ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนด้วยระบบปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้

นายนฤดล ดามพ์สุกรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนด้วยระบบปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้

นายนฤดล ดามพ์สุกรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

LEARNING ACHIEVEMENT OF THE ACTUAL LABORATORY SYSTEM FOR ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY 1 VIA LEARNING MANAGEMENT SYSTEM NETWORK

Narudol Darmsugree

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Information Science in Information Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนด้วยระบบปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อาจารย์ ดร.ธรา อั่งสกุล)
ประธานกรรมการ

_____

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(อาจารย์ ดร.นฤมล รักษาสุข)
กรรมการ

_____

(อาจารย์ ดร.วุฒิ ด่านกิตติกุล)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(อาจารย์ ดร.พีรศักดิ์ สิริโยธิน)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

นฤดล ดามพ์สุกรี: ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนด้วยระบบปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ (LEARNING ACHIEVEMENT OF THE ACTUAL LABORATORY SYSTEM FOR ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY 1 VIA LEARNING MANAGEMENT SYSTEM NETWORK) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์, 141 หน้า.

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการด้วยตนเองผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ สำหรับสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนวิชาทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนปฏิบัติการทางด้านการวัดพื้นฐานทางไฟฟ้านอกห้องปฏิบัติการ โดยการทดลองจริงด้วยตนเองและเก็บค่าที่ได้จากการทดลองไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ พัฒนาขึ้นโดยบูรณาการข้อเด่นของปฏิบัติการทดลองจริงปฏิบัติการทดลองเสมือน และปฏิบัติการทดลองทางไกล ซึ่งผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองจริงนอกห้องปฏิบัติการปกติ และเชื่อมต่อการทดลองเข้ากับระบบเครือข่ายเพื่อเก็บผลการทดลองไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ ตามมาตรฐานสกอร์ม 2004 ได้ทุกระบบ ทำให้สามารถนำเนื้อหาการทดลองไปใช้กับหลายระบบได้โดยไม่ต้องสร้างขึ้นใหม่ ซึ่งเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการทางไกลแบบใหม่ ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ทุกที่ ทุกเวลา ตามอัธยาศัยของผู้เรียน โดยมีการเก็บข้อมูลจากผู้เรียนอย่างเป็นระบบตามมาตรฐานสากล วิทยานิพนธ์นี้ได้อธิบายถึงการสร้างสถาปัตยกรรมทั้งระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อเชื่อมต่อการทดลอง รวมถึงซอฟต์แวร์ที่ส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการทดลองของระบบมีความผิดพลาดต่ำในระดับที่สามารถนำไปใช้ทดแทนการปฏิบัติการในห้องทดลองจริงได้

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยระบบและกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติในห้องปฏิบัติการ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยระบบมีระดับสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

NARUDOL DARMSUGREE : LEARNING ACHIEVEMENT OF THE ACTUAL LABORATORY SYSTEM FOR ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY 1 VIA LEARNING MANAGEMENT SYSTEM NETWORK. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. RANGSAN WONGSAN, D.Eng., 141 PP.

ACTUAL LABORATORY SYSTEM/SCORM/SCORM-COMPLIANT LABORATORY SYSTEM

The SCORM-Compliant Laboratory Learning System over the Learning Management System (LMS) Network is an actual laboratory that was developed by integrating advantages of a real laboratory, a virtual laboratory and a remote laboratory. It allows learners to do the actual laboratory on their own outside a physical laboratory room, while still connect to the LMS; the results of the experiments can be remotely stored into the system. This laboratory learning system is SCORM-compliant. It can connect with all LMSs complying with the SCORM 2004 standard enabling the built laboratory contents to be reusable. This innovative laboratory learning system lets learners to learn on their conveniences, anywhere and anytime, with the international interoperability standard, SCORM. The thesis explains the development and the system architecture in details. For architecture, it covers the details of how hardware and software remotely connect the laboratory with the LMS; and how the software effectively handles the data communication and storage of the experiments' results between the experiment kits and the LMS. The developed system were reliable enough to replace the laboratory study in a physical

room.

A study on the efficiency of the laboratory learning object was conducted. From comparative studies between an experimental group (using remote laboratory) and a control group (learning in a physical room as usual), it is found that the learning achievement of the experiment group is significantly higher than that of the control group at level .05.

School of Information Technology Student's Signature_____

Academic Year 2010 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิ

- รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
- อาจารย์สถิตย์โชค โพธิ์สะอาด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ พลนิกรกิจ ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการและการดำเนินการวิจัย
- อาจารย์ ดร.ทิพย์วัลย์ ฟังสุวรรณรักษ์ อาจารย์ ดร.กองพล อารีรักษ์ คุณประพันธ์ คัทวี ที่ให้คำปรึกษาด้านเนื้อหาการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้
- คุณศยามน อินสะอาด คุณไพฑูรย์ นิยมนา ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านการดำเนินการวิจัย
- คุณประพล จาระตะคุ คุณณรงค์ พิมปรุ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทดลอง
- คุณศรีสุดา แก้วคุ้มภัย ที่ให้กำลังใจ และ ให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การเลี้ยงดูอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมาในอดีต จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

นฤดล ดามพ์สุกรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 สมมุติฐานการวิจัย 3
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.7 คำอธิบายศัพท์ 5
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 การเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ 7
2.2 ระบบจัดการการเรียนรู้ 8
2.2.1 ความหมาย 8
2.2.2 ส่วนประกอบของระบบจัดการการเรียนรู้ 9
2.2.3 ระบบจัดการเรียนรู้ประเภทต่าง ๆ 9
2.3 วัตถุการเรียนรู้ 10
2.3.1 การสร้างวัตถุการเรียนรู้ 11
2.4 มาตรฐานของการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ 14
2.5 มาตรฐานสกอร์ม 16

2.5.1 คุณลักษณะของสกอร์ม 17
2.5.2 ส่วนประกอบของมาตรฐานสกอร์ม 18
2.5.3 Content Aggregation Model 18
2.5.4 Run-time Environment 22
2.5.5 Sequencing and Navigation 23
2.5.6 การทำงานของสกอร์ม 24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25
3 วิธีดำเนินการวิจัย 30
3.1 วิธีวิจัย 30
3.1.1 การออกแบบและพัฒนาระบบ 31
3.1.2 การทดสอบระบบ 32
3.1.3 การกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 32
3.1.4 การทำการทดลอง 33
3.1.5 การรวบรวมข้อมูล 33
3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 33
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 34
3.2.1 ประชากร 34
3.2.2 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 34
3.2.3 กลุ่มตัวอย่าง 34
3.2.4 สถานที่ทำการทดลอง 35
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 35
3.4 การสร้างเครื่องมือ 35
3.4.1 การออกแบบกล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล 35
3.4.2 การออกแบบวัตถุการเรียนรู้ 41
3.4.3 จัดทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 49
3.5 การทำงานของระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่าย ระบบจัดการการเรียนรู้ 51
3.6 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ 53
3.6.1 การหาประสิทธิภาพของกล่องแปลงสัญญาณ 53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.2 การหาประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ 54
3.6.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 54
3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล 56
3.7.1 การวัดประสิทธิภาพของระบบ 56
3.7.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง 56
3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล 57
3.8.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบ 57
3.8.2 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ 59
4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 61
4.1 ผลการออกแบบระบบปฏิบัติการจริงผ่านระบบการจัดการการเรียนรู้ 61
4.2 ผลการพัฒนาบทเรียนในลักษณะวัตถุการเรียนรู้ 64
4.3 ผลการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 65
4.4 การอภิปรายผล 71
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 73
5.1 สรุปผลการวิจัย 76
5.2 การประยุกต์ผลการวิจัย 77
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 77
รายการอ้างอิง 79
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก การออกแบบและพัฒนากล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล 84
ภาคผนวก ข การออกแบบวัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม 103
ภาคผนวก ค แบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน 119
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of Item Object Congruence or I.O.C) 131
ภาคผนวก จ ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) 134
ภาคผนวก ฉ ผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 137
ประวัติผู้เขียน 14

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 การเปรียบเทียบข้อได้เปรียบและเสียเปรียบระหว่างการปฏิบัติการทดลองจริง การปฏิบัติการทดลองเสมือน และการปฏิบัติการทดลองทางไกล 27
2 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนกับการทดลอง..... 31
3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการวัดของกล่องแปลงสัญญาณ 63
4 ผลการทดสอบส่งข้อมูลจากวัตถุการเรียนรู้ไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ 64
5 สัดส่วนของประชากร 65
6 สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง..... 66
7 ค่าเกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตรของกลุ่มตัวอย่าง..... 66
8 ค่าเกรดเฉลี่ยวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 และเกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตรของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม..... 67
9 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (reliability) จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Simple Item Analysis..... 67
10 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนก่อนเรียนทั้งสองกลุ่ม..... 70
11 ตารางคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง..... 70
12 ตารางผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง 70
13 ตารางคะแนนรายงานการทดลองของทั้งสองกลุ่ม..... 71
14 แสดงค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SIA 132
15 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SIA..... 135
16 ผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 138

