75	4.75	ดีมาก
2. ภาพและภาษา					
2.1 ความตรงตามเนื้อหาของภาพที่นำเสนอ	5	5	5	5.00	ดีมาก
2.2 ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา	5	4	4	4.33	ดี
2.3 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบการทดลอง	4	4	4	4.00	ดี
2.4 ภาพกราฟิกที่ใช้ประกอบบทเรียน	4	4	4	4.00	ดี
2.5 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	4	5	5	4.67	ดีมาก
ภาพและภาษาโดยรวมโดยเฉลี่ย	4.40	4.40	4.40	4.40	ดี
3. ตัวอักษรและสี					
3.1 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	5	5	5	5.00	ดีมาก
3.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	5	5	5	5.00	ดีมาก
3.3 สีของตัวอักษร โดยภาพรวม	5	5	5	5.00	ดีมาก
3.4 สีของพื้นหลังบทเรียน โดยภาพรวม	5	5	5	5.00	ดีมาก
3.5 สีของภาพและกราฟิก โดยภาพรวม	5	4	4	4.33	ดี
ตัวอักษรและสีโดยเฉลี่ย	5.00	4.80	4.80	4.86	ดีมาก
4. แบบทดสอบท้ายบทเรียน					
4.1 ความชัดเจนของคำสั่งแบบทดสอบท้ายบทเรียน	4	4	4	4.00	ดี

รายการประเมิน	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			คะแนนเฉลี่ย (\bar{X})	ระดับเกณฑ์ คุณภาพ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
4.2 ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับ เนื้อหา	5	5	5	5.00	ดีมาก
4.3 จำนวนข้อของแบบทดสอบ	5	5	5	5.00	ดีมาก
4.4 ชนิดของแบบทดสอบที่เลือกใช้	4	4	4	4.00	ดี
4.5 ความเหมาะสมของตัวลวง	4	5	5	4.67	ดีมาก
4.6 ความเหมาะสมของคำถาม	4	5	5	4.67	ดีมาก
4.7 วิธีการได้ตอบแบบทดสอบท้ายบทเรียน	4	4	4	4.00	ดี
4.8 การรายงานผลคะแนนแต่ละข้อของแบบ ทดสอบ	4	4	4	4.00	ดี
4.9 การสรุปผลคะแนนรวมท้ายแบบทดสอบ	4	4	4	4.00	ดี
แบบทดสอบท้ายบทเรียนโดยเฉลี่ย	4.22	4.44	4.44	4.37	ดี
5. การจัดการบทเรียน					
5.1 การนำเสนอชื่อเรื่องหลักของบทเรียน	4	4	5	4.33	ดี
5.2 การนำเสนอชื่อเรื่องย่อยของบทเรียน	4	4	4	4.00	ดี
5.3 การควบคุมบทเรียน เช่น การใช้เมาส์	4	4	4	4.00	ดี
5.4 สิ่งอำนวยความสะดวกของบทเรียน	4	4	4	4.00	ดี
5.5 การออกแบบหน้าจอ โดยภาพรวม	5	5	5	5.00	ดีมาก
5.6 วิธีการได้ตอบบทเรียน โดยภาพรวม	4	5	5	4.67	ดีมาก
5.7 ความเหมาะสมในการจัดการของบทเรียน	5	5	5	5.00	ดีมาก
5.8 ความเหมาะสมของคำถามระหว่างบท เรียน	5	4	4	4.33	ดี
5.9 ความน่าสนใจชวนให้ติดตามบทเรียน	5	4	5	4.67	ดีมาก
การจัดการบทเรียนโดยเฉลี่ย	4.44	4.33	4.55	4.44	ดี
เกณฑ์เฉลี่ย โดยรวมของบทเรียน	4.53	4.53	4.58	4.54	ดีมาก

ตารางที่ ค2 ผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

รายการประเมิน	คะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ			คะแนนเฉลี่ย (\bar{X})	ระดับเกณฑ์ คุณภาพ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
1. การวางรูปแบบของหน้าจอ	5	4	5	4.66	ดีมาก
2. การนำเข้าสู่บทเรียน	4	5	5	4.66	ดีมาก
3. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	5	5	5	5.00	ดีมาก
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	5	4	5	4.66	ดีมาก
5. ความเหมาะสม ของภาพกราฟิก	5	5	5	5.00	ดีมาก
6. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	5	4	5	4.66	ดีมาก
7. การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมี ความเหมาะสม	5	4	5	4.66	ดีมาก
8. ภาพประกอบในบทเรียนสื่อความหมาย	5	5	5	5.00	ดีมาก
9. ภาพเคลื่อนไหวในบทเรียนเหมาะสมและน่า สนใจ	4	5	5	4.66	ดีมาก
10. ภาพที่นำมาเสนอตรงตามเนื้อหา	5	4	5	4.66	ดีมาก
11. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับ ปริมาณของเนื้อหา	5	5	5	5.00	ดีมาก
เกณฑ์เฉลี่ยโดยรวมของบทเรียน	4.82	4.54	5.00	4.78	ดีมาก

ภาคผนวก ง

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนปฏิบัติการเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

ให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็น ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ความชัดเจนในการกำหนดจุดประสงค์ของการเรียนการสอน
2. ข้อเสนอแนะในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
3. การนำเข้าสู่บทเรียนเหมาะสมและน่าสนใจ
4. การวางรูปแบบของหน้าจอเหมาะสมและน่าสนใจ
5. เนื้อหาของบทเรียนมีความเหมาะสมกับผู้เรียน
6. ลำดับของเนื้อหาที่เรียนเหมาะสม
7. ความชัดเจนของข้อความและตัวอักษรบนหน้าจอ
8. ข้อคำถามหรือคำสั่งมีความชัดเจนและเหมาะสม
9. ภาพประกอบในบทเรียนน่าสนใจและสื่อความหมายได้
10. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน
11. นักเรียนสามารถใช้บทเรียนและควบคุมได้ด้วยตนเอง แม้จะไม่เคยใช้บทเรียนมาก่อน
12. นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนได้ แม้จะไม่เคยใช้บทเรียนมาก่อน
13. การโต้ตอบของแบบทดสอบต่อการตอบสนองของผู้เรียนเหมาะสมและน่าสนใจ

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ (โปรดระบุ)

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
(ด้านเนื้อหา)

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านเนื้อหา

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง 1.1 ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์ 1.2 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์ 1.3 ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละการทดลอง 1.4 ความถูกต้องของเนื้อหา 1.5 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา 1.6 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา 1.7 ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับของผู้เรียน 1.8 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง					
2. ภาพและภาษา 2.1 ความตรงตามเนื้อหาของภาพที่นำเสนอ 2.2 ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา 2.3 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบการทดลอง 2.4 ภาพกราฟิกที่ใช้ประกอบบทเรียน 2.5 ภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ประกอบบทเรียน 2.6 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้					
3. ตัวอักษรและสี 3.1 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ 3.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ 3.3 สีของตัวอักษร โดยภาพรวม 3.4 สีของพื้นหลังบทเรียน โดยภาพรวม 3.5 สีของภาพและกราฟิก โดยภาพรวม					
4. แบบทดสอบท้ายบทเรียน 4.1 ความชัดเจนของคำสั่งแบบทดสอบท้ายบทเรียน 4.2 ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับเนื้อหา 4.3 จำนวนข้อของแบบทดสอบ					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
4.4 ชนิดของแบบทดสอบที่เลือกใช้					
4.5 ความเหมาะสมของตัวลวง					
4.6 ความเหมาะสมของคำถาม					
4.7 วิธีการได้ตอบแบบทดสอบท้ายบทเรียน					
4.8 การรายงานผลคะแนนแต่ละข้อของแบบทดสอบ					
4.9 การสรุปผลคะแนนรวมท้ายแบบทดสอบ					
5. การจัดการบทเรียน					
5.1 การนำเสนอชื่อเรื่องหลักของบทเรียน					
5.2 การนำเสนอชื่อเรื่องย่อยของบทเรียน					
5.3 การควบคุมบทเรียน เช่น การใช้เมาส์					
5.4 สิ่งอำนวยความสะดวกของบทเรียน					
5.5 การออกแบบหน้าจอ โดยภาพรวม					
5.6 วิธีการได้ตอบบทเรียน โดยภาพรวม					
5.7 ความเหมาะสมในการจัดการของบทเรียน					
5.8 ความเหมาะสมของคำถามระหว่างบทเรียน					
5.9 ความน่าสนใจชวนให้ติดตามบทเรียน					

ความคิดเห็นอื่นๆ (โปรดระบุ)

1. ข้อดีของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ โดยภาพรวม

.....

2. ความไม่เหมาะสมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ โดยภาพรวม

.....

3. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

.....

ขอขอบพระคุณที่ให้ความอนุเคราะห์

ภาคผนวก ฉ

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
(ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
1. การวางรูปแบบของหน้าจอ					
2. การนำเข้าสู่บทเรียน					
3. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
5. ความเหมาะสม ของภาพกราฟิก					
6. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน					
7. การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม					
8. ภาพประกอบในบทเรียนสื่อความหมาย					
9. ภาพเคลื่อนไหวในบทเรียนเหมาะสมและน่าสนใจ					
10. ภาพที่นำมาเสนอตรงตามเนื้อหา					
11. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา					

ความคิดเห็นอื่นๆ (โปรดระบุ)

1. ข้อดีของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ โดยภาพรวม

.....

2. ความไม่เหมาะสมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ โดยภาพรวม

.....

3. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความอนุเคราะห์

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

ยินดีต้อนรับสู่..

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

ยินดีต้อนรับสู่บทเรียน

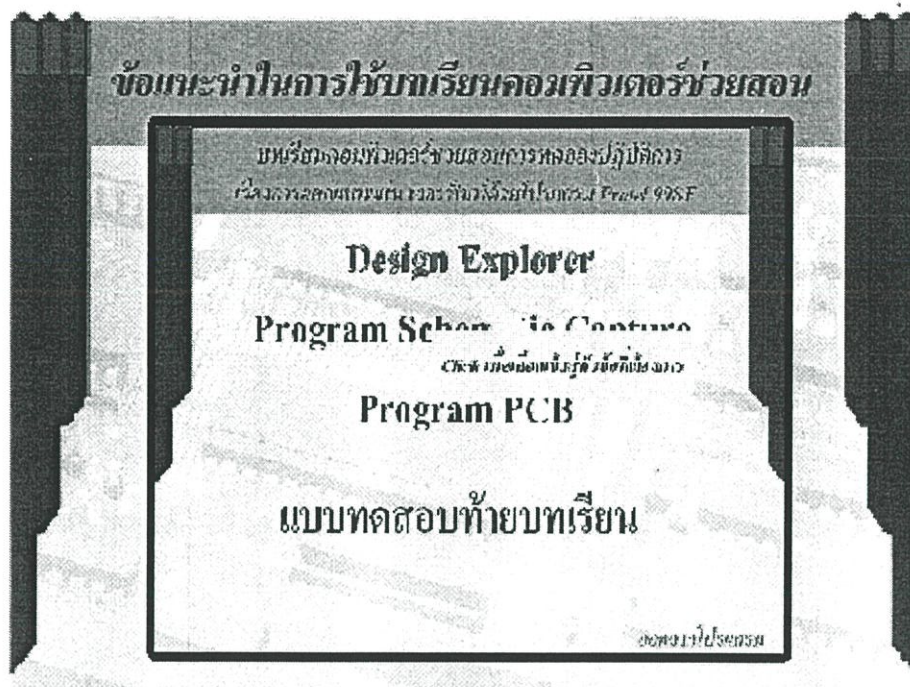
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ ว่าด้วยเรื่องการออกแบบ
แผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel 99SE

ภายในบทเรียนจะแนะนำตั้งแต่การเริ่มใช้งานเบื้องต้น รวมทั้ง
ตัวอย่างลักษณะการใช้งาน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปพัฒนาและ
ใช้งานในระดับสูงต่อไป

บทเรียนจะประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 10 หัวข้อ สามารถแบ่ง
ได้เป็น 3 ส่วนหลักคือ Design Explorer, Schematic Capture, Program
PCB

ทั้งนี้ท้ายบทเรียนแต่ละส่วน จะมีแบบทดสอบย่อยเพื่อวัดผลการ
เรียนรู้และแบบทดสอบใหญ่หลังการเรียนรู้เนื้อหาครบทุกหัวข้อแล้ว

รายละเอียดโดยรวมของบทเรียน



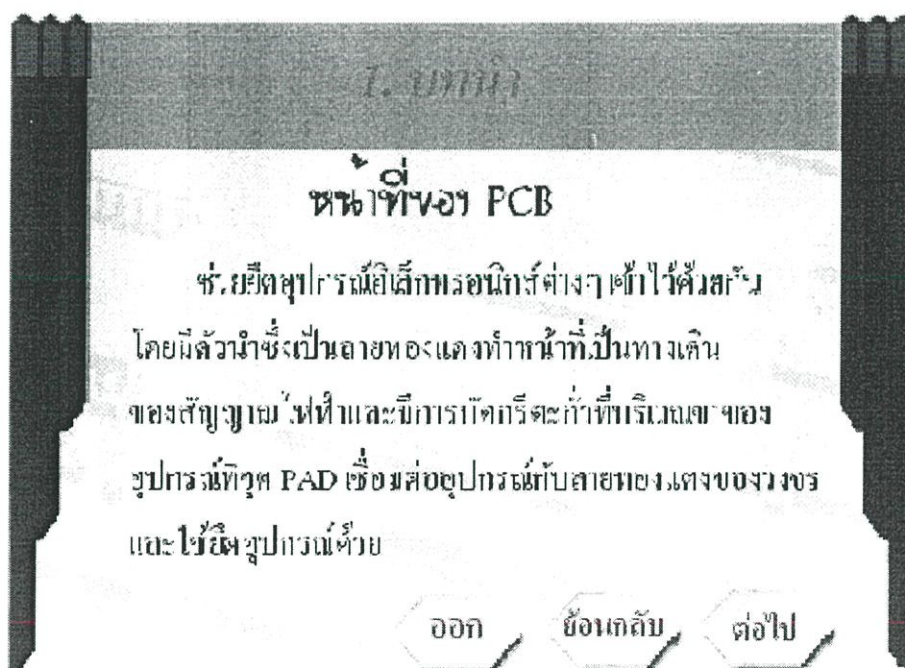
ข้อแนะนำเบื้องต้น



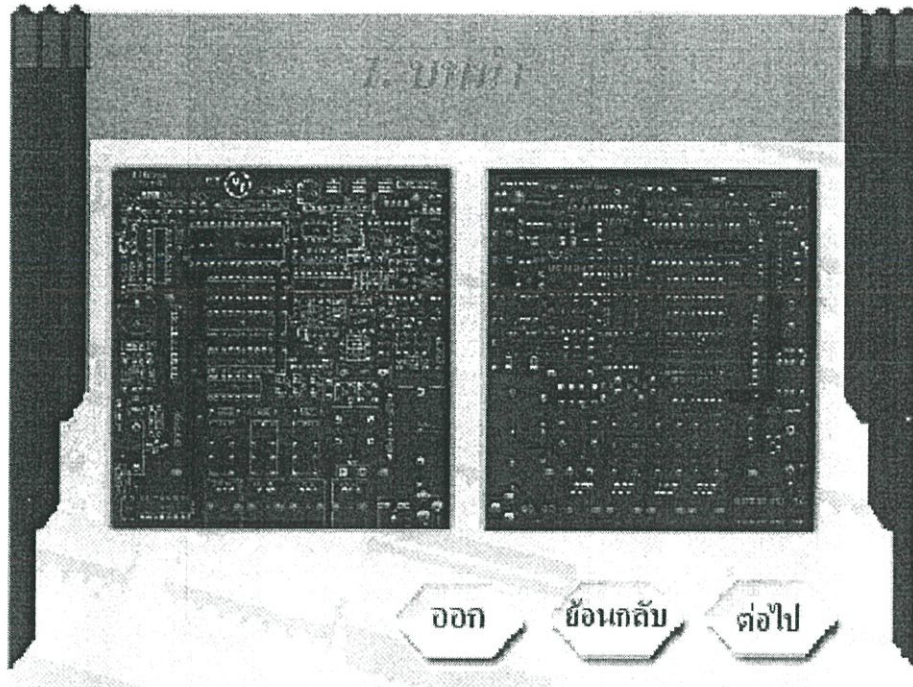
เมนูหลัก



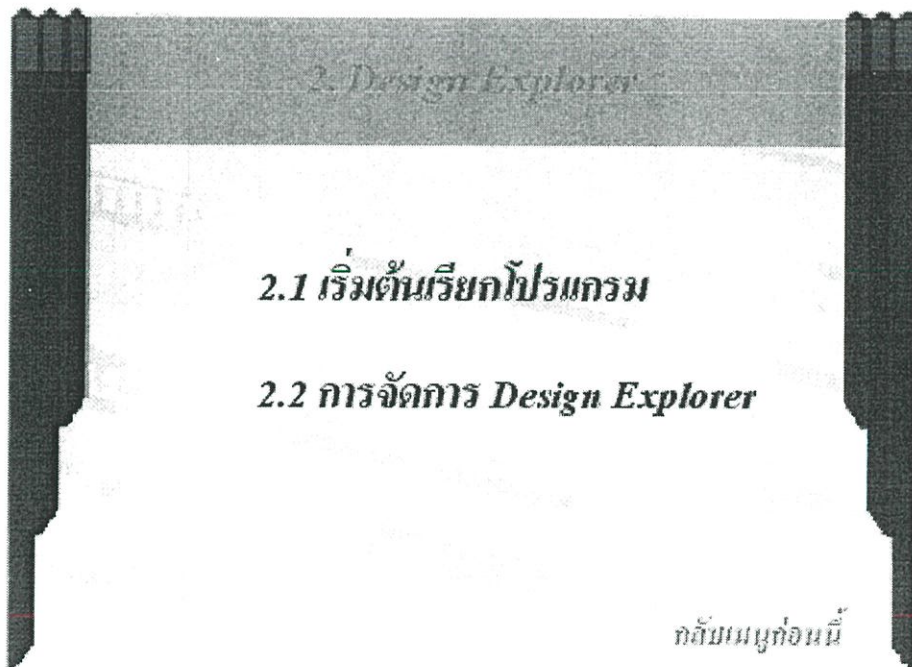
ส่วน Design Explorer



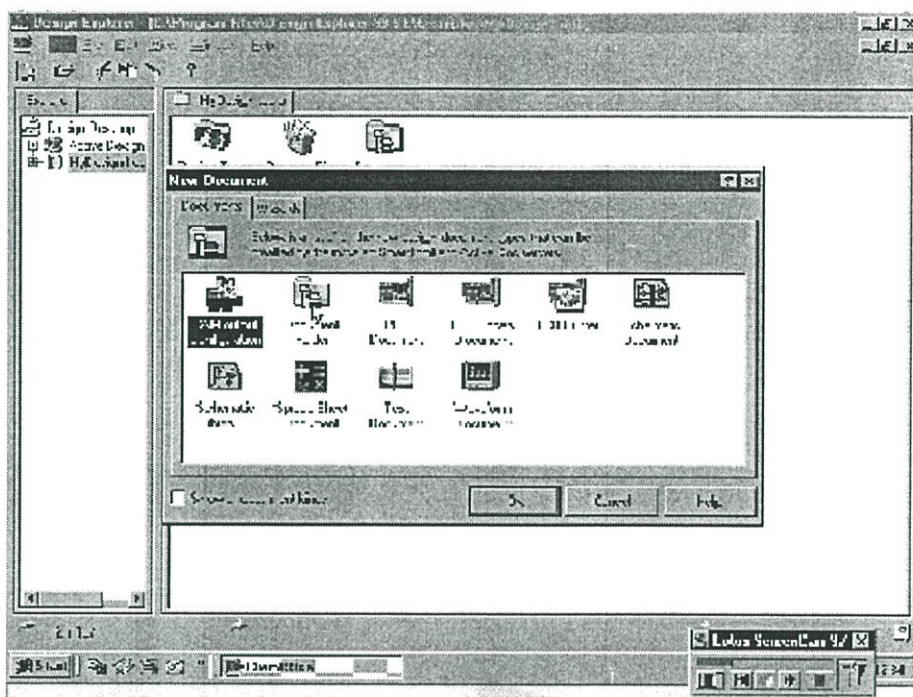
หัวข้อที่ 1 บทนำ



ลักษณะแผ่นวงจรพิมพ์ประเภท Double-Sided Board

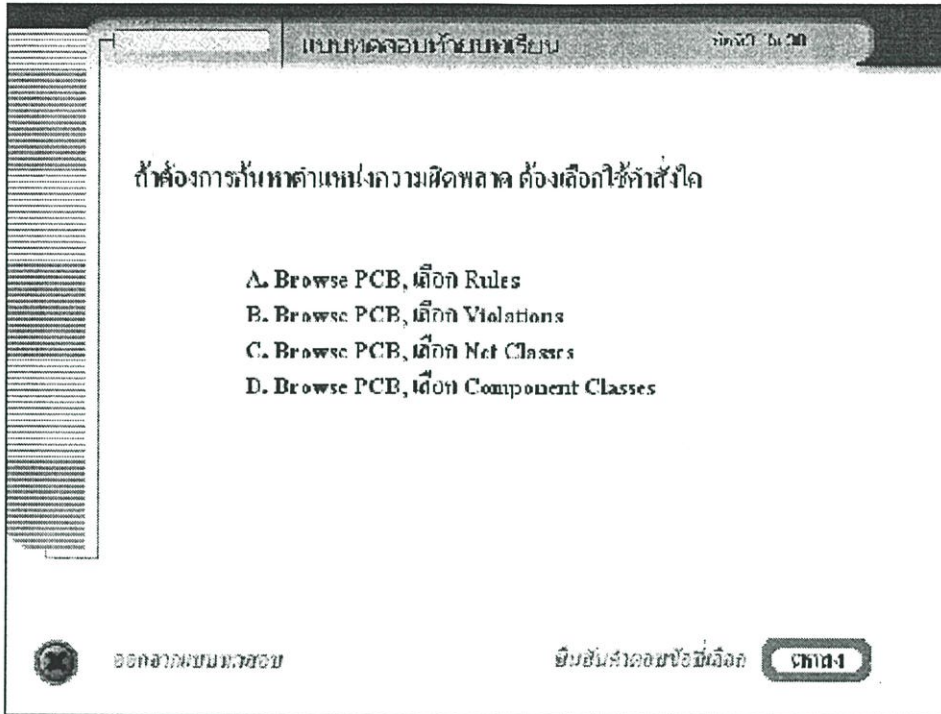


หัวข้อที่ 2 Design Explorer

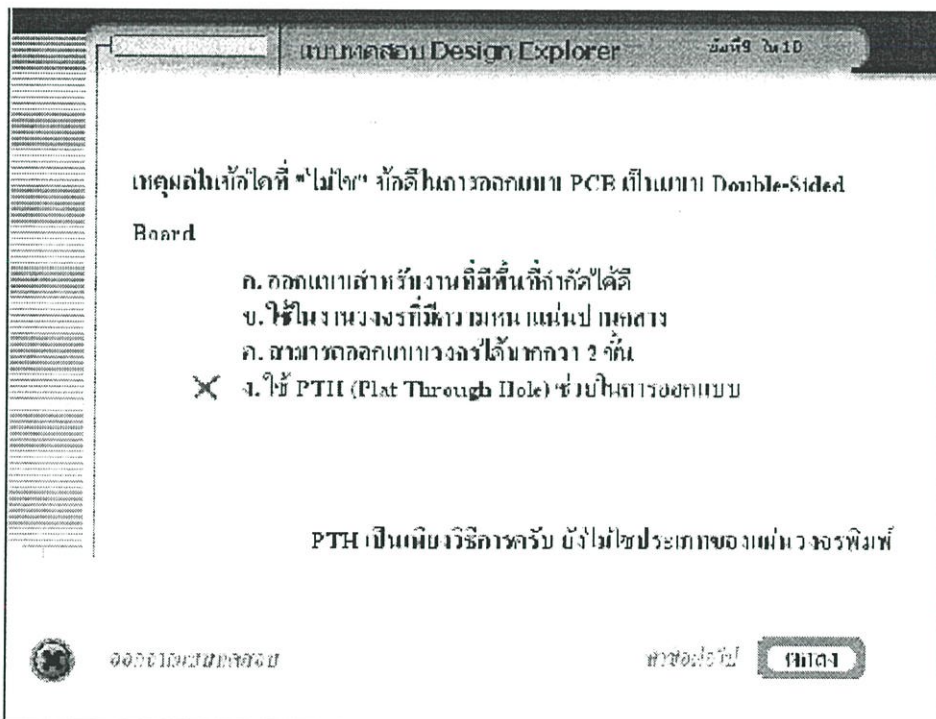


อธิบายการจัดการ Design Explorer ด้วยตัวอย่าง

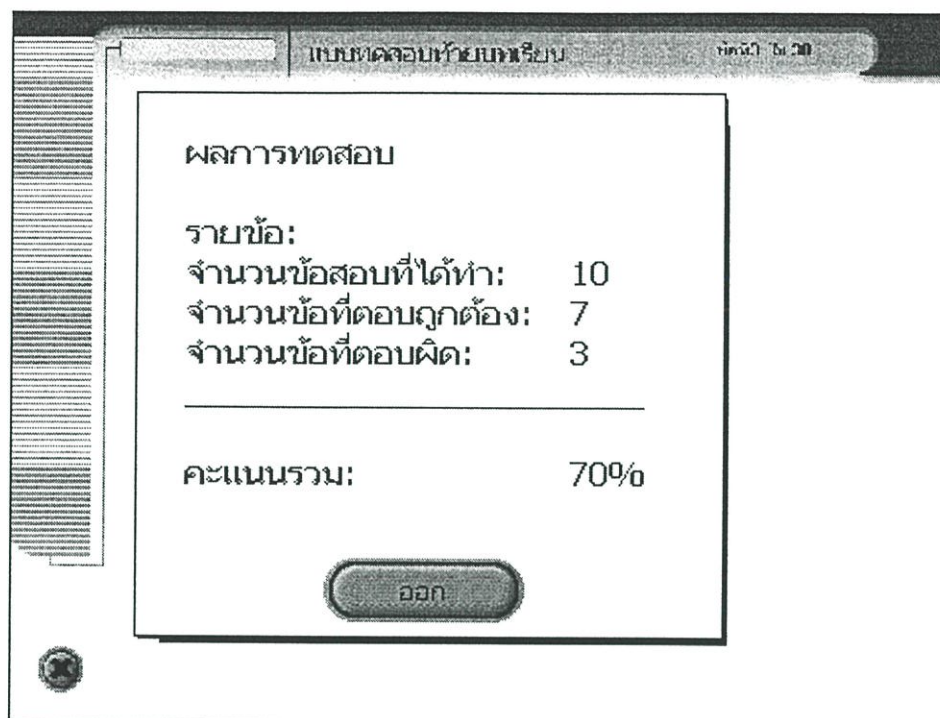
เติมข้อมูลผู้เรียนก่อนเข้าสู่แบบทดสอบ



แบบทดสอบ



Feed back เมื่อตอบคำถาม



สรุปผลคะแนน

ภาคผนวก ฅ

แบบทดสอบหลังสิ้นสุดปฏิบัติการครบทุกหน่วยการทดลอง

1. แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทใด ไม่เหมาะกับงานที่ใช้ความถี่สูง
 - ก. ฟีนอลิก
 - ข. อีพ็อกซี
 - ค. ไฟเบอร์กลาส
 - ง. ไฟเบอร์กลาสอีพ็อกซี
2. ข้อใดต่อไปนี้ ไม่ใช่ ประเภทของแผ่นวงจรพิมพ์
 - ก. Multi-Layer Board
 - ข. Single-Sided Board
 - ค. Double-Sided Board
 - ง. Plat Through Hole Board
3. เมื่อต้องการออกแบบวงจรที่มีความหนาแน่นน้อยไม่ซับซ้อน ควรออกแบบเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดใดจึงเหมาะสมที่สุด
 - ก. Multi-Layer Board
 - ข. Single-Sided Board
 - ค. Double-Sided Board
 - ง. Flexible Circuit Board
4. เหตุผลในข้อใดที่ ไม่ใช่ข้อดีในการออกแบบ PCB เป็นแบบ Double-Sided Board
 - ก. สามารถออกแบบวงจรได้มากกว่า 2 ชั้น
 - ข. ออกแบบสำหรับงานที่มีพื้นที่จำกัดได้ดี
 - ค. ใช้ในงานวงจรที่มีความหนาแน่นปานกลาง
 - ง. ใช้ PTH (Plat Through Hole) ช่วยในการออกแบบ
5. การใช้เมาส์เลือกที่ไอคอน Protel 99SE แบบ Double Click มีวัตถุประสงค์ตรงกับข้อใด มากที่สุด
 - ก. เรียกเปิดเอกสาร Protel 99SE
 - ข. เลือกติดตั้งโปรแกรม Protel 99SE
 - ค. เรียกใช้งานโปรแกรม Protel 99SE
 - ง. เลือกถอดถอนโปรแกรม Protel 99SE
6. เมื่อต้องการเปิดเพิ่มข้อมูลของโปรแกรม Protel 99SE เลือกคำสั่งใด
 - ก. File > Edit
 - ข. File > Open
 - ค. View > Edit
 - ง. View > Open

7. เมื่อต้องการปิดเฉพาะ Design Database ที่เราได้เปิดขึ้นมา ต้องเลือกคำสั่งใด
- ก. File > Close
 - ข. Close > Design
 - ค. Close > Database
 - ง. File > Close Design
8. เมื่อต้องการให้ทุกหน้าต่างใน Viewing Tab แยกออกจากกัน โดยไม่มีเหลี่ยมกัน ใช้คำสั่งในข้อใด
- ก. Tile All
 - ข. Merge All
 - ค. Split Vertical
 - ง. Split Horizontal
9. ข้อใดคือคำจำกัดความของ Navigation Tree ที่ถูกต้องที่สุด
- ก. ที่กั้นหน้าเอกสารส่วนต่างๆ
 - ข. การแสดงเอกสารในรูปแบบลำดับชั้น
 - ค. เครื่องมือจัดการการออกแบบ Design
 - ง. รายละเอียดของเอกสารที่ถูกเลือกเปิด
10. ข้อใดต่อไปนี้ ไม่ใช่ หน้าของ Design Explorer
- ก. ทำการคัดลอกข้อมูล
 - ข. ทำการลบเพิ่มข้อมูล
 - ค. ทำการเปิดเพิ่มข้อมูล
 - ง. ทำการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์
11. ในการสร้าง Document เพื่อใช้ใน Program Schematic Capture เราต้องสร้าง Document ชนิดใดต่อไปนี้
- ก. Schematic
 - ข. Schematic PCB
 - ค. Schematic Waveform
 - ง. Schematic Document
12. การกำหนดขอบเขตของ Drawing ต้องเลือกใช้คำสั่งในข้อใด
- ก. Tool > Option
 - ข. Tool > Preferences
 - ค. Design > Option
 - ง. Design > Preferences

13. เมื่อต้องการแก้ไข Part ของอุปกรณ์ ต้องเลือกใช้ข้อใด
- ที่ Menu Bar เลือก Edit
 - ที่ Browse Sch เลือก Part > Edit
 - ที่ Browse Sch เลือก Part > Find
 - ที่ Browse Sch เลือก Part > Place
14. ที่กรอบ Attributes ถ้าต้องการทราบชื่อของ Part อุปกรณ์ สามารถดูได้ที่ใด
- Part
 - Ref Part
 - Sheet Lib
 - Footprint
15. เมื่อต้องการเปลี่ยนสีและมุมมองของสัญลักษณ์อุปกรณ์ ต้องเลือกข้อใด
- Double Click ที่ Part อุปกรณ์ ,เลือก Attributes
 - Double Click ที่ Part อุปกรณ์ ,เลือก Part Fields
 - Double Click ที่ Part อุปกรณ์ ,เลือก Graphical Attrs.
 - Double Click ที่ Part อุปกรณ์ ,เลือก Read-Only Fields
16. หลังจากทำการวางสัญลักษณ์อุปกรณ์ ถ้าต้องการตรวจสอบความถูกต้องของการวางอุปกรณ์ และการเชื่อมต่อของสายสัญญาณ ต้องเลือกใช้คำสั่งใด
- Tools > ERC
 - Tools > Annotate
 - Tools > Complex To Simple
 - Tools > Up/Down Hierarchy
17. ในการเชื่อมต่อสัญญาณข้อมูล จำนวนหลายๆเส้น สามารถใช้สายสัญญาณแบบใดมาแทนได้