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 ขั้นตอนการพัฒนามาตรฐานสกอร์ม 17
2 แอสเซ็ทประเภทต่าง ๆ 19
3 Content Aggregation Model 20
4 ส่วนประกอบของเนื้อหาการเรียน 21
5 การกำหนดคำอธิบายข้อมูลในโปรแกรม Reload Editor 22
6 ภาพการทำงานของ Run-time Environment 23
7 การทำงานของ Runtime 25
8 กรอบแนวคิดในการวิจัย 30
9 ภาคจ่ายไฟให้กับชุดทดลอง 36
10 สวิทช์เลือกแรงดันไฟที่จ่ายให้บอร์ดทดลอง 36
11 วงจรภาคการวัดกระแส 37
12 วงจรภาคการวัดแรงดันขั้วลบ 37
13 วงจรภาคการวัดแรงดันขั้วบวก 38
14 วงจรภาคไมโครโปรเซสเซอร์ 39
15 วงจรภาคแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล 40
16 วงจรภาคการติดต่อกับพอร์ต USB 41
17 การสร้างหน้าเนื้อหาการทดลองด้วยโปรแกรม Adobe Dreamweaver รุ่น 8 42
18 การสร้างตารางการทดลองแบบ ActiveX ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic รุ่น 6 43
19 การประกอบตารางการทดลองเข้ากับเนื้อหาด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic รุ่น 6 44
20 การเพิ่มหน้าที่การทำงานให้กับเนื้อหาการทดลองตามมาตรฐานสกอร์ม 45
21 วัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์มส่วนของการรับข้อมูลจากอุปกรณ์แปลงสัญญาณ 46
22 หน้าแรกของระบบจัดการการเรียนรู้ Moodle 47
23 หน้า Login ของระบบจัดการการเรียนรู้ Moodle 47
24 หน้าแรกเนื้อหารายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 บน Moodle 48
25 การทำงานของ Red 5 Streaminig Server 49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

26 แผนภาพขั้นตอนการจัดทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ 50
27 การทดสอบใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักศึกษา เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 51
28 สถาปัตยกรรมระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม 52
29 การทำงานของระบบรับสัญญาณจากชุดทดลองเพื่อแสดงผลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ 53
30 การต่อวงจรเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกล่องแปลงสัญญาณ 54
31 กลุ่มทดลองเรียนการปฏิบัติการทดลองด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น 55
32 กลุ่มควบคุมเรียนการปฏิบัติการทดลองด้วยวิธีปกติ 56
33 ระบบปฏิบัติการจริงผ่านระบบการจัดการการเรียนรู้ 61
34 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนในการวัดของกล่องแปลงสัญญาณ 62
35 กลุ่มทดลองเรียนด้วยระบบปฏิบัติการจริงผ่านระบบจัดการการเรียนรู้ 69
36 ผังการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจร 85
37 ลายสำหรับพิมพ์ลงบนแผ่นวงจร 86
38 ลายวงจรที่พิมพ์ลงบนแผ่นวงจรสำเร็จรูปเรียบร้อยแล้ว 86
39 การกัดแผ่นวงจรด้วยกรดอ่อนเพื่อลอกแผ่นทองแดงที่ไม่ต้องการออก 87
40 แผ่นวงจรที่ลอกทองแดงที่ไม่ต้องการออกแล้ว 87
41 การติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจร 88
42 เชื่อมอุปกรณ์เข้ากับแผ่นวงจรด้วยหัวแร้งบัดกรี 88
43 แผงวงจรที่ติดตั้งอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว 89
44 การเขียนซอฟต์แวร์ลงบนไมโครโปรเซสเซอร์ 101
45 กล่องแปลงสัญญาณที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว 101
46 กล่องแปลงสัญญาณที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว 102
47 กล่องแปลงสัญญาณที่ประกอบเข้ากับระบบเรียบร้อยแล้ว 102
48 วัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์มส่วนของการรับข้อมูลจากอุปกรณ์แปลงสัญญาณ 104

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

การศึกษาทางไกล (distance learning) โดยใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสารเป็นวิธีการศึกษารูปแบบใหม่ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียน ผู้สอน อุปกรณ์การเรียน สามารถอยู่คนละสถานที่ ในการเรียนวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะประกอบด้วยภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติในห้องปฏิบัติการทดลอง สถานศึกษาหลายระดับตั้งแต่มัธยมศึกษา อาชีวศึกษา และอุดมศึกษา ที่เปิดสอนวิชาพื้นฐานวิศวกรรมศาสตร์ เช่น ปฏิบัติการไฟฟ้าเบื้องต้น สามารถใช้วิธีการศึกษาทางไกลผนวกกับการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ (e-learning) และการเรียนรู้เสมือนจริง(virtual learning) เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านอุปกรณ์ในห้องทดลองที่มีราคาแพง ลดภาระด้านการจัดห้องปฏิบัติการให้เพียงพอกับจำนวนผู้เรียน และขยายโอกาสทางการศึกษาให้กับผู้เรียนที่ศึกษาจากนอกสถานศึกษา ตามอัธยาศัยของผู้เรียน “ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์ม ผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้” เป็นระบบที่สามารถให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และทดลองด้วยตนเองนอกห้องปฏิบัติการ โดยยังคงลักษณะเด่นของการปฏิบัติทดลองจริง ผนวกกับลักษณะเด่นของการปฏิบัติการทดลองเสมือน และการปฏิบัติการทดลองทางไกล

ปัจจุบันการศึกษาของประเทศไทยมุ่งเน้นการให้บริการการศึกษาแก่บุคคลทั่วไป ประชาชนทุกระดับชั้นสามารถเข้าถึงความรู้ได้อย่างเท่าเทียมกัน ดังแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ.2550 – 2554) ได้มุ่งการพัฒนาแบบบูรณาการเป็นองค์รวมที่มี “คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา” สร้างและพัฒนากำลังคนที่เป็นเลิศโดยเฉพาะในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและองค์ความรู้ ส่งเสริมให้คนไทยเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (สำนักนายกรัฐมนตรี,คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2550: 48) กระทรวงศึกษาธิการในฐานะที่เป็นองค์กรหลักในการสร้างและพัฒนากำลังคนของประเทศ ได้กำหนดทิศทางการพัฒนาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือไอซีที (Information and Communications Technology - ICT) เพื่อการศึกษา ในแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา พ.ศ. 2550 – 2554 โดยมีวิสัยทัศน์ที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียน ผู้สอน บุคลากรทางการศึกษา และประชาชนทั่วไป ให้สามารถใช้ประโยชน์จากไอซีที เพื่อให้เข้าถึงบริการทางการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เต็มตามศักยภาพ และมีจริยธรรม โดยมีสมรรถนะทางไอซีทีตามมาตรฐานสากล โดยจุดประสงค์หลักของแผนแม่บท คือ จัดให้มีการเรียนรู้ทั้งในระบบนอกระบบ และตามอัธยาศัย ซึ่งการเรียนรู้ดังกล่าว

เป็นการเรียนรู้โดยใช้ไอซีทีเป็นฐาน (ICT-Base learning) ที่ได้มาตรฐาน มีคุณภาพ และประสิทธิภาพ มีสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (e-contents) เพื่อการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้หลากหลายและเพียงพอ ทั้งในลักษณะหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-book) ห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ (e-library) คอร์สแวร์ (courseware) ระบบจัดการการเรียนรู้ และในลักษณะสื่ออื่น ๆ ที่สอดคล้องและรับกับความต้องการ (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2550: 11)

หลังจากภาครัฐส่งเสริมให้ใช้ไอซีทีในทุกภาคส่วน สถานศึกษาในประเทศไทยทุกระดับจึงเล็งเห็นความสำคัญของการนำไอซีทีมาเป็นฐานในการจัดการศึกษา ในลักษณะการเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากเชื่อว่าเป็นการประหยัดทรัพยากรในระยะยาว มีองค์ความรู้ สามารถเรียนรู้ได้มากขึ้น และเป็นนวัตกรรมใหม่ทางการศึกษา สามารถสร้างโอกาสและความเท่าเทียมด้านการศึกษา ลดความแตกต่างระหว่างบุคคล ลดปัญหาเรื่องระยะทาง เวลา และสถานที่ได้ โดยเริ่มจากการพัฒนาแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer-Assisted Instruction - CAI) ไปสู่การเรียนการสอนผ่านเว็บ (Web-Based Instruction - WBI) จนกระทั่งเป็นระบบการเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ (สังคม ภูมิพันธ์ และคณะ , 2549: 2) ที่ผนวกระบบการจัดการเนื้อหาและระบบการจัดการเรียนการสอนเข้ากับตัวบทเรียน

สำหรับสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื้อหาของรายวิชาจะประกอบด้วยการเรียนภาคทฤษฎี และการเรียนภาคการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ(laboratory) เพื่อผู้เรียนจะได้เรียนรู้ความสำเร็จและความผิดพลาดจากการทดลองและเครื่องมืออุปกรณ์การทดลองเป็นการเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ในสภาวะแวดล้อมจริง (Bhattacharya A. and Gogolski A., 2009: 1-2) การเปิดสอนทางไกลผ่านเครือข่ายโดยการนำไอซีทีเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอนจะสามารถลดข้อจำกัดในเรื่องงบประมาณ เครื่องมือได้เป็นอย่างดี “การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองนอกห้องปฏิบัติการ” ที่ผู้ทดลองได้ลงมือปฏิบัติการจริงแต่ใช้เครื่องมือวัดจำลอง จึงเป็นวัตถุประสงค์หลักในงานวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้ โดยเนื้อหาบทเรียนจะทำการผลิตตามข้อกำหนดของสกอร์ม (Sharable Content Object Reference Model - SCORM) ซึ่งเป็นการจัดทำเนื้อหาบทเรียนหลายบทเข้าด้วยกันเป็นวัตถุการเรียนรู้ (Learning Object – LO) สามารถติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับข้อมูลของบทเรียนและผู้เรียนผ่านระบบจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System – LMS) ได้หลายระบบ จึงมีความยืดหยุ่นในการใช้งานข้ามระบบ สามารถนำองค์ประกอบเนื้อหาที่พัฒนาขึ้นจากแพลตฟอร์มหนึ่งนำไปใช้กับต่างแพลตฟอร์มตามข้อกำหนดของสกอร์มได้ทันทีโดยไม่ต้องปรับบทเรียนใหม่ รวมทั้งความสามารถในการนำองค์ประกอบเนื้อหากลับมาใช้ซ้ำได้อีก การพัฒนาบทเรียนจึงเน้นการพัฒนารูปแบบการสื่อสารข้อมูล และรูปแบบการจัดทำเนื้อหาเพื่อให้ตรงตามมาตรฐาน ซึ่งจะทำให้สถาบันการศึกษา มีวัตถุการเรียนรู้ที่สามารถเก็บ และนำกลับมาใช้เพื่อประกอบกับวัตถุการเรียนรู้อื่น ๆ รวมถึงการแบ่งปันวัตถุการ

เรียนรู้กับสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ที่ผลิตเนื้อหาในวิชาเดียวกันในอนาคต

จากจุดประสงค์ดังกล่าว การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงพัฒนากระบวนการที่อุปกรณ์สำหรับฝึกปฏิบัติการจริงจะเชื่อมต่อเข้ากับวัตถุการเรียนรู้ที่อยู่ในระบบการจัดการเรียนการสอนตามข้อกำหนดของสกอร์ม จัดเก็บผลการเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติการ รวมทั้งจัดให้มีการประเมินผลอย่างเป็นระบบ โดยมีซอฟต์แวร์ควบคุมชุดฝึกปฏิบัติการทำงานร่วมกับบทเรียนที่ถูกพัฒนาขึ้นในลักษณะวัตถุการเรียนรู้ตามมาตรฐานสกอร์ม และทำการเชื่อมต่อวัตถุการเรียนรู้ดังกล่าวเข้ากับระบบการจัดการเรียนการสอน

ด้วยหลักการทำงานนี้ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนทางไกล จะสามารถใช้ชุดอุปกรณ์การทดลอง (experiment kit) ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (analog/digital converter) ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่บ้าน ที่ทำงาน หรือสถานที่เรียนใดๆที่สะดวก จากนั้นจะติดต่อส่งข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต เพื่อเข้าไปเปิดบทเรียนประเภทสื่อประสม (multimedia) และใช้ซอฟต์แวร์สำหรับวัดผลการทดลองที่ออกแบบมาเพื่อการทดลองในแต่ละบทเรียนโดยเฉพาะ บันทึกผลการทดลอง และส่งผลการทดลองให้ผู้สอนผ่านอินเทอร์เน็ตไปยังระบบฐานข้อมูลระบบจัดการการเรียนรู้ของสถาบัน การจัดการเรียนการสอนแบบใหม่นี้จะมีประโยชน์สำหรับผู้เรียนได้ทำการทดลองปฏิบัติการด้วยตนเอง ตามสถานที่และเวลาที่ผู้เรียนกำหนดได้ ในขณะที่ผู้สอนจะได้รับประโยชน์จากการจัดการปฏิบัติการทดลองพร้อมกันโดยไม่จำกัดจำนวนผู้เรียน และผู้สอนยังสามารถตรวจสอบผลการทดลองผ่านระบบระบบจัดการการเรียนรู้ ได้อีกด้วย ส่วนสถาบันการศึกษาจะได้รับประโยชน์จากการลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนอุปกรณ์การทดลองเบื้องต้น และการจัดห้องปฏิบัติการเพื่อรองรับผู้เรียนจำนวนมากพร้อมกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้

1.2.2 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยการใช้ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ทดแทนระบบปฏิบัติการในห้องทดลองจริงได้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนในชั้นเรียนอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ทดลองกับกลุ่มนักศึกษาที่ผ่านการเรียนวิชา 429296 Electrical Engineering I และลงทะเบียนเรียนรายวิชา 429298 Electrical Engineering Laboratory ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2552

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1.5.1 รายวิชาที่ใช้ในการพัฒนาวัตถุการเรียนรู้ ได้แก่ วิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 5 การทดลอง โดยมีเนื้อหาสาระประกอบด้วยเรื่องต่าง ๆ จำนวน 5 เรื่อง ดังนี้

1. การอ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าจากรหัสสีและจากเครื่องมือวัด
2. การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
3. การวัดกระแสในวงจรความต้านทานกระแสตรง
4. กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
5. กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

1.5.2 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยพัฒนา และมีการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

1.5.3 ประชากร ได้แก่ นักศึกษาสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 294 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาจำนวน 76 คน ที่ได้จากการสุ่มประชากร 294 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) (ระพินทร์ โพธิ์ศรี, 2549: 42) แบ่งกลุ่มด้วยวิธีจับสลากแบบไม่ใส่คืน เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มทดลอง (experimental group) เป็นผู้ที่เรียนด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น จำนวน 38 คน
2. กลุ่มควบคุม (control group) เป็นผู้ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 429298 Electrical Engineering Laboratory ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 38 คน

1.5.4 การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 มีชุดฝึกปฏิบัติการต้นแบบพร้อมบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ในลักษณะวัตถุการเรียนรู้ ที่

สามารถนำไปใช้ในระบบจัดการการเรียนการรู้ผ่านเครือข่ายได้ทุกระบบที่ได้มาตรฐานสกอร์ม เพื่อเป็นตัวอย่างในการพัฒนาวิชาอื่น ๆ ต่อไป

1.6.2 มีองค์ประกอบของวัตถุการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ซ้ำ สร้างระบบการฝึกปฏิบัติการสาขาอื่นได้

1.6.3 มีต้นแบบในการพัฒนาชุดการสอนปฏิบัติการวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีในระดับการศึกษาอื่นได้

1.6.4 ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถนำไปใช้อ้างอิงในการศึกษาการใช้ระบบการเรียนนอกห้องปฏิบัติการกับการเรียนปกติในห้องปฏิบัติการได้

1.7 คำอธิบายศัพท์

1.7.1 ผู้เรียน หมายถึง กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาจำนวน 76 คน ที่ได้จากการสุ่มประชากร นักศึกษาสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ที่ผ่านการเรียนวิชา 429296 Electrical Engineering I และลงทะเบียนเรียนรายวิชา 429298 Electrical Engineering Laboratory ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 294 คน

1.7.2 วัตถุการเรียนรู้ (Learning Object - LO) หมายถึง บทเรียนการฝึกปฏิบัติการทดลองวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่นำเสนอผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่เน้นการปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนในการดำเนินกิจกรรมการทดลอง โดยที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมต่อเข้าไปศึกษาเนื้อหาปฏิบัติการทดลองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.7.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์ม ผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ หมายถึง คะแนนที่เกิดจากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั้งหมด ที่ทำได้จากแบบทดสอบหลังการทดลอง กับค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั้งหมดที่ทำได้จากแบบทดสอบก่อนการทดลอง โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test แบบ independent sample) (Winer, 1971: 43-45)

1.7.4 สกอร์ม (Sharable Content Object Reference Model - SCORM) หมายถึง แบบจำลองอ้างอิงสำหรับการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างโดย Advanced Distributed Learning (ADL) หน่วยงานสังกัดกระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐอเมริกา

1.7.5 ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ หมายถึง การปฏิบัติการทดลองที่ผู้เรียนได้ทำการทดลองจริงด้วยตนเอง โดยชุดฝึกปฏิบัติการทดลองฝั่งผู้เรียนจะเชื่อมกับกล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลเพื่อส่งข้อมูลการทดลองไปยังวัตถุการเรียนรู้ที่อยู่ในระบบจัดการการเรียนรู้