- Bus
 - Wire
 - Track
 - Bus Entry
18. ในการเชื่อมต่อวงจร หากไม่สะดวกที่จะใส่สายสัญญาณ เราสามารถใช้วิธีการในข้อใด
- ใช้ Bus
 - ใช้ Port
 - ใช้ Directive
 - ใช้ Net Label

19. ถ้าต้องการให้เพิ่มข้อมูลที่สร้างจาก Schematic Capture ทำการเชื่อมโยงกับส่วนของ PCB ต้องทำการสร้างเพิ่มข้อมูลประเภทใด
- เพิ่มข้อมูล PCB
 - เพิ่มข้อมูล Netlist
 - เพิ่มข้อมูลตัวอักษร
 - เพิ่มข้อมูล Template
20. ข้อใดต่อไปนี้เป็นคำจำกัดความของ Footprint ที่ถูกต้องที่สุด
- รูปร่างของสัญลักษณ์
 - รูปร่างจริงของอุปกรณ์
 - รูปร่างของบัสสัญญาณ
 - รูปร่างจริงของสายสัญญาณ
21. เมื่อต้องการเพิ่มรายการของอุปกรณ์ Footprint ต้องเลือกคำสั่งข้อใด
- Browse > Libraries > Add / Remove > OK.
 - Browse > Libraries > Add / Remove > Add
 - Browse > Libraries > Add / Remove > Cancel
 - Browse > Libraries > Add / Remove > Remove > OK.
22. ข้อใดต่อไปนี้เป็นคำที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์
- Edit > Move > Move
 - Edit > Move > Drag
 - Edit > Move > Component
 - Edit > Move > Polygon Vertices
23. การวางเส้นทองแดงบน PCB ถ้าต้องการให้ทำการ หลีกเลียง วัตถุกีดขวาง ต้องใช้คำสั่งใด
- Tools > Preferences > Options > Interactive routing > Mode Push Obstacle
 - Tools > Preferences > Options > Interactive routing > Mode Avoid Obstacle
 - Tools > Preferences > Options > Interactive routing > Mode Ignore Obstacle
 - Tools > Preferences > Options > Component drag > Mode Connected Tracks
24. ถ้าต้องการกำหนดเงื่อนไขระหว่างการเดินเส้น ต้องเลือกใช้คำสั่งใด
- Design > Rules > Other
 - Design > Rules > Routing
 - Design > Rules > Placement
 - Design > Rules > Signal Integrity

25. ถ้าต้องการกำหนดเงื่อนไขขนาดเส้น โดยขึ้นกับเน็ต ต้องเลือกใช้คำสั่งใด
- Design > Rules > Placement > Net to Ignore
 - Design > Rules > Routing > Width Constraint
 - Design > Rules > Signal Integrity > Supply Nets
 - Design > Rules > Other > Short -Circuit Constraint
26. ถ้า ไม่ ต้องการให้แสดงชื่ออุปกรณ์ สามารถเลือกใช้คำสั่งใด
- Tools > Preference > String > Final
 - Tools > Preference > String > Draft
 - Tools > Preference > String > Show
 - Tools > Preference > String > Hidden
27. ถ้าต้องการค้นหาตำแหน่งความผิดพลาด ต้องเลือกใช้คำสั่งใด
- Browse PCB, เลือก Rules
 - Browse PCB, เลือก Violations
 - Browse PCB, เลือก Net Classes
 - Browse PCB, เลือก Component Classes
28. ถ้าต้องการสร้างอุปกรณ์ใน Schematic Library ต้องเลือกใช้คำสั่งใด
- Tools > Edit Component
 - Tools > New Component
 - Tools > Make Component
 - Tools > New Design Component
29. ปุ่มคำสั่งใดที่ใช้ในการขยายมุมมองของอุปกรณ์ ในการสร้าง library
- Ctrl +Z
 - Alt + Z
 - Page Up
 - Page Down
30. ถ้าต้องการ Lock Document เพื่อทำงานคนเดียว ต้องเลือกใช้คำสั่งใด
- Session > Lock
 - Members > Lock
 - Document > Lock
 - Design Team > Lock

ภาคผนวก ๓

คู่มือและใบงาน

ประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คู่มือประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel

ระบบปฏิบัติการ

- ควรใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 95 หรือ สูงกว่า
- ควรตั้งค่าหน้าจอแสดงผลตั้งแต่ 800x600 ขึ้นไป
- ควรตั้งค่าแสดงผลสี ตั้งแต่ 16 สี ขึ้นไป

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย โปรแกรม Protel ประกอบด้วยเนื้อหาซึ่งเป็นลักษณะแนะนำ พร้อมทั้งสาธิตการใช้งาน โปรแกรม โดยสอนให้ผู้เรียนสามารถเริ่มต้นศึกษาการใช้งาน และเพิ่มทักษะการใช้งาน โปรแกรม Protel 99SE เพื่อการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ ผู้เรียนสามารถศึกษาและใช้งานได้ด้วยตนเอง ตามระยะเวลาและความเหมาะสม โดยภายในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะมีแบบทดสอบท้ายเรื่อง และประเมินผลการเรียน ได้ด้วยตนเอง

ภายในบทเรียน มีจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนี้

Design Explorer

- บอกประเภทและประโยชน์การใช้งานของแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดต่างๆ ได้
- อธิบายขั้นตอนการใช้ Design Explorer ได้
- บอกคำสั่งในการจัดการ Design Explorer ได้

Program Schematic Capture

- อธิบายการสร้างชิ้นงาน โดยใช้ Program Schematic Capture ได้
- อธิบายขั้นตอนในการดำเนินงานวงจร โดยใช้ Program Schematic Capture ได้

Program PCB

- อธิบายวิธีการเริ่มต้นใช้งาน Program PCB ได้
- อธิบายการเดินเส้นและการเดินเส้นอัตโนมัติได้
- บอกความหมายของฟังก์ชันที่ใช้ในการจัดการอุปกรณ์ Footprint และ Library ได้

เนื้อหาภายในบทเรียนประกอบด้วยหัวข้อ ดังต่อไปนี้

Introduction

1. บทนำ

Design Explorer

2. Design Explorer
 - 2.1 เริ่มต้นเรียกโปรแกรม
 - 2.2 การจัดการกับ Design Explorer

Program Schematic Capture

3. เริ่มต้นการสร้างชิ้นงาน
 - 3.1 เริ่มต้นการสร้างชิ้นงานใหม่
 - 3.2 กำหนดขอบเขตและวางสัญลักษณ์
 - 3.3 จัดการกับ Part และ Library
 - 3.4 การเพิ่มและการ Browse Library
 - 3.5 คุณสมบัติของวัตถุ
 - 3.6 ใส่เส้นสัญญาณ
 - 3.7 ใส่เส้นสัญญาณอัตโนมัติ
 - 3.8 การใช้บัส
 - 3.9 การใช้สัญญาณช่องต่อ
4. การดำเนินงานวงจร
 - 4.1 การตรวจสอบความถูกต้องทางไฟฟ้า
 - 4.2 การเตรียมวงจรไว้ออกแบบ PCB
 - 4.3 การสร้าง Netlist

Program PCB

5. เริ่มต้น PCB
 - 5.1 Library Footprint
 - 5.2 การนำวงจรมาไว้ใน PCB
 - 5.3 การย้ายอุปกรณ์
6. การเดินเส้น
 - 6.1 การกำหนด Grid
 - 6.2 การกำหนดการออกแบบ
 - 6.3 การเดินเส้นด้วยมือ
 - 6.4 การค้นหาความผิดพลาด

7. การเดินเส้นอัตโนมัติ
 - 7.1 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนเริ่มใช้
 - 7.2 การใช้ Auto Router
 - 7.3 การสร้างจุดทดสอบ
 - 7.4 การสร้างหยคน้ำตา
8. รายงานการตรวจสอบ
 - 8.1 การตรวจสอบความผิดพลาด
 - 8.2 การค้นหาตำแหน่งความผิดพลาด
 - 8.3 การตรวจสอบชนิดพื้นที่
9. อุปกรณ์ Footprint และ Library
 - 9.1 เครื่องมือแก้ไข Schematic Library
 - 9.2 การสร้างอุปกรณ์
 - 9.3 การก๊อปปี้และการขยาย
 - 9.4 Footprint ของ PCB
 - 9.5 การสร้าง Footprint ใหม่
 - 9.6 การสร้าง Footprint โดย Wizard
10. การทำงานเป็นทีม
 - 10.1 การทำงานเป็นทีม
 - 10.2 การ Lock Document ทำงานคนเดียว

ใบงานที่ 1

การใช้งาน Design Explorer และ Program Schematic Capture

จุดประสงค์

1. เพื่อให้สามารถใช้งาน Design Explorer ในการจัดการเพิ่มเอกสารได้
2. เพื่อให้สามารถใช้งาน Program Schematic Capture ในการออกแบบวงจรได้
3. เพื่อให้สามารถใช้ฟังก์ชันในการจัดการอุปกรณ์ใน Program Schematic Capture ได้
4. เพื่อให้สามารถลากเส้นสัญญาณในการเชื่อมต่อได้
5. เพื่อให้สามารถเลือกและวางสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้อง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. โปรแกรม Protel 99SE
3. แผ่นซีดี บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ทฤษฎีเบื้องต้น

1. Design Explorer

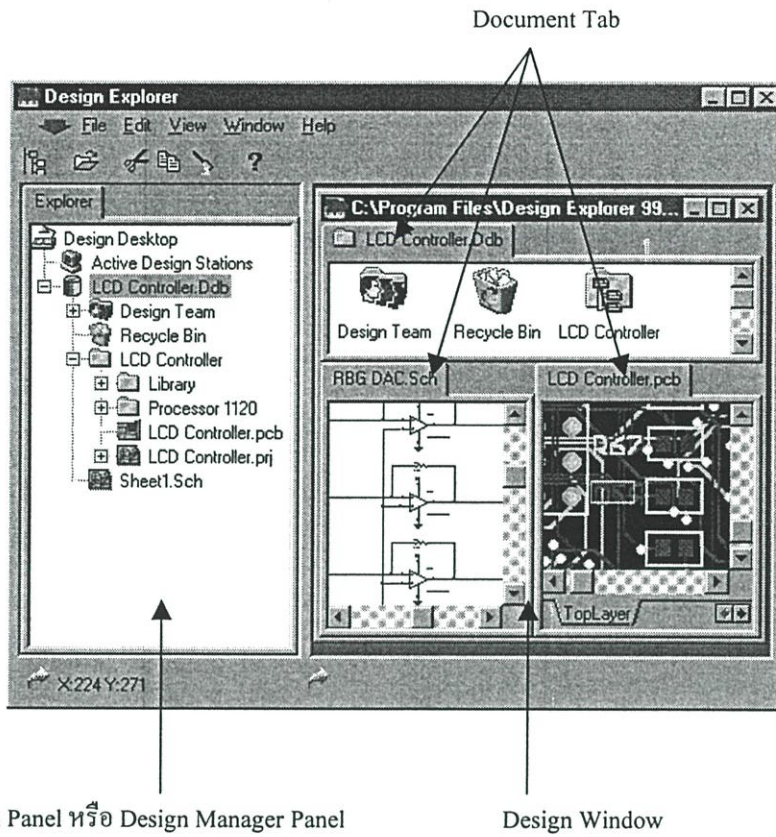
เมื่อเปิด โปรแกรม Protel99 SE จาก Start menu จะปรากฏหน้าต่าง Design Explorer ขึ้น ซึ่งหน้าต่าง Design Explorer นี้จะเป็นตัวเชื่อมระหว่างผู้ใช้กับ Document รวมไปถึงทรัพยากร เมนู และเครื่องมือต่างๆ ที่จะใช้ในการออกแบบ

ส่วนประกอบใน Design Explorer

- Navigation Panel หรือ Design Manager Panel เป็นส่วนที่ใช้ในการสืบค้น document เพื่อทำการดูหรือแก้ไขข้อมูล และจัดการต่างๆ เช่น copy, paste, move และ delete

- Design Window เป็นส่วนที่ใช้แสดงรายละเอียดของ document หรือ folder ที่ทำการเปิดขึ้นมา อาจจะเพื่อดูข้อมูลหรือทำการแก้ไขงานก็ได้ ในแต่ละ Design Database ก็จะมี Design Window ของตัวเอง และภายใน Design Window เดียวกัน เราสามารถเปิดได้หลาย document ทำให้สามารถจัดการ document ต่างๆ ได้ง่ายขึ้น

-Document Tab หรือเรียกสั้นๆว่า Tab เป็นส่วนที่ใช้แสดงชื่อของ document หรือ folder ที่เปิดอยู่ใน Design Window เมื่อเราต้องการให้ Tab ใด active ก็ทำได้โดยการคลิกบน Tab นั้นๆ ซึ่งจะสังเกตเห็นว่า Tab ที่ active อยู่จะมี icon เล็กๆ ปรากฏบน Tab ด้วย



Navigation Panel หรือ Design Manager Panel

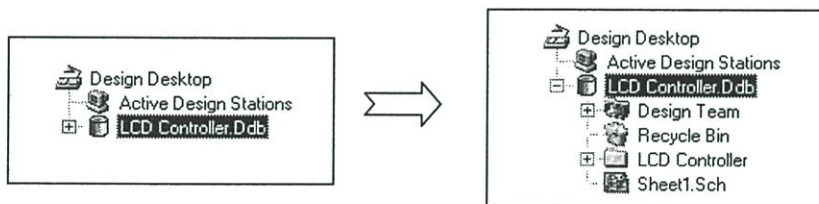
Design Window

รูปที่ 1.1 หน้าต่าง Design Explorer และส่วนประกอบต่างๆ

การทำงานใน Design Explorer

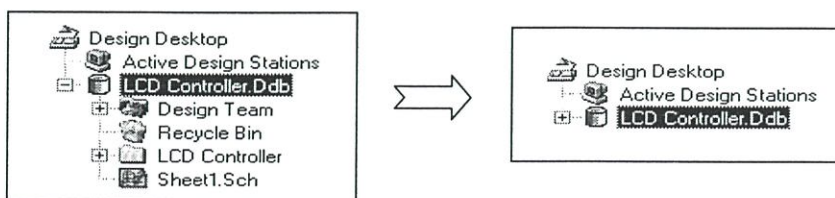
- การทำงานในส่วน Navigation Panel

1. การขยาย branch ที่อยู่ภายใน tree ทำได้โดยการคลิกบนสัญลักษณ์ “+”



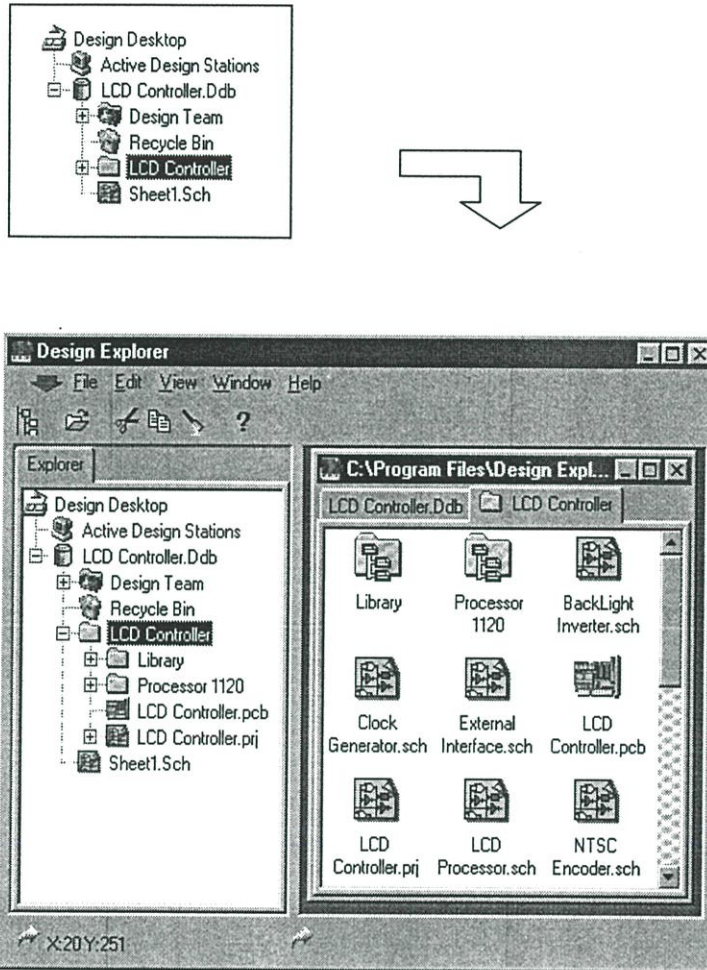
รูปที่ 1.2 การขยาย branch ที่อยู่ภายใน tree

2. การซ่อน branch ที่อยู่ภายใน tree ทำได้โดยการคลิกบนสัญลักษณ์ “-”



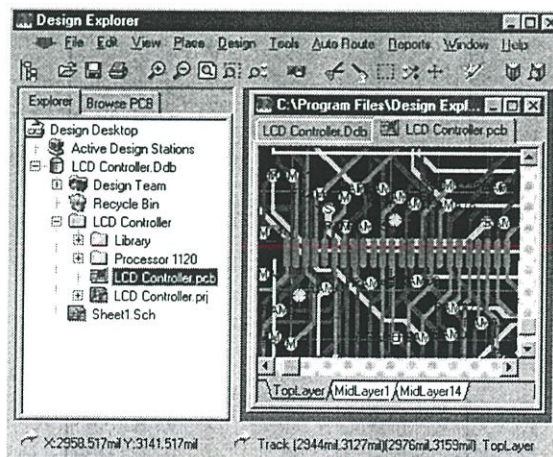
รูปที่ 1.3 การซ่อน branch ที่อยู่ภายใน tree

3. การแสดงรายละเอียดของ folder ที่อยู่ภายใน tree ทั้งในส่วน Navigation Panel และ ส่วน Design Window ทำได้โดยการดับเบิลคลิกบน folder ที่ต้องการ