1.7.6 ระบบจัดการการเรียนรู้หมายถึง สภาพแวดล้อมทางการเรียนที่สามารถจัดการรายวิชา จัดการข้อมูลผู้เรียน ตรวจสอบกิจกรรมการเรียน และติดตามประเมินผล ผ่านเครือข่าย

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์

การเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่บนอินเทอร์เน็ต ร้อยละ 80 ถึง 100 ของการเรียนการสอน โดยผู้เรียนสามารถศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองไม่มีขีดจำกัดเรื่อง ระยะทาง เวลา และสถานที่ (สังคม ภูมิพันธ์และคณะ, 2549: 72) การเรียนการสอนและการวัดประเมินในรูปแบบต่าง ๆ จะเกิดขึ้นทั้งในมิติประสาน (synchronous mode) และมิติต่างเวลา (asynchronous mode) โดยใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นสื่อกลางทำการเผยแพร่และสื่อสารผ่านระบบคอมพิวเตอร์เครือข่าย (ใจทิพย์ ณ สงขลา, 2550: 4)

การนำส่งการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ อาจเป็นการนำส่งสารสนเทศแบบตามเวลา หรือการแนะนำโดยผู้เชี่ยวชาญก็ได้ (National Governors Association, 2001: 8) รวมถึงการส่งหลักสูตรการเรียนรู้การฝึกอบรม หรือการศึกษา โดยทางอิเล็กทรอนิกส์ การเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งในการจัดเตรียมวัตถุการฝึกอบรม การศึกษา การเรียนรู้ (Hildebrand, Schmidt and Engelhardt, 2007: 94-103) หรือแบบซีดีรอม โทรทัศน์ วิดีทัศน์ และระบบสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ (กิตติพงษ์พุ่มพวงและอรรคเดช โสสองชั้น, 2548: 1)

การเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะสำคัญที่แตกต่างไปจากการเรียนในห้องเรียน ดังนี้ (ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา กรมการศึกษานอกโรงเรียน, 2549: 50)

1. ผู้เรียนจะเป็นใครก็ได้ มาจากที่ใดก็ได้ และเรียนเวลาใดก็ได้ตามความต้องการของผู้เรียน
2. สื่อที่นำเสนอ ประกอบด้วยข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียง ตลอดจนวีดิทัศน์ จะช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี
3. ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนเนื้อหาที่นำเสนอได้ตามความต้องการ
4. ด้วยความสามารถของเนื้อหาเว็บที่มีจุดเชื่อมโยง (links) ย่อมทำให้เนื้อหามีลักษณะโต้ตอบกับผู้ใช้โดยอัตโนมัติอยู่แล้ว และผู้เรียนยังเพิ่มส่วนติดต่อกับผู้สอนผ่านระบบสนทนาทางอินเทอร์เน็ตและสมุดเยี่ยม ทำให้ผู้เรียนกับผู้สอนสามารถติดต่อกันได้อย่างรวดเร็ว

ในประเทศไทย พัฒนาการของการจัดการเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ เริ่มมานานอย่างไม่เป็นทางการกว่า 20 ปี ในระยะแรกเป็นการใช้ในรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer-Assisted Instruction – CAI) ในปีพ.ศ. 2538 เริ่มมีการนำอินเทอร์เน็ตมาใช้มากขึ้น การเรียนการ

สอนจึงพัฒนาไปสู่การเรียนบนเว็บ (Web-Based Instruction – WBI) (สังคม ภูมิพันธ์ และคณะ ,2549: 128) และพัฒนาไปสู่การเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์เต็มรูปแบบ โดยเพิ่มในส่วนของระบบจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System - LMS) ระบบจัดการรายวิชา(Content Management System – CMS) หรือระบบการจัดการเรียนการสอนและเนื้อหา(Learning Content Management System - LCMS)

2.2 ระบบจัดการการเรียนรู้

ปัจจุบันระบบการเรียนรู้มุ่งเน้นในรูปแบบการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรียกว่า “บทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่าย” โดยใช้ร่วมกับเนื้อหาที่เป็นสื่อประสมทั้ง ตัวหนังสือ (text)ภาพ (image) วีดิทัศน์ (video) เสียง (audio) ภาพเคลื่อนไหว (animation) และสื่อประสม (multimedia) โดยมีระบบจัดการการเรียนรู้ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ระบบการจัดการรายวิชา ระบบการจัดการสร้างเนื้อหา ระบบดูแลบริหารผู้เรียน ระบบส่วนการจัดการข้อมูลผู้เรียน ระบบเครื่องมือช่วยจัดการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์และจัดกระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ การสื่อสารระหว่างผู้สอน ระบบ และผู้เรียน การเข้าใช้ของผู้เรียน การเก็บข้อมูลผู้เรียน การรายงานผลการเรียน เป็นต้น

2.2.1 ความหมาย

ระบบจัดการเรียนการสอนเป็นระบบจัดการผ่านเครือข่ายที่มีเครื่องมือและส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับผู้สอน ผู้เรียน และผู้ดูแลระบบ ได้แก่ ระบบการจัดการรายวิชา ระบบการจัดการสร้างเนื้อหา ระบบบริหารจัดการผู้เรียน ระบบส่วนการจัดการข้อมูลบทเรียน และระบบเครื่องมือช่วยจัดการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ และจัดกระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ การสนทนา (chat) ผ่านเครือข่าย จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) กระดานข่าวอิเล็กทรอนิกส์ (webboard) การเข้าใช้ การเก็บข้อมูลผู้เรียน และการรายงานผลการเรียน (กิตติพงษ์ พุ่มพวงและอรรคเดช โสสองชั้น, 2548: 1) ระบบเหล่านี้มีหน้าที่ในการบริหารจัดการข้อมูลผู้เรียน ผู้สอน โครงสร้างเนื้อหา หลักสูตร และข้อสอบ รวมทั้งติดตามความก้าวหน้าและประเมินผลผู้เรียน ตลอดจนจัดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน (ศยามน อินสะอาด ศุภชานันท์ วนภู นฤดล ดามพ์สุกรี และอมรเทพ เทพวิชิต ,2550: 2)

ระบบเหล่านี้จะช่วยสนับสนุนผู้ใช้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เรียน ผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค โดยครอบคลุมถึงการจัดการ การปรับปรุง การควบคุม การสำรองข้อมูล การสนับสนุนข้อมูล การบันทึกสถิติผู้เรียน และการตรวจคะแนนผู้เรียน ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกใช้เครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้ผ่านเว็บ โดยใช้โปรแกรมอ่านเว็บมาตรฐานทั่วไป (ถนอมพร เลาหจรัสแสง, 2545: 73)

2.2.2 ส่วนประกอบของระบบจัดการการเรียนรู้

ระบบจัดการการเรียนรู้เป็นระบบที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ผู้สอน ที่จะสร้างรายวิชาโดยบรรจุเนื้อหา สร้างแบบทดสอบ สื่อการสอน จัดการสภาพแวดล้อมทางการเรียน และจัดเก็บบันทึกข้อมูลการเรียนของผู้เรียน เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ และติดตามประเมินผลการเรียนการสอนในรายวิชานั้นได้ ผู้เรียน สามารถศึกษาเนื้อหาและทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามที่ผู้สอนได้สร้างไว้ นอกจากนั้นผู้สอนและผู้เรียนยังสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ ส่วนประกอบสำคัญที่จะทำให้สิ่งเหล่านี้มีประสิทธิภาพ กิตติพงษ์ พุ่มพวงและอรรคเดช โสสองชั้น (2548) กล่าวว่า ระบบจัดการการเรียนรู้ ประกอบด้วย ระบบจัดการรายวิชา ระบบบริหารจัดการข้อมูลผู้เรียน ระบบตรวจกิจกรรมและติดตามประเมินผล และระบบจัดการการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์

ระบบจัดการรายวิชา ได้แก่ ระบบสร้างรายวิชา จัดทำเนื้อหาบทเรียนรายวิชา จัดทำแหล่งค้นคว้าข้อมูล ทำกิจกรรมเสริม

ระบบบริหารจัดการข้อมูลผู้เรียน (User Management System- UMS) ได้แก่ ระบบการเข้าใช้งาน ตรวจสอบการใช้งาน ระบบเก็บข้อมูลรายละเอียดผู้ใช้

ระบบตรวจกิจกรรมและติดตามประเมินผล (Test & Tracking Management System-TTMS) ได้แก่ การทดสอบและประเมินผลการเรียน กิจกรรมแบบฝึก แบบทดสอบ การบ้าน เป็นต้น

ระบบจัดการการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ (communication management system) เป็นส่วนส่งเสริมการเรียนให้มีการติดต่อสื่อสารกัน ทั้งระหว่างผู้สอนกับผู้สอน ผู้สอนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน ได้แก่ กระดานข่าวอิเล็กทรอนิกส์ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การสนทนาผ่านเครือข่าย ข่าวปฏิทิน เป็นต้น