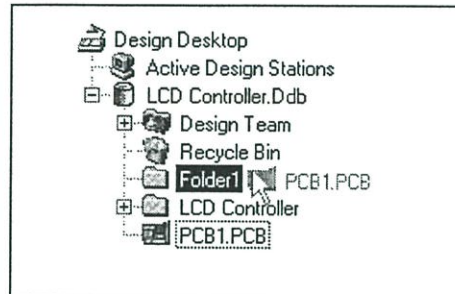
รูปที่ 1.4 รายละเอียดของ folder ที่อยู่ภายใน tree ส่วน Navigation Panel และ Design Window

4. การเปิด document เพื่อดูหรือแก้ไขข้อมูลที่อยู่ภายใน ทำได้โดยการดับเบิลคลิกบน document ที่ต้องการ จากนั้นข้อมูลก็จะปรากฏอยู่ในส่วน Design Window



รูปที่ 1.5 การเปิด document เพื่อดูหรือแก้ไขข้อมูลที่อยู่ภายใน

5. การเคลื่อนย้าย (move) document หรือ folder ไปยัง folder อื่น สามารถทำได้โดยการคลิกค้างที่ document หรือ folder ที่ต้องการเคลื่อนย้าย จากนั้นลากไปวางบน folder ปลายทางที่ต้องการ (จากรูปเป็นการเคลื่อนย้าย PCB1.PCB ไปยัง Folder1)



รูปที่ 1.6 การเคลื่อนย้าย folder หรือ document ไปยัง folder อื่น

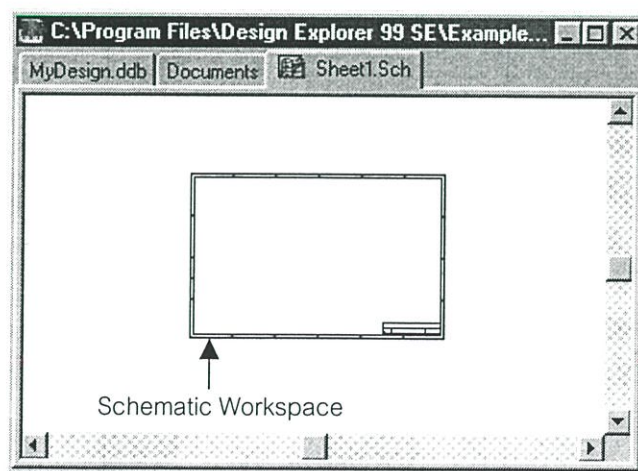
2. Schematic Capture

การทำงานใน Schematic Editor

Schematic Server ของ Protel99 SE ประกอบด้วย Document Editor สองตัวคือ Schematic Sheet Editor และ Schematic Library Editor ซึ่งการทำงานในแต่ละ editor ก็มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน จะแตกต่างกันก็ตรงที่ Schematic Sheet Editor ใช้สำหรับการสร้างและแก้ไข Schematic ส่วน Schematic Library Editor ใช้สำหรับการสร้างและแก้ไขอุปกรณ์และไลบรารีของอุปกรณ์

-การกำหนด Schematic Workspace

Schematic Workspace คือ พื้นที่หรือขอบเขตที่ใช้ในการสร้างแบบวงจร



รูปที่ 2.1 Schematic Workspace

1) อักขระพิเศษ

อักขระพิเศษ เป็นข้อความที่ Schematic จะทำการแปลเมื่อ sheet ถูกปริ้นท์ออกมา อักขระพิเศษแต่ละตัวต่างก็เชื่อมโยงไปยังฟิลด์ที่อยู่ในแท็บ Organization ซึ่งอยู่ในหน้าต่าง Document Option อักขระพิเศษ ได้แก่ .TITLE, .DATE, .TIME, .ORGANIZATION เป็นต้น เราสามารถวางอักขระพิเศษไว้บน Sheet Template หรือวางไว้บน Schematic Sheet โดยตรงก็ได้

ในการวางอักขระพิเศษบน Sheet Template ให้เข้าไปที่หน้าต่าง Document Option ของ sheet นั้นๆ เพื่อใส่ข้อความลงในฟิลด์ต่างๆ เมื่อ sheet ถูกปริ้นท์ออกมา อักขระพิเศษแต่ละตัวจะถูกแทนที่ด้วยข้อความที่ได้ใส่ไว้ในฟิลด์ โดยที่ข้อความนี้เป็นข้อความที่สอดคล้องกันกับอักขระพิเศษตัวนั้นๆ ถ้าเราต้องการตรวจสอบข้อความต่างๆ บนหน้าต่าง ก่อนที่จะทำการปริ้นท์ sheet ออกมา ให้เลือกเมนู Tool >> Preferences จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Preferences ขึ้นมา ให้คลิกที่แท็บ Graphical Edit แล้วทำเครื่องหมายเช็คหน้าออกป๊อปชั่น Convert Special Strings

อักขระพิเศษที่เชื่อมโยงกับหน้าต่าง Document Option มีดังนี้

.ORGANIZATION	แสดงข้อความที่อยู่ใน Organization field
.ADDRSS1	แสดงข้อความที่อยู่ในบรรทัดแรกของ Address field
.ADDRSS2	แสดงข้อความที่อยู่ในบรรทัดที่สองของ Address field
.ADDRSS3	แสดงข้อความที่อยู่ในบรรทัดที่สามของ Address field
.ADDRSS4	แสดงข้อความที่อยู่ในบรรทัดที่สี่ของ Address field
.SHEETNUMBER	แสดงข้อความที่อยู่ใน Sheet No. field
.SHEETTOTAL	แสดงข้อความที่อยู่ใน Sheet Title field
.TITLE	แสดงข้อความที่อยู่ใน Document Title field
.DOCUMENTNUMBER	แสดงข้อความที่อยู่ใน Document No. field
.REVISION	แสดงข้อความที่อยู่ใน Document Revision field
อักขระพิเศษต่อไปนี้จะถูกแทนที่ด้วยข้อมูลปัจจุบันเมื่อมีการปริ้นท์ sheet	
.DOC_FILE_NAME	แสดงชื่อไฟล์ของ Schematic sheet
.DOC_FILE_NAME_NO_PATH	แสดงชื่อไฟล์ของ Schematic sheet โดยไม่บอก path
.TIME	แสดงเวลาปัจจุบัน
.DATE	แสดงวันที่ปัจจุบัน

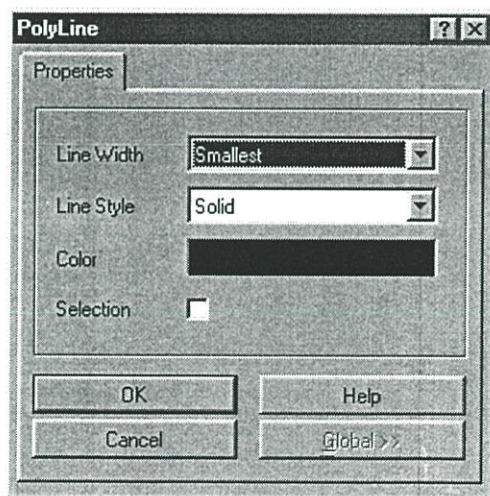
2) Sheet Template

Sheet Template คือ sheet แม่แบบที่ออกแบบไว้แล้ว เพื่อนำไปใช้ในการสร้าง sheet อื่นๆ ใน Schematic Editor ได้จัดเตรียม Sheet Template ไว้จำนวนหนึ่งแล้ว แต่เราสามารถสร้างหรือออกแบบ Sheet Template ขึ้นใหม่ได้ ซึ่งวิธีการสร้างก็เหมือนกับการสร้าง Schematic Sheet ทั่วๆ ไป แต่หลังจากที่ใส่ชื่อฟิลด์ต่างๆ ลงบน sheet เรียบร้อยแล้ว ให้เลือกเมนู File >> Save Copy As เพื่อ

ทำการบันทึกsheetที่เราออกแบบไว้ให้เป็น Sheet Template ไฟล์ (Sheet Template ไฟล์ คือไฟล์ที่มีนามสกุล .DOT)

ขั้นตอนการสร้าง Sheet Template มีดังนี้

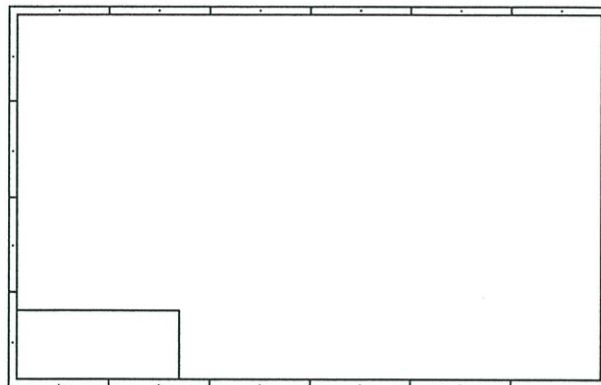
1. หลังจากเปิด folder ที่จะใช้เก็บ Sheet Template แล้ว ให้เลือกเมนู File >> New
2. จากหน้าต่าง New Document ที่ปรากฏ ให้เลือก Schematic Document แล้วคลิกที่ OK
2. ดับเบิลคลิกบนไอคอน เพื่อทำการเปิดsheet จากนั้นเลือกเมนู Design >> Options
4. จากหน้าต่าง Document Options ที่ปรากฏ ให้คลิกที่แท็บ Sheet Options แล้วทำการกำหนดขนาดของsheet ใน Standard Styles และ Un-check ที่ Title Block
5. สร้าง Title Block ขึ้นใหม่โดยคลิกที่ graphical line จากทูลบาร์ Drawing Tools หรือเลือกเมนู Place >> Drawing Tools >> Line จากนั้นจะมี cross-hair ปรากฏขึ้น
6. ก่อนที่จะเริ่มใช้ line ให้กดคีย์ Tab จากนั้นจึงกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของ line จากหน้าต่าง PolyLine ที่ปรากฏขึ้น
7. คลิกที่ Color box เพื่อเปิดหน้าต่าง Choose Color ให้เลือกสีหมายเลข 3 (สีดำ) จากนั้นคลิกที่ OK
8. กำหนดออปชั่น Line Width เท่ากับ Smallest จากนั้นคลิกที่ OK



รูปที่ 2.2 หน้าต่าง PolyLine

9. กำหนดตำแหน่งเคอร์เซอร์บน Sheet Workspace แล้วคลิก OK เพื่อให้เป็นจุดเริ่มต้นขอบแรกของ Title Block
10. เลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังจุดที่ต้องการให้เป็นจุดปลายของขอบ แล้วคลิก OK ตอนนี้เราก็จะได้ขอบมาแล้วหนึ่งด้าน ทำในลักษณะเช่นนี้จนได้ขอบครบทุกด้าน
11. คลิกขวาหรือกดคีย์ ESC หนึ่งครั้ง เพื่อสิ้นสุดการวาด Title Block

12. คลิกขวาหรือกดคีย์ ESC สองครั้ง เพื่อออกจากคำสั่ง Place Line



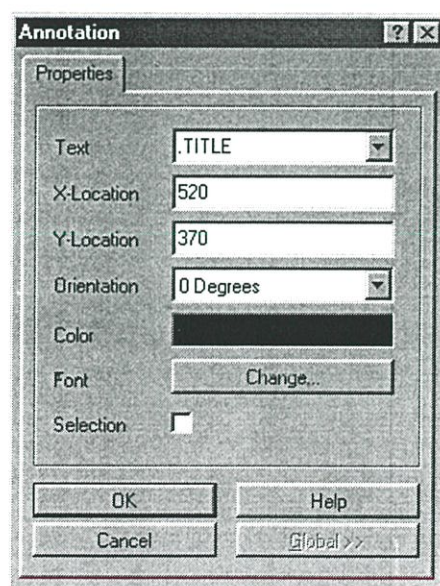
รูปที่ 2.3 Sheet Workspace ที่ทำการวาด Title Block แล้ว

13. ทำการวางข้อความลงใน Title Block โดยเลือกเมนู Place >> Annotation

14. ก่อนที่จะวางข้อความให้กดคีย์ Tab เพื่อกำหนดคุณสมบัติของข้อความจากหน้าต่าง Annotation ที่ปรากฏขึ้น

15. คลิกที่ Change แล้วกำหนดขนาดตัวอักษรเท่ากับ 18 จากนั้นคลิก OK

16. ในส่วน Text field ให้เลือกอักขระพิเศษ .TITLE จากนั้นคลิก OK



รูปที่ 2.4 หน้าต่าง Annotation

17. เลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังตำแหน่งที่เหมาะสมใน Title Block แล้วคลิกหนึ่งครั้งเพื่อทำการวางข้อความ

18. กดคีย์ Tab อีกครั้งหนึ่ง แล้วเลือก .SHEETNUMBER จาก Text field จากนั้นจึงนำไปวางใน Title Block

19. ทำการวางอักขระพิเศษตัวอื่นๆ ได้แก่ .ORGANIZATION, .DATE, .TIME, .ADDRESS1, .ADDRESS2 ลงใน Title Block จากนั้นคลิกขวาหรือกดคีย์ ESC หนึ่งครั้งเพื่อจบคำสั่ง Place Annotation

20. วางข้อความอื่นๆ และจัดการวางข้อความทั้งหมดดังรูปที่ 3.5

A	TITLE: TITLE	SHEET NO: SHEETNUMBER
	DOC_NO: .DOCUMENTNUMBER	REVISION: .REVISION
	ORGANIZATION: .ORGANIZATION	
	ADDRESS: .ADDRESS1	.ADDRESS2
	DATE	.DATE
	TIME	.TIME
	1	2

รูปที่ 2.5 ข้อความและอักขระพิเศษที่กำหนดไว้ใน Title Block

21. เลือกเมนู Design >> Options แล้วคลิกที่แท็บ Organization จากนั้นเติมข้อความดังรูป

The screenshot shows the 'Document Options' dialog box with the 'Organization' tab selected. The 'Organization' field contains the text 'KMITL'. Below it, the 'Address' section has two fields containing 'Bangkok' and 'Thailand'. At the bottom left, the 'Sheet' section shows 'No.' as 1 and 'Total' as 0. At the bottom right, the 'Document' section shows 'Title' as 'CounterCircuit', 'No.' as 6, and 'Revision' as 1. The dialog has 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

รูปที่ 2.6 ข้อความที่เติมลงในส่วนต่างๆ ภายในแท็บ Organization

22. ทำการบันทึกข้อมูล โดยเลือกเมนู File >> Save As

23. พิมพ์ชื่อ Sheet Template ที่ต้องการบันทึก และกำหนดรูปแบบการบันทึกเป็น Advanced Schematic template binary (*.dot) จากนั้นคลิก OK

3) การกำหนด Default Template

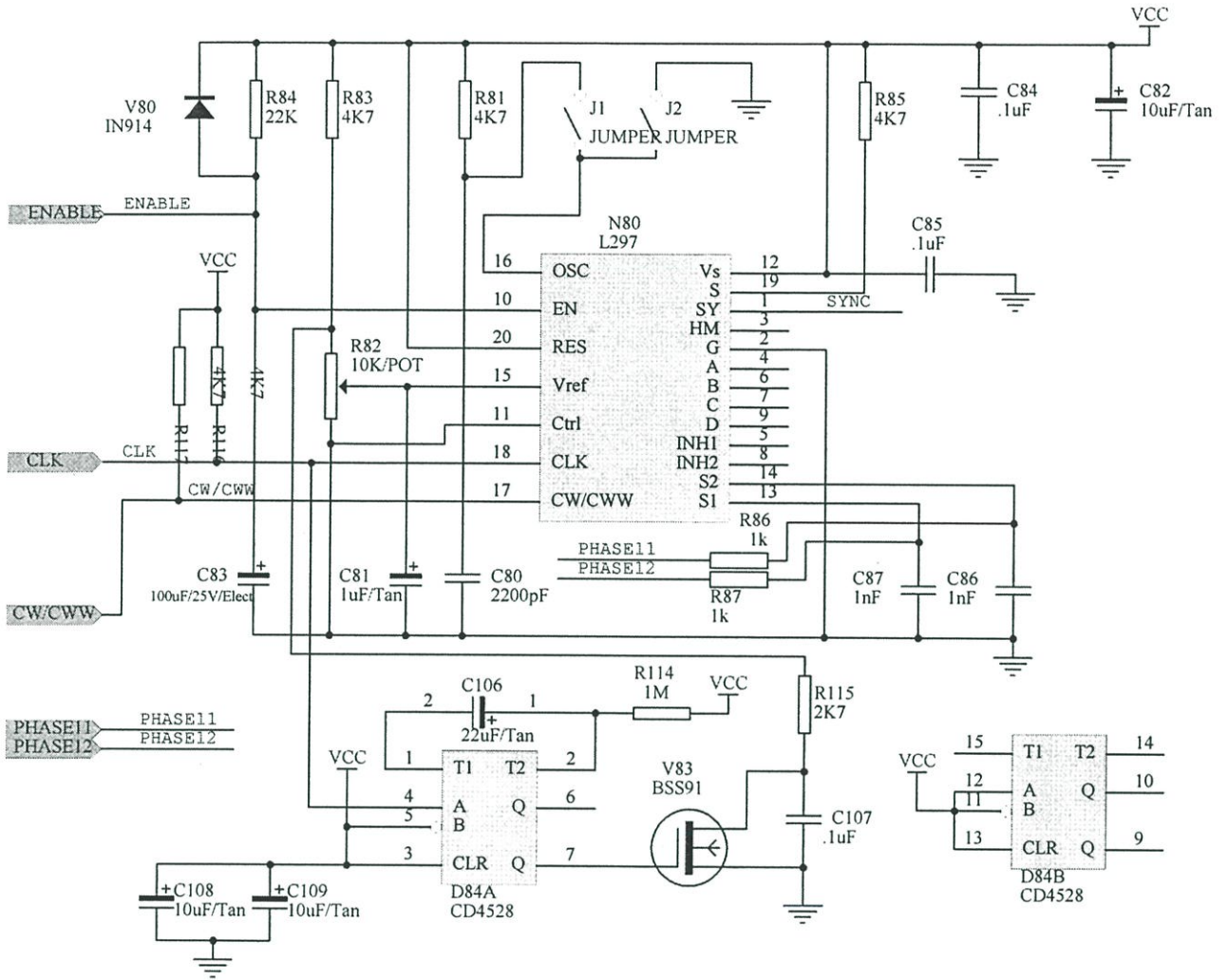
เมื่อทำการสร้างsheetชิ้นใหม่นั้น เราสามารถเรียกใช้ Sheet Template ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งการกำหนดให้ Sheet Template ใดๆ ถูกเรียกใช้โดยอัตโนมัติ หรือเป็น Default Template มีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกเมนู Tools >> Preferences
2. จากหน้าต่าง Preferences ที่ปรากฏ ให้คลิกที่แท็บ Schematic
2. คลิกที่ Browse เพื่อแสดงหน้าต่าง Select
4. เลือก database ที่เก็บ Sheet Template ที่เราต้องการให้เป็น Template อัตโนมัติจาก drop-down list box จากนั้นจึงเลือก Template ที่ต้องการ
5. เมื่อเราคลิก OK แล้วกลับมายังหน้าต่าง Preferences ชื่อของ Template ที่เราเลือกไว้จะปรากฏอยู่ในส่วน Defalt Template File จากนั้นคลิก OK เพื่อปิดหน้าต่าง Preferences

หมายเหตุ หากนักศึกษาไม่เข้าใจ สามารถเปิดโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ในหัวข้อ Design Explorer และ Program Schematic Capture เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจ

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาการใช้งาน Design Explorer และ Program Schematic Capture จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
2. เปิดโปรแกรม Design Explorer ของโปรแกรม Protel 99SE
3. ทำการสร้างเอกสาร Document
4. ให้นักศึกษาทำการออกแบบวงจร ดังรูปต่อไปนี้



สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 2

การใช้งาน Program PCB

จุดประสงค์

1. เพื่อให้สามารถสร้างเอกสาร PCB และทำการเพิ่มไลบรารีได้
2. เพื่อให้สามารถใช้เครื่องมือในการทำงานของ PCB ได้
3. เพื่อให้สามารถใช้ Placement Tool ได้
4. เพื่อให้สามารถจัดวางอุปกรณ์และเลือกอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
5. เพื่อให้สามารถออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้ Program PCB ได้อย่างถูกต้อง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

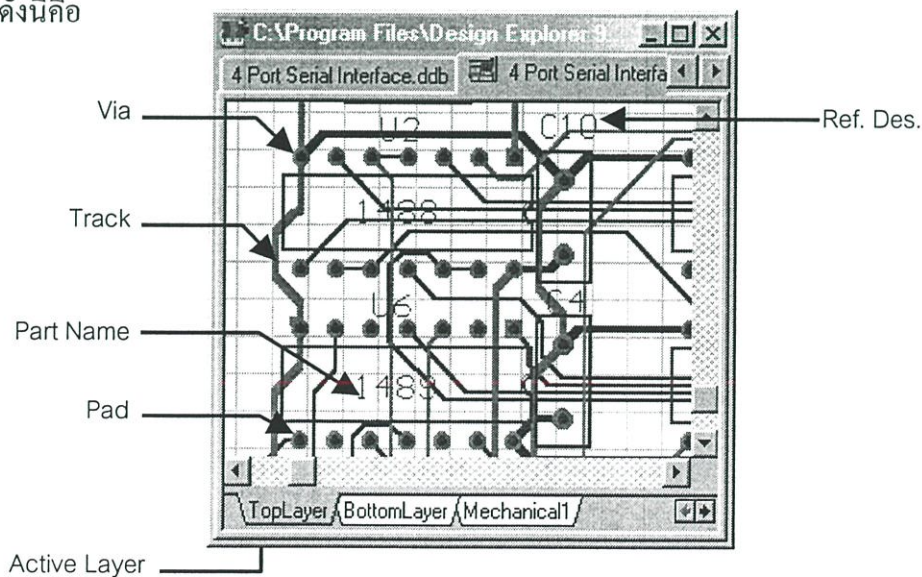
1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. โปรแกรม Protel 99SE
3. แผ่นซีดี บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ทฤษฎีเบื้องต้น

PCB Layout

คำจำกัดความและส่วนประกอบต่างๆของ PCB

ก่อนเริ่มใช้งานเครื่องมือต่างๆเราควรจะทำความเข้าใจสิ่งที่ปรากฏบนหน้าจอให้เห็นเมื่อ PCB Editor ขึ้นมา ซึ่งส่วนประกอบต่างๆเหล่านี้มีหน้าที่การใช้งานที่แตกต่างกัน ความหมายแต่ละส่วนมีดังนี้คือ



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบต่างๆของ PCB Layout

Active Layer	คือส่วนที่แสดงให้เห็นถึง Layer ที่กำลังทำงานอยู่
Part Name	คือชื่อของอุปกรณ์ที่ปรากฏในไลบรารี
Pad	คือตำแหน่งของขาอุปกรณ์ Pad มีรูปร่างได้หลายอย่างเช่น วงกลม, สี่เหลี่ยม อาจมีรูเจาะทะลุสำหรับอุปกรณ์ชนิดมีขาหรือไม่ทะลุสำหรับอุปกรณ์ประเภท SMD โดยทั่วไปการกำหนด Pad ในแต่ละเลเยอร์อาจมีขนาดและรูปร่างที่ไม่เหมือนกัน Pad ซึ่งซ้อนกันอยู่ในระหว่างชั้นต่างๆ เรียกว่า Padstack
Track	คือเส้นทองแดงที่เชื่อมระหว่าง Pad ของอุปกรณ์ การเดินแทร็คจะมีคอนเนคชั่น (Connection) เป็นตัวนำ คอนเนคชั่นมาจาก Wire และ Bus ซึ่งเชื่อมต่อใน Schematic ถูกส่งผ่านเข้ามายัง PCB ในรูปของ ไฟล์ Netlist
Via	คือช่องทะลุผ่านระหว่างด้านบนและล่างหรือระหว่าง Layer ของ PCB เพื่อให้เส้นทองแดงจากด้านหนึ่งข้ามมาเชื่อมต่ออีกด้านหนึ่งได้ ลักษณะทั่วไปของ Via จะคล้ายกับ Pad แต่จะไม่มีอุปกรณ์ใส่ในตำแหน่ง Via และมักมีขนาดเล็กกว่า
Layer	คือชั้นสำหรับใส่วัตถุในการออกแบบ คำว่า Layer ของ PCB กับ Layer ของซอฟต์แวร์จะต่างกัน กรณี PCB หมายถึงจำนวนชั้นเฉพาะเดินลายทองแดงเท่านั้น สำหรับ Protel จะมี Layer การใช้งานที่มากกว่าคือเป็นเลเยอร์ของลายทองแดง เลเยอร์สำหรับ Overlay (ทำ Silkscreen ตัวอักษรต่างๆ) Solder Mask (ทำพิมพ์สีเขียว เคลือบ PCB โดยเว้นเฉพาะ Pad) Paste Mask (สำหรับป้ายกาวตะกั่วกรณีประกอบ SMD) เลเยอร์เหล่านี้วางซ้อนกัน เมื่อมองเข้าไปในจอภาพ คือการมองจากเลเยอร์บนลงสู่เลเยอร์ล่าง สามารถเปลี่ยนลำดับการเรียงเลเยอร์และเปลี่ยนสีของวัตถุต่างๆบนเลเยอร์ได้
Ref. Des.	คือชื่ออ้างอิงของอุปกรณ์ ซึ่งนี้จะตรงกันทั้งใน Schematic และ PCB ใช้เพื่ออ้างอิงอุปกรณ์ตัวเดียวกัน ในชิ้นงานหนึ่งจะมีชื่ออ้างอิงที่ไม่ซ้ำกัน การสร้าง Netlist และรายงานต่างๆจะอ้างอิงอุปกรณ์ผ่านชื่ออ้างอิงเสมอ