2.2.3 ระบบจัดการการเรียนรู้ประเภทต่าง ๆ

ในปัจจุบันระบบจัดการการเรียนรู้ที่มีการใช้กันมากสามารถแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ

ระบบจัดการเรียนรู้ที่มีบริษัทผู้พัฒนาเป็นเจ้าของ มีการขายระบบฯพร้อมบริการ โดยคิดค่าเช่าเป็นรายปี เช่น Blackboard, WebCT, Ready Planet, *Blackboard Academic Suite,* Dell Learning System (DLS) เป็นต้น

ระบบจัดการเรียนรู้แบบเปิดเผยรหัส (Open source LMS) เช่น Moodle, ATutor, Claroline, Learn Square, VClass เป็นต้น

ระบบจัดการเรียนรู้ที่อนุญาตให้เฉพาะสถาบันสมาชิกนำไปใช้ โดยสมาชิกจะต้องเสียค่าสมาชิกและร่วมในกิจกรรมต่างๆ เช่น Sakai Project เป็นต้น

ตัวอย่างระบบจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาโดยชาวต่างประเทศคือ Moodle และระบบที่พัฒนา

โดยชาวไทยคือ LearnSquare และ อีเรือจ้าง (e-Ruejang)

Moodle เป็นระบบจัดการเรียนการสอนที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ซึ่งมีสถาบันการศึกษาทุกระดับนำมาใช้ เนื่องจากมีเครือข่ายผู้ร่วมพัฒนาเป็นจำนวนมากจากทั่วโลกจึงทำให้มีการพัฒนาส่วนจำเพาะใหม่ ๆ อยู่เสมอ ลักษณะเด่นของ Moodle คือ พัฒนาขึ้นด้วย LAMP (Linux, Apache Server, MySQL, PHP) โดยสนับสนุนการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ที่เสริมการเรียนในห้องเรียน สามารถใช้งานร่วมกับระบบจัดการการเรียนรู้อื่นได้เช่น Postnuke, PHPNume, Mambo และ Xoops เป็นต้น มีมาตรฐานสกอร์ม ตั้งแต่รุ่น 1.2 ขึ้นไป และเป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิดที่มีกลุ่มผู้ใช้ร่วมแสดงความคิดเห็นและช่วยกันตอบปัญหาจากทั่วโลก

LearnSquare เป็นระบบจัดการการเรียนรู้ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ซึ่งแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 4 กลุ่มคือ ผู้เรียน ผู้สอน ผู้ดูแลระบบ และผู้ช่วยสอน โดยเป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด สนับสนุนการทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์และลินุกซ์ มีแนวทางพัฒนาตามมาตรฐานสกอร์ม ใช้งานง่ายและสนับสนุนการพัฒนาต่อยอดตามแนวทางของซอฟต์แวร์รหัสเปิดและมีระบบสนับสนุนการทำงานจำนวนมาก (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2549: 3)

อีเรือจ้าง เป็นระบบจัดการการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสำหรับโรงเรียน โดยนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นระบบที่มีส่วนจำเพาะตรงตามความต้องการสำหรับโรงเรียนมัธยม เน้นการใช้งานที่ง่าย ระบบมีขนาดเล็ก มีรูปแบบการแสดงผลที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งพัฒนาด้วยภาษา PHP และฐานข้อมูล (สถิตย์โชค โพธิ์สะอาดและคนอื่น ๆ , 2549)

2.3 วัตถุการเรียนรู้

วัตถุการเรียนรู้เป็นส่วนประกอบหนึ่งของหลักสูตรการเรียนการสอนที่นำเอาแนวคิดมาจากการพัฒนาเชิงวัตถุ (object oriented) ในอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ ที่มีการเขียนซอฟต์แวร์ในลักษณะส่วนประกอบ (component) ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในการเขียนซอฟต์แวร์ครั้งต่อไป การพัฒนาหลักสูตรการเรียนในลักษณะวัตถุการเรียนรู้จะมีลักษณะการนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อต้องการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนครั้งต่อไปเช่นกัน ผู้สร้างบทเรียนสามารถจะสร้างส่วนประกอบขนาดเล็ก ๆ ของหลักสูตรที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างบทเรียน อื่น ๆ ที่มีส่วนประกอบเหมือนกันโดยไม่ต้องเริ่มต้นสร้างใหม่ หลักการของวัตถุการเรียนรู้ จะเน้นให้ผู้ใช้สามารถใช้ได้ร่วมกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ต่างจากวัตถุการเรียนแบบอื่น เช่น วีดิทัศน์ หรือแผ่นใสฉายภาพข้ามศีรษะ ดังนั้นส่วนประกอบที่อยู่ในวัตถุการเรียนรู้ จึงเป็นรูปแบบที่สามารถนำเสนอได้ง่ายผ่านอินเทอร์เน็ต เช่น วีดิทัศน์ รูปภาพ เสียง ซอฟต์แวร์ประเภทจาวา

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวกับวัตถุการเรียนรู้ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998-2007 พบว่ามีแนวโน้มที่วัตถุการเรียนรู้ จะเข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้นในประเทศ

ไทย อันจะเห็นได้จากการงานวิจัยที่เพิ่มมากขึ้น และสถาบันการศึกษาหลายแห่งในประเทศไทยได้ดำเนินการพัฒนาสื่อในรูปแบบของวัตถุการเรียนรู้ ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท.) และโครงการการเรียนรู้แบบออนไลน์แห่ง สวทช. อันเนื่องมาจากประโยชน์และความคุ้มค่า สามารถแลกเปลี่ยนกันได้ระหว่างสถาบัน ผู้เรียนสามารถค้นหาฐานความรู้ในรูปสื่อการเรียนการสอนดิจิทัลได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มสถานการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้มากขึ้นด้วย (Todorova and Petrova, 2003: 697-702)

นอกจากนี้กระแสความนิยมนวัตกรรมใหม่ของสื่อการสอนวัตถุการเรียนรู้ ที่มีอยู่ทั่วโลกโดยมียอดสมาชิกในระบบคลังจัดเก็บสื่อวัตถุการเรียนรู้เป็นจำนวนมาก ได้แก่ Vancouver School Board (VSB), Co-operative Learning Object Exchange (CLOE), University of North Carolina, California State University, Oklahoma State University, Brock University, Carleton University เป็นต้น

2.3.1 การสร้างวัตถุการเรียนรู้

การพัฒนาสื่อในเรื่องเดียวกัน เมื่อผู้พัฒนาต่างกัน การเลือกเฟ้นเนื้อหาสาระและรูปแบบการนำเสนอจะต่างกันไป แม้ว่าจะมีชื่อวิชาเดียวกันก็ตาม ทำให้สื่อต้องพัฒนาขึ้นใหม่ตลอด เวลา สื่อที่มีอยู่เดิมไม่ถูกนำมาใช้ซ้ำโดยผู้อื่น เพราะอาจเห็นว่าสื่อแต่ละชิ้นล้วนมีลิขสิทธิ์ของสถาบันผู้ผลิต และการนำเสนอไม่เหมาะกับกลุ่มผู้เรียนของตน ทำให้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตขึ้นมานั้นใช้อย่างไม่คุ้มค่าการลงทุนใช้ได้ในวงแคบ ในต่างประเทศได้มีความพยายามแก้ไขโดยให้เนื้อหาของสื่อสั้นลง มีวัตถุประสงค์ของการเรียนที่กระชับ ชัดเจน สามารถแลกเปลี่ยนใช้สื่อร่วมกันได้ทุกสถาบัน และในเชิงเทคนิค การสร้างเนื้อหาให้มีขนาดเล็กและจบในตัวเองเป็นกระแสนิยมตามมาตรฐานทางเทคนิคการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า มาตรฐานสกอร์ม ซึ่งกำหนดให้สร้างเนื้อหาอยู่ในรูปวัตถุการเรียนรู้ตามมาตรฐานสกอร์มหรือที่เรียกว่าเอสซีโอ (Sharable Content Object - SCO) เพื่อทำให้การใช้เนื้อหาร่วมกันเกิดประโยชน์สูงสุด

ขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนาวัตถุการเรียนรู้ มีขั้นตอนดังนี้ (Feldstein, 2002: 21)

1. เลือกเรื่องและกำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ขั้นตอนแรกในการสร้างวัตถุการเรียนรู้ คือการเลือกเรื่องหรือหัวข้อที่จะนำมาพัฒนาให้เหมาะกับการจัดการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น การศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ยากในห้องเรียน เช่น เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีต สิ่งที่สังเกตมีขนาดเล็กมาก เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ใช้เวลานาน การทดลองเป็นอันตราย หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องเป็นนามธรรม เป็นต้น

เมื่อเลือกหัวข้อเรื่องเรียบร้อยแล้ว ควรกำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังอย่างชัดเจนว่าเมื่อ

เรียนรู้จากวัตถุการเรียนรู้แล้ว ผู้เรียนจะมีพฤติกรรมอย่างไร เช่น สามารถอธิบายแนวคิดได้ สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ สามารถสร้างแบบจำลองได้ เป็นต้น

2. ขั้นการออกแบบ

ในขั้นนี้ผู้พัฒนาจะต้องตัดสินใจในการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยวิธีการใด จะกำหนดให้ผู้เรียนทำกิจกรรมใดบ้าง และการนำเสนอข้อมูลจะใช้รูปแบบใด จากนั้นนำเสนอแนวคิดที่ออกแบบขึ้นในกระดานเขียนเรื่อง ซึ่งเป็นการเขียนบรรยายลักษณะภาพ เสียง การเคลื่อนไหวที่ต้องการในแต่ละลำดับการนำเสนอ ซึ่งเหมาะสำหรับวัตถุการเรียนรู้ที่นำเสนอข้อมูลด้วยลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ส่วนวัตถุการเรียนรู้ที่มีลำดับการนำเสนอไม่แน่นอน มีการเขียนโปรแกรมให้ตอบสนองต่อการตัดสินใจ หรือความสามารถของผู้เรียน ผู้ออกแบบอาจนำเสนอแนวคิดที่ออกแบบไว้ในรูปแบบแผนผังโครงสร้างในลักษณะที่เหมาะสม

3. ขั้นการสร้าง

การสร้างวัตถุการเรียนรู้ในบางรูปแบบใช้ทักษะทางคอมพิวเตอร์หลายด้าน เช่น การเขียนโปรแกรม การจัดการภาพและเสียง โดยสามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการช่วยสร้าง โดยควรคำนึงถึงรูปแบบการนำเสนอบนจอภาพดังนี้

- การใช้เครื่องหมายและรูปแบบคำสั่งที่เข้าใจทั่วไป เช่น ลูกศรชี้ไปทางขวาสำหรับการไปหน้าถัดไป ลูกศรชี้ไปทางซ้ายสำหรับการย้อนกลับไปหน้าเดิม การแสดงภาพมือชี้เมื่อมีการเชื่อมโยงไปหน้าอื่น

- ใช้รูปแบบการนำเสนอที่เป็นระเบียบ เช่น หัวข้อในระดับเดียวกัน ควรใช้อักษรที่มีสีเดียวกันและขนาดเท่ากัน หรือใช้สีพื้นเดิมสำหรับกิจกรรมการเรียนการสอนในรูปแบบเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น ใช้สีพื้นขาวเมื่อให้ข้อมูล สีฟ้าอ่อนในส่วนของกิจกรรมที่ผู้เรียนทำ

- เมื่อนำเสนอด้วยข้อความ ใช้ตัวอักษรขนาดใหญ่พอสมควร ไม่จัดย่อหน้าให้บรรทัดยาวเกินไป บทเรียนสำหรับเด็กเล็กอาจพิจารณาเปลี่ยนข้อความยาว ๆ เป็นเสียงบรรยาย

4. ขั้นการทดสอบ

เมื่อสร้างวัตถุการเรียนรู้เสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรมีการตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนนำไปใช้จริงในห้องเรียน การทดสอบทำได้ 2 ระดับ ได้แก่ การทดลองใช้ในการเรียนการสอน และการทดลองใช้งาน

การทดลองใช้ในการเรียนการสอน เป็นการตรวจสอบว่าผู้เรียนเข้าใจวิธีการสื่อสารที่ใช้ในวัตถุการเรียนรู้หรือไม่ และวัตถุการเรียนรู้นั้น ๆ สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้เพียงใด ในการทดสอบควรให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหรือกิจกรรม เพื่อประเมินว่าหลังจากใช้วัตถุการเรียนรู้แล้ว ผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวังหรือไม่

การทดลองใช้งาน เป็นการตรวจสอบว่าวัตถุการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีข้อผิดพลาดใดหรือไม่

ควรตรวจสอบความถูกต้องของการพิมพ์ข้อความ ตรวจสอบการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ในชิ้นเรียน เช่น การเชื่อมโยงภาพ ภาพเคลื่อนไหว และการทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างรุ่นได้หรือไม่ การนำเสนอบนจอภาพขนาดต่าง ๆ จะทำให้ภาพผิดเพี้ยนอย่างไร

ใจทิพย์ ณ สงขลา (2548: 80) กล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนาวัตถุการเรียนรู้ไว้4 ขั้นตอน ดังนี้

การพัฒนาวัตถุการเรียนรู้ ต้องอาศัยทีมงานในการทำงานประกอบด้วย ผู้ชำนาญด้านเนื้อหา นักออกแบบการเรียนการสอน นักออกแบบกราฟิก ผู้เขียนโปรแกรม ในโครงการที่มีขนาดใหญ่อาจใช้ผู้ร่วมงานมากกว่า ในบางโครงการที่มีขนาดเล็ก บุคคลหนึ่งอาจรับมากกว่าหนึ่งหน้าที่ โดยทั่วไปมีขั้นตอนการดำเนินงานหลัก ๆ ดังนี้

1. ขั้นตอนการพัฒนาเนื้อหา นักออกแบบหรือหัวหน้าผู้พัฒนาคือผู้ที่รับผิดชอบงานในส่วนนี้เป็นหลัก โดยปรึกษาประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และอาจปรึกษากับทีมงานกราฟิกและผู้เขียนโปรแกรมในช่วงของการเขียนกระดานเนื้อหา โดยดำเนินการ ดังนี้

- กำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ หรือขีดความสามารถของผู้เรียนที่ต้องการ

- กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยอาจเทียบเคียงกับกิจกรรมที่เคยใช้ในห้องเรียนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งค้นคว้าศึกษากิจกรรมอื่น ๆ ที่เหมาะสมจากแหล่งความรู้ทั่วไป และผู้สอนอื่น ๆ

- วิเคราะห์ผู้เรียน เช่น ลักษณะการเรียนรู้ (learning style) เป้าหมายทางการปฏิบัติงานหรืออาชีพ เพื่อกำหนดความเหมาะสมของกิจกรรม

- เขียนกระดานเนื้อหา เป็นการกำหนดสิ่งที่จะปรากฏบนหน้าจอ รวมทั้งการปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับโปรแกรมการนำเสนอเนื้อหา ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบจะต้องทำงานอย่างใกล้ชิดและได้รับความตกลงหรือเห็นพ้องกับทีมงานกลุ่มอื่น ๆ โดยเฉพาะผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และทีมงานผลิต กำหนดกรอบหรือมโนทัศน์ ภาพลักษณ์โดยรวม การใช้สัญลักษณ์หรืออุปมาของเนื้อหาทั้งหมด เลือกองค์ประกอบของสื่อที่จะใช้ ซึ่งมีลักษณะของสื่อที่ต้องพิจารณา 2 ประเภท คือ สื่อที่เป็นฐานให้กับวัตถุการเรียนรู้นั้น ๆ เช่น หน้าเว็บ จาวา หรือเสียง คลิปวีดิทัศน์

- เขียนผังการทำงาน เพื่อช่วยสื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างหน้าจอแต่ละหน้า ในรูปแบบความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน ซึ่งตอบสนองคุณสมบัติของสื่อผสมหลายมิติได้ดี ทั้งนี้การเขียนกระดานเนื้อหาทำหน้าที่แสดงรายละเอียดในแต่ละหน้า ซึ่งอาจไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน้าหรือข้ามไปยังหน้าอื่น ๆ ได้ชัดเจนเท่าการเขียนแสดงในผังการทำงาน

2. การผลิต ขั้นตอนนี้เป็นความรับผิดชอบของทีมงานสร้าง ซึ่งจะทำงานตามกระดานเรื่องราว และแผนที่ได้วางไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ทีมงานผลิต ศึกษาผังงานและกระดานเรื่องราวโดยละเอียด

- ทีมงานผลิต ให้คำแนะนำ เกี่ยวกับรูปแบบ และอาจเสนอประเด็นปัญหาในเชิงเทคนิคที่อาจเกิดขึ้นให้กับนักออกแบบหรือหัวหน้าผู้พัฒนาเนื้อหาเพื่อร่วมแก้ไข

- ทีมงานผลิต กรณีที่เป็นโครงการขนาดใหญ่ ทีมงานผลิตอาจแยกความรับผิดชอบงานออกเป็นชิ้นย่อย เช่น วัตถุสามมิติ วีดิทัศน์ เสียง จึงลงมือสร้าง และนำมารวบรวมในหน้าที่กำหนดไว้ระหว่างการทดสอบ

3. ขั้นตอนการทดสอบและปรับแก้ไข ผู้รับผิดชอบในส่วนนี้คือทีมงานทั้งหมด ด้วยการกำหนดให้มีการทดสอบ ทั้งด้านเทคนิคและเนื้อหา ซึ่งอาจทดสอบใน 2 ระดับ คือ การทดสอบขั้นต้น เป็นการทดสอบการทำงานในเชิงเทคนิคเบื้องต้นเพื่อการปรับแก้ และการทดสอบนำร่อง คือ การทดสองกับกลุ่มคนที่ใช้งานจริง

4. ขั้นตอนการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์สู่เว็บที่กำหนด พร้อมทั้งมีการปรับแก้ไขเนื้อหาตามความเหมาะสม

2.4 มาตรฐานของการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์

จากการที่มีผู้พัฒนาระบบการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนมากทั่วโลก ระบบต่าง ๆ เช่น ระบบจัดการการเรียนรู้ และเนื้อหาบทเรียน จึงถูกพัฒนาเพื่อวัตถุประสงค์หลากหลาย เช่น การวิจัยพัฒนา การศึกษา และการค้า ซึ่งผู้พัฒนาต่างมีวิธีการเป็นของตนเอง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงยากที่จะทำงานร่วมกับระบบอื่น ผู้พัฒนาจึงพยายามรวมกลุ่มเพื่อกำหนดมาตรฐานขึ้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถดังนี้ (สุชาย ธนวเสถียร และอมรวรรณ ลิ้มสมมุติ, 2549: 30)

1. ความสามารถในการทำงานร่วมกันกับระบบอื่นได้ (interoperability) เนื้อหาบทเรียนที่ได้มาตรฐานจะทำงานบนระบบจัดการการเรียนรู้ทุกระบบที่ได้มาตรฐานเดียวกัน เนื้อหาที่ผลิตจากเครื่องมือต่างกันสามารถทำงานบนระบบจัดการการเรียนรู้เดียวกันโดยมีความสามารถครบถ้วนและสามารถแบ่งปันข้อมูลระหว่างระบบโดยไม่ต้องแปลงข้อมูล

2. ความสามารถในการนำมาใช้ซ้ำได้ (reusability) สามารถเขียน เก็บ และจัดการเนื้อหาบทเรียน โดยนำไปใช้ประกอบกับเนื้อหาอื่นโดยไม่ต้องสร้างใหม่

3. ความสามารถในการจัดการข้อมูลผู้เรียน (manageability) สามารถติดตามการใช้งานของผู้เรียน การปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน และการเก็บข้อมูลผลการเรียนในระบบจัดการการเรียนรู้

4. ความสามารถในการเข้าใช้ของผู้เรียน (accessibility) เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใช้วัตถุการเรียนตามเส้นทางการเรียนที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน

5. ความสามารถในการเข้ากับระบบใหม่ (durability) เมื่อผู้ใช้เปลี่ยนระบบใหม่

6. ความสามารถในการใช้มาตรฐานเพื่อทำให้มีการเพิ่มผลิตภาพและประสิทธิภาพ ในขณะที่ต้นทุนในการผลิตลดลง

องค์กรที่พัฒนามาตรฐานของตนเองขึ้นมามีจำนวนมาก มาตรฐานที่ได้จึงมีข้อเด่นและข้อด้อยต่างกัน โดยมีองค์กรหลัก ๆ ดังต่อไปนี้ (Morrison, 2003: 248-251)

1. Aviation Industry CBT Committee (AICC) ก่อตั้งขึ้นในปี 1998 เพื่อพัฒนามาตรฐานสำหรับการฝึกฝนทางด้านการบิน ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ลงทุนทางด้านการฝึกฝนบุคลากรตลอดมา AICC เป็นองค์กรแรกที่กำหนดรายละเอียดสำหรับการติดตามผู้เรียน และความสามารถในการเข้ากันได้กับอุตสาหกรรมนอกเหนือจากด้านการบิน

2. IMS Global Learning Consortium Instructional Management System (IMS) เป็นโครงการที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1997 โดย EDUCAUSE ซึ่งเป็นองค์กรไม่แสวงหากำไรของประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีความเชี่ยวชาญในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการศึกษา โดยมีเป้าหมายที่จะกำหนดคุณสมบัติทางเทคนิคที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เข้ากันได้ และการส่งบริการด้านการเรียน โดยตั้งเป้าหมายว่าจะนำคุณสมบัตินี้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์ทั่วโลก IMS เป็นผู้บุกเบิกคุณสมบัติด้านการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ ในด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata) และหีบห่อเนื้อหา (Content Package)

3. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) เป็นผู้รับรองสิทธิบัตรเพื่อสร้างมาตรฐานโดยนำร่างคุณสมบัติทางเทคนิคไปลองใช้เพื่อรับรองคุณสมบัตินั้น และเผยแพร่เป็นมาตรฐานใหม่ต่อไป สำหรับมาตรฐานทางด้านการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ จะรับรองผ่าน Learning Technology Standards Committee (LTSC) โดยมีคณะทำงาน 20 กลุ่ม เพื่อสร้างมาตรฐานด้านการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกัน

4. สกอร์มเป็นแบบจำลองอ้างอิงสำหรับการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างโดย Advanced Distributed Learning (ADL) ซึ่งเป็นหน่วยงานสังกัดกระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐอเมริกา สกอร์มถูกสร้างขึ้นเพื่อการทำงานร่วมกันระหว่างมาตรฐานหลาย ๆ แบบ โดยมีข้อกำหนดคุณลักษณะ 3 หมวดคือ The SCORM Overview, The SCORM Content Aggregation Model และ The SCORM Run-Time Environment

5. Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe (ARIADNE) เป็นองค์กรซึ่งไม่หวังผลกำไร ตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1997 เพื่อพัฒนารายละเอียดสำหรับคำอธิบายข้อมูลและความสามารถในการใช้ซ้ำของการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ โดยมีเป้าหมายที่จะพัฒนาวิธีการและเครื่องมือสำหรับการผลิต การบริหาร การนำส่วนประกอบของการเรียนการสอนกลับมาใช้ใหม่ เพื่อนำไปสนับสนุนการเรียนการสอน

6. Promoting Multimedia access to Education and Training in the European Society (PROMETEUS) เป็นองค์กรเพื่อประชาสัมพันธ์การเข้าใช้สื่อประสมเพื่อการศึกษาและการฝึกอบรมในสหภาพยุโรป โดยมีสมาชิกเป็นองค์กรด้านการศึกษา องค์กรธุรกิจ องค์กรด้านการ

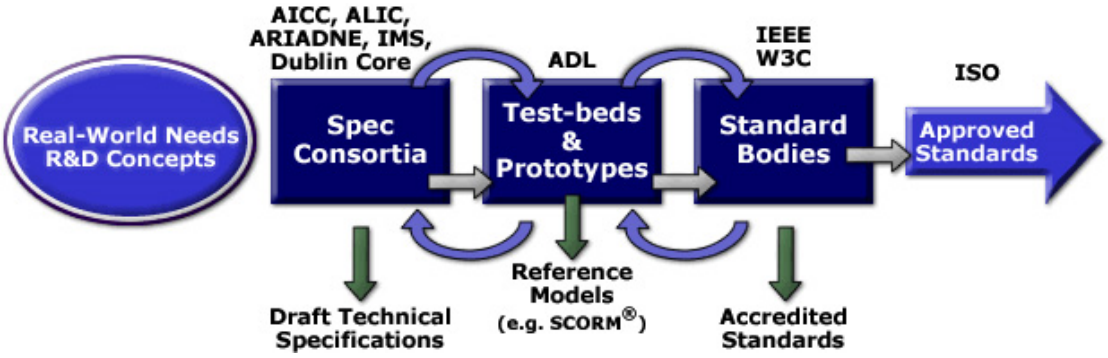
ฝึกอบรม ผู้จำหน่ายซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ผู้ให้บริการด้านสาธารณูปโภค มีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพความร่วมมือระหว่างองค์กรด้านการศึกษาและการฝึกอบรม ผู้ใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอน ในสหภาพยุโรป มุ่งหวังที่จะพัฒนามาตรฐานของยุโรปและของนานาชาติทางด้านการเรียนรู้ด้วยสื่อประสม

7. Dublin Core Meta-data Initiative (DCMI) ตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1995 ในเมือง Dublin Ohio ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นองค์กรที่ส่งเสริมการใช้มาตรฐานคำอธิบายข้อมูลที่เข้ากันได้ และพัฒนาคำอธิบายข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะที่สามารถค้นหาได้ง่ายทางอินเทอร์เน็ต องค์กรนี้ไม่ได้เน้นไปที่การเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์แต่มุ่งพัฒนาคำอธิบายข้อมูลที่นำไปใช้ได้ในหลายรูปแบบ

8. Learning Resource interchange (LRN) เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่บริษัทไมโครซอฟท์นำมากำหนดคุณสมบัติของการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์โดย LRN จะสนับสนุน IMS Content Packaging 1.1 คุณสมบัติของคำอธิบายข้อมูล รุ่น 1.2 และสนับสนุนคุณสมบัติสกอร์ม 1.2

2.5 มาตรฐานสกอร์ม

สกอร์ม (SCORM) มาจากคำเต็มว่า Sharable Content Object Reference Model ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ถูกกำหนดขึ้นจากหน่วยงาน Advanced Distributed Learning (ADL) ซึ่งเป็นหน่วยงานในสังกัดของกระทรวงกลาโหมประเทศสหรัฐอเมริกา การกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์มีขั้นตอนในการดำเนินการหลายขั้นตอน ดังภาพที่ 3 โดยเริ่มจากความต้องการในการใช้งานจริงจากภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมรวมกับแนวคิดในการวิจัยและพัฒนา กลุ่มผู้พัฒนาหลายกลุ่ม เช่น AICC, ALIC, ARIADNE, *IMS*, Dublin Core ได้สร้างและตีพิมพ์ข้อกำหนดทางเทคนิคของตนเองตามที่ตนเองถนัด แต่เนื่องจากการพัฒนาข้อกำหนดทางเทคนิคนี้เกิดจากพื้นฐานความต้องการที่คล้ายกันในระดับการวิจัยและพัฒนา จึงมีข้อกำหนดบางอย่างที่พัฒนาขึ้นมาคาบเกี่ยวกัน และสามารถนำมาใช้ร่วมกันได้ ADL จึงได้นำข้อดีของแต่ละค่ายมาทดสอบและสร้างต้นแบบ (prototype) การทำงานร่วมกัน เพื่อจัดทำต้นแบบอ้างอิง ต้นแบบอ้างอิงดังกล่าวจะถูกทดสอบโดยผู้พัฒนาในวงกว้างเพื่อหาข้อสรุปเพื่อให้ได้การรับรองมาตรฐานจาก IEEE และได้รับการรับรองเป็นมาตรฐานสากลโดย ISO ต่อไป



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนามาตรฐานสกอร์ม (Advanced Distributed Learning, 2005: 40)

2.5.1 คุณลักษณะของสกอร์ม

การสร้างบทเรียนที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดของสกอร์ม จะทำให้บทเรียนมีคุณสมบัติที่เหมาะกับการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากบทเรียนดังกล่าวจะมีคุณสมบัติ คือ(สุชาย ธนวเสถียรและอมรวรรณ ลิ้มสมมุติ, 2549: 10)

1. ความสามารถในการทำงานร่วมกัน (interoperability) คือการนำองค์ประกอบเนื้อหาที่พัฒนาขึ้นจากระบบหนึ่งนำไปใช้กับต่างระบบได้ โดยไม่ต้องปรับเนื้อหาใหม่

2. ความสามารถในการเข้าถึงองค์ประกอบเนื้อหาได้ง่าย (accessibility) ผู้ใช้และผู้พัฒนาสามารถค้นพบได้อย่างสะดวก ระบบจัดการการเรียนรู้สามารถเข้าถึงองค์ประกอบของเนื้อหาได้ง่าย

3. ความสามารถในการนำองค์ประกอบเนื้อหากลับมาใช้ซ้ำได้อีก (reusability) ทั้งในระบบการจัดการการเรียนรู้เดียวกันหรือต่างกันได้

4. ความทนทาน (durability) คือสามารถทนทานต่อเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนรุ่น (version) ของโปรแกรมบ่อย

5. ความสามารถในการบำรุงรักษา (maintainability) สามารถแก้ไขตัวซอฟต์แวร์ได้ง่าย แก้ไขเพียงส่วนประกอบบางส่วน โดยไม่ต้องแก้ไขทั้งหมด

6. สามารถดัดแปลงแก้ไของค์ประกอบเนื้อหาได้ตามต้องการ (adaptability) โดยการนำเนื้อหาจากชิ้นหนึ่งไปประกอบรวมกับเนื้อหาชิ้นอื่น เพื่อให้ได้วัตถุการเรียนรู้ที่แตกต่างออกไป

คุณสมบัติดังกล่าวเหมาะกับระบบการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องมีการติดตามผลการเรียนรู้ โดยใช้ระบบจัดการการเรียนรู้ ในการบริหารหลักสูตร ต้องการสร้างชิ้นส่วนบทเรียนที่ใช้กับหลักสูตรที่หลากหลายได้ การสร้างห้องสมุดสำหรับจัดเก็บชิ้นส่วนบทเรียน หรือการซื้อชิ้นส่วนบทเรียนจากผู้พัฒนามาประกอบเป็นหลักสูตร

2.5.2 ส่วนประกอบของมาตรฐานสกอร์ม

ในปี ค.ศ. 2003 ADL ได้เผยแพร่ข้อมูลทางเทคนิคของสกอร์ม รุ่น 1.3 ซึ่งประกอบด้วยเอกสาร 4 ชุด และมีส่วนสำคัญ 3 ส่วน (Advanced Distributed Learning, 2005: 168) ได้แก่ Content Aggregation Model (CAM) อธิบายวิธีรวบรวมข้อความ รูปภาพ และชิ้นส่วนประกอบอื่น ๆ ที่นำมาสร้างบทเรียน ที่จะทำให้บทเรียนนั้นสามารถนำเข้าหรือส่งออกไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ที่ต่างกันได้ ส่วนย่อยได้แก่ข้อกำหนดคำอธิบายข้อมูล ซึ่งใช้ข้อกำหนดของ IEEE LOM 1484.12 โครงสร้างบทเรียนปรับปรุงมาจาก AICC และส่วนการหีบห่อเนื้อหานำมาจาก IMS Packaging

Run-time Environment (RTE) อธิบายกระบวนการมาตรฐานที่จะส่งเนื้อหาบทเรียนไปยังผู้เรียนและติดตามผลการเรียนตลอดบทเรียน ส่วนย่อยได้แก่การส่งข้อมูลและวิธีสื่อสารระหว่างระบบจัดการการเรียนรู้และวัตถุการเรียนรู้ ซึ่งนำมาตรฐาน IEEE CMI API 14842 และ IEEE Data Model 1484.11.1 มาใช้

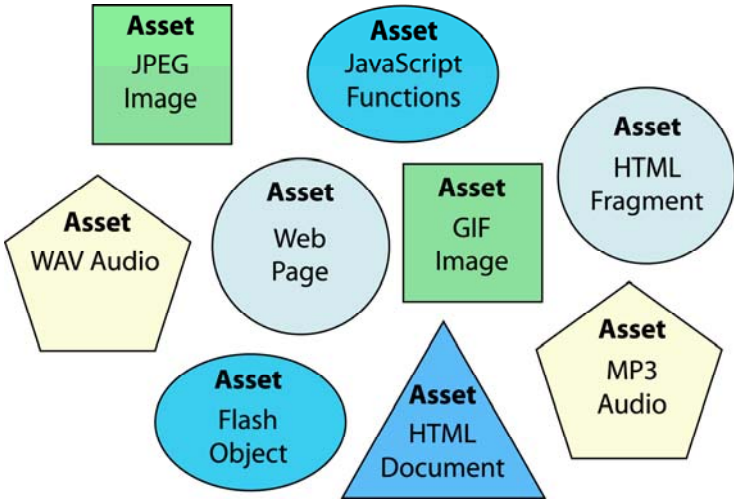
Sequencing and Navigation Sequencing อธิบายมาตรฐานสำหรับเส้นทางการเรียนของผู้เรียน ที่เรียนผ่านบทเรียนตามความต้องการของผู้เรียน และบอกเส้นทางที่ผู้เรียนจะเรียนต่อไปตามเนื้อหาที่กำหนด ได้นำมาตรฐานมาจาก IMS Simple Sequencing Behavior and Information Model รุ่นที่ 1.0

2.5.3 Content Aggregation Model

ตามมาตรฐานสกอร์ม บทเรียนจะประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เรียกว่าเอสซีโอ ภายในบทเรียนจะมีข้อความ รูป สื่อ ที่เรียกว่าแอสเซ็ท โดยมีคำอธิบายข้อมูล กำกับก่อนจะนำไปทำหีบห่อ หากมองบทเรียนตามมาตรฐานสกอร์มเป็นหีบห่อแล้ว ในหีบห่อนี้จะมีแฟ้ม manifest ที่เป็นเสมือนใบขนสินค้า ซึ่งระบุรายละเอียดของบทเรียน โครงสร้างบทเรียน และวิธีนำมาใช้ โดย ADL ได้นำมาตรฐานหลายมาตรฐานมากำหนดคุณสมบัติของสกอร์มคือ มาตรฐานคำอธิบายข้อมูลใช้ข้อกำหนดจาก IEEE LOM 1484.12 มาตรฐานโครงสร้างเนื้อหา ใช้ข้อกำหนดจาก AICC มาตรฐานการสร้างแพ็กเกจของเนื้อหา ใช้ข้อกำหนดจาก IMS และมาตรฐานข้อมูลเส้นทางการเรียนใช้ข้อกำหนดจาก IMS ส่วนเทคโนโลยีหลักของสกอร์ม ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. แอสเซ็ท เป็นชิ้นส่วนของสื่อประสมหรือโปรแกรมที่แสดงได้บนเว็บผ่าน Hypertext Transfer Protocol (HTTP) เป็นการนำเสนอในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ข้อความ รูปภาพ เสียง หรือเว็บเพจ โดยที่แอสเซ็ทเองไม่สามารถทำหน้าที่ในการติดต่อกับระบบจัดการการเรียนรู้เองได้