เครื่องมือในการใช้งาน PCB layout


- **Main Toolbar** ใช้สำหรับเรียกใช้คำสั่งอย่างรวดเร็ว Main Toolbar จะอยู่ใต้เมนูหรือลอยอยู่บนหน้าต่างเล็กๆ Main Toolbar ในส่วนของ PCB จะประกอบไปด้วยเครื่องมือในการใช้งานอยู่ด้วยกันทั้งหมด 22 ชิ้นด้วยกันคือ




รูปที่ 2 แสดงเครื่องมือใน Main Toolbar

 **Design Manager** ใช้สำหรับแสดงรายชื่อไฟล์ที่ถูกโหลดไว้และจะแสดงในลักษณะเรียงลำดับไฟ ล์(Hierarchical) คล้ายๆโครงสร้างแบบTree สามารถจะใช้ Design Manager ในการดูชิ้นงานที่ออกแบบไว้แล้วโดยการใช้เมาส์คลิกที่ชื่อไฟล์ภายใน Design Manager การปิด-เปิด Design Manager ทำได้โดยใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูป Design Manager หรือเมนู View คำสั่ง Design Manager (V,M)


 **File Open Document** ใช้ในการเปิดไฟล์หรือโหลดไฟล์ที่มีอยู่ใน โปรแกรมสามารถจะเปิดไฟล์หลายๆไฟล์ได้โดยใช้เทคนิค MDI (Multiple Document Interface) การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูปกระดาษเปิด หรือเมนู File คำสั่ง Open (F,O) จะแสดงชื่อไฟล์ที่สามารถใช้งานได้


 **File Save Document** ใช้ในการเก็บเอกสารเข้าไว้ในชิ้นงาน การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูปแผ่นดิสก์ หรือเมนู File คำสั่ง Save (F,S) แต่ถ้าต้องการเก็บเอกสารเป็นชื่อใหม่และแก้ไขเอกสารที่เปลี่ยนชื่อแล้วต่อ ส่วนเอกสารเดิมไม่เปลี่ยนแปลงให้ใช้เมนู File คำสั่ง Save As (F,A) แต่ถ้าต้องการเก็บเอกสารในชื่อใหม่และแก้ไขเอกสารชื่อเดิมด้วยให้ใช้เมนู File คำสั่ง Save Copy As (F,Y)และถ้าต้องการเก็บเอกสารทั้งหมดที่มีการเปลี่ยนแปลงให้ใช้เมนู File คำสั่ง Save All (F,L)


 **Print Preview** ใช้ในการแสดงภาพก่อนพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์ในลักษณะต่างๆ ตามการใช้งานทั้งบนจอภาพและเพื่อส่งพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่รูปเครื่องพิมพ์ หรือเมนู File คำสั่ง Print/Preview (F,P)


 **Zoom In** ใช้ขยายการมองที่ตำแหน่งเคอร์เซอร์ให้ใหญ่ขึ้น การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูปแว่นขยาย (Zoom In) หรือเมนู View คำสั่ง Zoom In (Z,I) หรือใช้ปุ่ม PgUp ที่คีย์บอร์ด


 **Zoom Out** ใช้ย่อการมองที่ตำแหน่งเคอร์เซอร์ให้เล็กลง การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูปแว่นขยาย (Zoom Out) หรือเมนู View คำสั่ง Zoom Out (Z,O) หรือใช้ปุ่ม PgDnที่คีย์บอร์ด


 **View Fit Document** ใช้ในการซูมพื้นที่ของ PCB ที่กำลังทำงานอยู่ให้เห็น PCB ทั้งหมดในหน้าจอเดียวถึงแม้ของเดิมจะกำลังย่อหรือขยายอยู่ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูปแว่นขยายบนหน้ากระดาษ (Fit Document) หรือเมนู View คำสั่ง Fit document (V,D)

 **View Area** ใช้ในการขยายการมองเฉพาะบริเวณที่ต้องการเท่านั้น การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ View Area เมื่อคลิกแล้วต้องทำการเลือกบริเวณโดยใช้เมาส์กำหนดมุมสองจุด ผลที่ได้จะขยายเฉพาะบริเวณที่เลือกให้เต็มจอภาพ หรือใช้ เมนู View คำสั่ง Area (V,A)

 **View Selected Object** ใช้ในการขยายการมองเห็นเฉพาะบริเวณที่อุปกรณ์ถูกเลือกเท่านั้น การใช้งานต้องเลือกตัวอุปกรณ์ก่อนจากนั้นใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ View Selected Object เมื่อคลิกแล้วผลที่ได้คืออุปกรณ์ตัวที่ถูกเลือกจะขยายเต็มจอภาพหรือใช้เมนู View คำสั่ง View Selected Object (V,E)


 **ViewPCB3D** ใช้ในการมองแผ่น PCB ที่ออกแบบไว้แล้วในรูปแบบ 3 มิติ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ ViewPCB3D หรือใช้เมนู View คำสั่ง Board in 3D (V,3)


 **Cut** ใช้ในการตัดรูปอุปกรณ์หรือวงจรแล้วนำไปเก็บไว้ในคลิปบอร์ดของ PCB Layout (ไม่ใช่คลิปบอร์ดของ Windows) โดยก่อนที่จะทำการตัดต้องเลือกอุปกรณ์หรือวงจรส่วนนั้นเสียก่อน (การเลือกให้กดปุ่ม Shift ค้างไว้แล้วใช้เมาส์ชี้ไปที่ตัวอุปกรณ์ที่ต้องการ จากนั้นคลิกปุ่มซ้ายของเมาส์ 1 ครั้ง ตัวอุปกรณ์จะมีขอบสีเหลืองๆ) จึงจะทำการตัดได้ เมื่อจะนำมาใช้งานต้องใช้คำสั่ง Paste เพื่อแปะรูปลงไป การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูปกรรไกร หรือเมนู Edit คำสั่ง Cut (E,C) หรือ (Ctrl+C)


 **Paste** ใช้ในการแปะรูปวงจรหรือตัวอุปกรณ์ที่เก็บไว้ในคลิปบอร์ดของ PCB layout ด้วยคำสั่ง Cut หรือคำสั่ง Copy การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูป Paste จากนั้นก็นำอุปกรณ์ที่ติดกับปลายเมาส์ออกมาไปวางในแผ่น PCB โดยการกดเมาส์ปุ่มซ้าย 1 ครั้ง หรือใช้เมนู Edit คำสั่ง Paste (E,P) หรือ (Ctrl+V)


 **Select** ใช้ในการเลือกตัวอุปกรณ์หรือวงจรก่อนจะทำการตัดด้วยคำสั่ง Cut หรือ Copy การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Select จากนั้นให้คลิกเมาส์ปุ่มซ้ายแล้วลากเมาส์มาคลุมตัวอุปกรณ์หรือวงจรที่ต้องการ จากนั้นคลิกเมาส์ปุ่มซ้ายเป็นอันเรียบร้อย หรือใช้เมนู Edit คำสั่ง Select (E,S)

 **DeSelect** ใช้ในการยกเลิกตัวอุปกรณ์ที่เราเลือกไว้ทั้งหมด การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ DeSelect หรือใช้เมนู Edit คำสั่ง DeSelect-→All (E,E,A)


 **Move** ใช้ในการเคลื่อนย้ายตัวอุปกรณ์หรือวงจร ก่อนจะทำการเคลื่อนย้ายจะต้องทำการเลือกด้วยคำสั่ง Select เสียก่อน หลังจากนั้นสามารถใช้คำสั่ง Move เพื่อเคลื่อนย้ายตัวอุปกรณ์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการบน PCB Layout ในขณะที่เคลื่อนย้ายตัวอุปกรณ์สามารถจะหมุน (Rotates) ตัวอุปกรณ์ในแนวตั้ง-แนวนอนได้โดยการกดคีย์ X/Y และ Space Bar การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Move หรือเมนู Edit คำสั่ง Move-→Move (E,M,M)


 **CrossProbe** ใช้ในการเลือกอุปกรณ์ ใน PCB เพื่อเชื่อมโยงไปหาอุปกรณ์ตัวนั้นใน Schematic Document หรือจะทำการเลือก Track, Via, Pad ก็ได้ แต่ก่อนใช้คำสั่งนี้จะต้องเปิด Schematic ของ PCB นี้ขึ้นมาก่อน การใช้งานใช้เมาส์คลิกเลือกเครื่องมือ CrossProbe หรือใช้เมนู Tools คำสั่ง Cross Probe (T,C)

 **Add Remove Library** ใช้ในการเปิดไลบรารีเพื่อเลือกอุปกรณ์มาใช้งาน สามารถจะเพิ่มหรือลดไลบรารีลงไปได้ การใช้งานใช้เมาส์คลิกเลือกเครื่องมือ Add Remove Library หรือใช้เมนู Design คำสั่ง Add/Remove Library (D,L)

 **Library Browse** ใช้ในการแสดงรูปร่างของอุปกรณ์ในไลบรารีที่เราเลือกไว้และสามารถนำอุปกรณ์ตัวนั้นมาวางใน PCB Design ได้โดยใช้คำสั่ง Place หรือสามารถแก้ไขรูปร่างของอุปกรณ์ได้โดยใช้คำสั่ง Edit การใช้งานใช้เมาส์คลิกเลือกเครื่องมือ Library Browse หรือใช้เมนู Design คำสั่ง Browse Components (D,B)

 **Snap Grid** ใช้ในการตั้งตำแหน่งขนาดของกริด การใช้งานใช้เมาส์คลิกเลือกเครื่องมือ Snap Grid จากนั้นพิมพ์ขนาดของกริดลงไปได้เลยโดยกริดจะมีหน่วยเป็น mil (1/1000 นิ้ว) หรือ mm. (มิลลิเมตร) หรือใช้เมนู Help คำสั่ง Popups-→ Snap Grid (G)

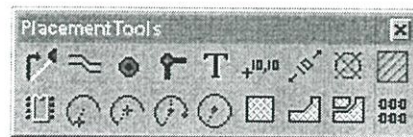
 **Undo** ใช้ในการยกเลิกการทำคำสั่งก่อนหน้านี้หรือคำสั่งสุดท้ายเช่น ได้ใช้คำสั่ง Edit/change ในส่วนของ Part Designator เพื่อเปลี่ยนชื่อของ U เปลี่ยนสี และ ฟรอนต์ตัวอักษรแล้ว ไม่ชอบอยากให้อย่างเดิมก็ใช้ Undo จัดการ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูปลูกศรเลี้ยวซ้าย หรือใช้เมนู Edit คำสั่ง Undo (E,U) หรือ (Alt+BackSpace)

 **Redo** การทำงานจะตรงข้ามกับ Undo คือจะทำคำสั่งก่อนหน้านี้หรือคำสั่งสุดท้าย โดยการยกเลิกการทำ Undo ครั้งล่าสุด การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือรูปลูกศรเลี้ยวขวา หรือเมนู Edit คำสั่ง Redo (E,R) หรือ (Ctrl+Backspace)

 **Help** ใช้ในการให้ความช่วยเหลือในการทำงาน ซึ่งจะมีหัวข้อย่อยต่างๆที่จะอธิบายการทำงานของคำสั่งการใช้งานต่างๆไป สามารถสั่งพิมพ์หัวข้อ (Print Topic) ได้ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ ? หรือใช้เมนู Help คำสั่ง Contents (H,C) หรือ (F1)


Placement Tools


เป็นเครื่องมือที่ช่วยสำหรับการวางอุปกรณ์ให้มีความรวดเร็วขึ้นโดยไม่ต้องใช้คำสั่ง การเปิด-ปิดเครื่องมือชนิดนี้ทำได้โดย ใช้เมนู View คำสั่ง Toolbar -→ Placement Tools (V,B,P) ซึ่ง Placement Tools จะมีเครื่องมือทั้งหมด 18 ชิ้นด้วยกันคือ




รูปที่ 4.3 แสดงเครื่องมือใน Placement Tools


 **Place Interactive Routing** ใช้ในการลากเส้นทองแดงบน PCB ซึ่งการวางนี้จะสามารถดูการจำลองการทำงานของ Routing ได้ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Interactive Routing จากนั้นก็ลากเส้นได้เลย หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Interactive Routing (P,T)


 **Place Line** ใช้ในการลากเส้นลายทองแดงบนแผ่น PCB ในการลากเส้นสามารถจะกำหนดให้ลากที่ชั้นบน (Top Layer) ชั้นล่าง(Bottom Layer) หรือชั้นอื่นๆก็ได้ สามารถเปลี่ยนขนาดของลายทองแดงได้ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Line หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Line (P,L)


 **Place Pad** ใช้ในการวางจุดบัดกรีบนแผ่น PCB ทั้งจุดที่ทำเป็น VCC , Ground หรือสัญญาณต่างๆเป็นเพียงจุดบัดกรีธรรมดาไม่ใช่รูทูลโฮล สามารถปรับเปลี่ยนขนาดรูปร่างของ PAD ได้ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Pad หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Pad(P,P)


 **Place Via** ใช้ในการวางจุดบัดกรีที่เป็นชนิดรูทูลโฮลใช้ในระบบ Multilayer สำหรับแผ่น PCB แบบ 2 หน้าขึ้นไป

 **Place String** ใช้ในการวางตัวอักษรหรือประโยคตัวอักษร หลังจากพิมพ์ข้อความนั้นเสร็จแล้ว สามารถจะหมุนตัวอักษรด้วยคีย์ X/Y และจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแนวนอนหรือแนวตั้งด้วยคีย์ Spacebar การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place String หรือใช้เมนู Place คำสั่ง String (P,S) จากนั้นให้กด Tab ที่คีย์บอร์ด เพื่อแก้ไขข้อความใน String หรือเลือกข้อความอื่นได้ในบรรทัดของ Text

 **Place Coordinate** ใช้ในการวางตัวเลขบอกตำแหน่งของพิกัดบนจอภาพ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Coordinate หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Coordinate (P,O) จากนั้นให้กด Tab ที่คีย์บอร์ด เพื่อแก้ไขคุณสมบัติอื่นๆ เช่น ขนาด ความกว้าง ความยาว ได้

 **Place Dimension** ใช้ในการวางตัวเลขบอกตำแหน่งความยาวของจุดเริ่มต้นถึงจุดปลายหรือจุดสิ้นสุด การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Dimension หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Dimension (P,D) จากนั้นกำหนดจุดเริ่มต้นโดยการคลิกเมาส์ปุ่มซ้ายที่จุดเริ่มต้นและคลิกเมาส์ปุ่มซ้ายที่จุดปลาย แล้วคลิกเมาส์ปุ่มขวาเพื่อสิ้นสุดการทำงาน เราสามารถแก้ไขคุณสมบัติอื่นๆได้โดยการกด Tab ที่คีย์บอร์ด


 **Set Origin** ใช้ในการกำหนดจุดเริ่มต้นในการทำงาน โดยผลจากการใช้เครื่องมือนี้จะทำให้แกน X และแกน Y ที่ตำแหน่งนี้มีค่าเป็น (0,0) การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Set Origin หรือใช้เมนู Edit คำสั่ง Origin-→Set (E,O,S)


 **Place Room** ใช้ในการกำหนดบริเวณสี่เหลี่ยมสำหรับระบุอุปกรณ์ที่ต้องการให้อยู่บริเวณนั้น อุปกรณ์ตัวอื่นๆที่ไม่ระบุจะไม่สามารถเข้ามาวางไว้ได้ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Room หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Room (P,R) จากนั้นเปลี่ยนไปที่เลเยอร์สร้าง Room จากนั้นใช้เมาส์กำหนดบริเวณสี่เหลี่ยมที่ต้องการ บริเวณที่วาดนี้สามารถเปลี่ยนขนาดโดยคลิกที่ Room หนึ่งครั้งเพื่อให้แสดงเครื่องหมายแฮนเดิลอร์คลิกแล้วลากที่แฮนเดิลอร์บนด้านบริเวณที่ต้องการเมื่อได้ขนาดใหม่แล้วจึงเปลี่ยนเมาส์


 **Place Component** ใช้ในการจัดวางตัวอุปกรณ์ลงบน PCB Layout โดยจะต้องทราบว่ามีชื่ออุปกรณ์ชื่ออะไรเช่น DIP14 To-3 IDC24 Lcc24 ฯลฯ ถ้าจำไม่ได้ควรใช้คำสั่ง Browse เพื่อ


แสดงชื่อและรูปร่างตัวอุปกรณ์ให้เห็น การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Component หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Component (P,C) จากนั้นในช่อง Footprint ให้พิมพ์ชื่อ Footprint ลงไปเช่น DIP14 เป็นต้น


 **Place Edge Arc** ใช้ในการจัดวางเส้นโค้ง (Arc) โดยเส้นโค้งนี้จะมีขนาดเท่ากับ $\frac{1}{4}$ ของเส้นรอบวงของวงกลม การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Edge Arc หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Arc (Edge) (P,E) จากนั้นกำหนดขนาดของวงกลม


 **Place Center Arc** ใช้ในการจัดวางเส้นโค้ง (Arc) โดยเส้นโค้งนี้จะมีขนาดเท่ากับขนาดของเส้นรอบวงกลมที่เรากำหนด การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Center Arc หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Arc (Center) (P,A) การสร้างจะมี 4 ขั้นตอนคือ 1.กำหนดจุดศูนย์กลาง 2.กำหนดรัศมี 3.กำหนดจุดแรกบนเส้นรอบวงกลม 4.กำหนดจุดที่สองบนเส้นรอบวงกลม

 **Place Any Angle Arc** ใช้ในการจัดวางเส้นโค้ง (Arc) โดยเส้นโค้งนี้จะมีขนาดเท่ากับขนาดของเส้นรอบวงกลมที่เรากำหนด การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Any Angle Arc หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Arc (Any Angle) (P,N) การสร้างจะมี 3 ขั้นตอนคือ 1. กำหนดจุดแรกบนเส้นรอบวงกลม 2.กำหนดรัศมีของวงกลม 3. กำหนดจุดที่สองบนเส้นรอบวงกลม

 **Place Full Circle Arc** ใช้ในการจัดวางวงกลมลงบนแผ่น PCB การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Full Circle Arc หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Full Circle (P,U) การสร้างจะมี 2 ขั้นตอนคือ 1. กำหนดจุดศูนย์กลางของวงกลม 2.กำหนดรัศมีของวงกลม

 **Place Fill** ใช้ในการระบายที่บนแผ่น PCB สำหรับบริเวณที่เป็นกราวด์หรือขั้วจ่ายไฟ สามารถจะเลือกระบายที่บนชั้นบน(Top Layer)หรือชั้นล่าง(Bottom Layer) ก็ได้ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Fill หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Fill (P,F)

 **Place Polygon Plane** ใช้สำหรับสร้างแผ่นทองแดง อาจจะทึบหรือโปร่ง บนเลเยอร์เดียวกับสัญญาณ (Signal Layer) แผ่นทองแดงนี้สามารถกำหนดเน็ต ซึ่งทำให้เพลนเมื่อผ่านเน็ตเดียวกันเพลนจะเชื่อมเข้าหาเน็ตด้วย สำหรับเน็ตต่างกันโพลีเพลนจะหลบหรือแหวกเพลนออกเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาตัดวงจรไฟฟ้า การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Polygon Plane หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Polygon Plane (P,G)

 **Place Split Plane** ใช้สำหรับสร้างเพาวเวอร์เพลนที่มีเน็ตมากกว่าหนึ่ง หรือ ต้องการแบ่งพื้นที่ของเพาวเวอร์เพลนออกเป็นส่วนๆ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Split Plane หรือใช้เมนู Place คำสั่ง Split Plane (P,I) จากนั้นทำการกำหนดเพาวเวอร์เพลนและกำหนดเน็ตซึ่งมักเลือกเน็ตที่จำเป็นต้องใช้พื้นที่หรือมีจำนวนอุปกรณ์ที่จะต่อไปมากที่สุด จากนั้นจึงกำหนดสปลิตเพลน หรือแผ่นที่แยกจากแผ่นหลัก

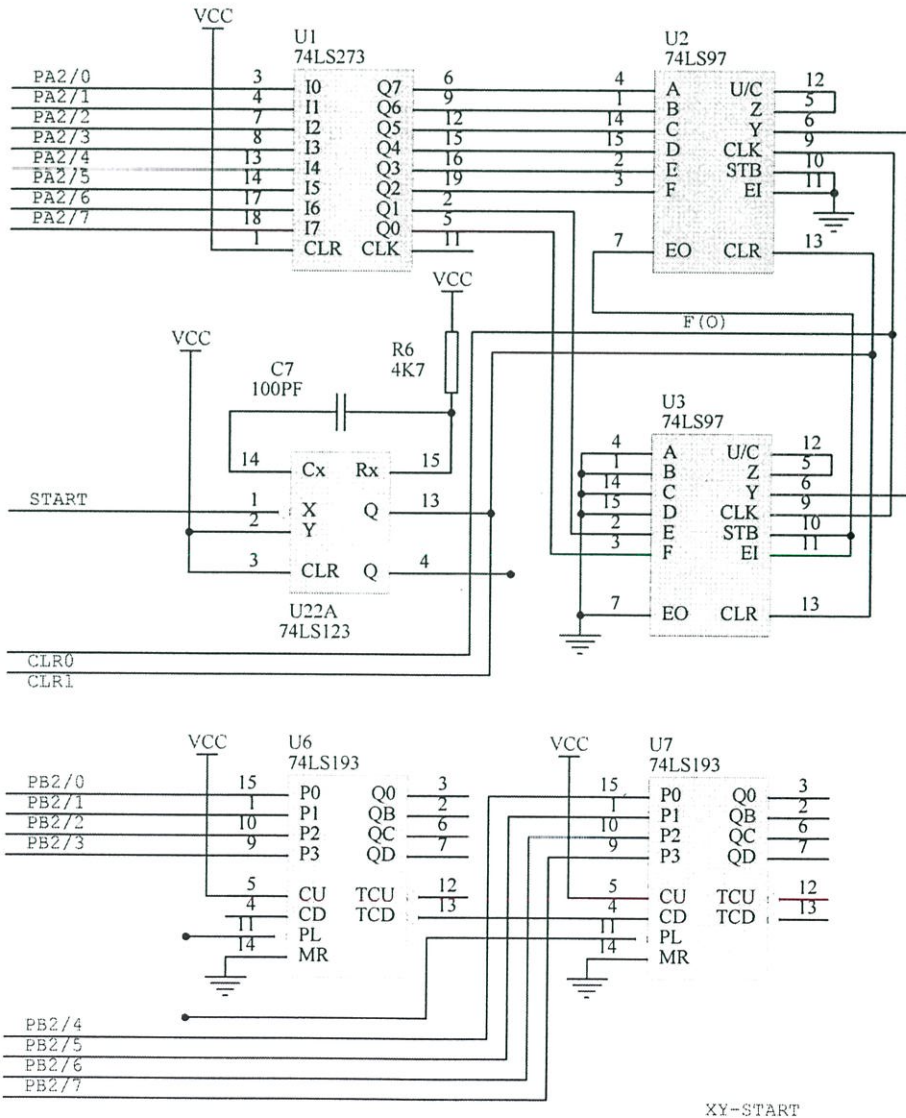
 **Place Array** ใช้ในการทำ setup การทำ array มีประโยชน์ในการจัดวางตัวอุปกรณ์หลายๆตัวโดยไม่ต้องเสียเวลาในการวางทีละตัว โดยจะต้องเลือกตัวอุปกรณ์ด้วยคำสั่ง

Edit/Select/Inside Area ก่อน แล้วจึงเก็บไว้ในคลิปบอร์ดด้วยคำสั่ง Edit/Cut หรือ Copy จากนั้นจึงใช้คำสั่ง Setup Array เพื่อจัดวางตัวอุปกรณ์ การใช้งานใช้เมาส์คลิกที่เครื่องมือ Place Array หรือใช้เมนู Edit คำสั่ง Place Special (P,A)

หมายเหตุ หากนักศึกษาไม่เข้าใจ สามารถเปิดโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel ในหัวข้อ Program PCB เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจ

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาการใช้งาน Program PCB จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel
2. เปิดโปรแกรม Program PCB ของโปรแกรม Protel 99SE
3. ให้นักศึกษาทำการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ ด้วย Program PCB ดังรูปต่อไปนี้



XY-START

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายกอบชัย สิริพงศ์ดี
วัน เดือน ปี เกิด	10 พฤศจิกายน 2518
สถานที่เกิด	อุบลราชธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	180/264 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2540 สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ เอกคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง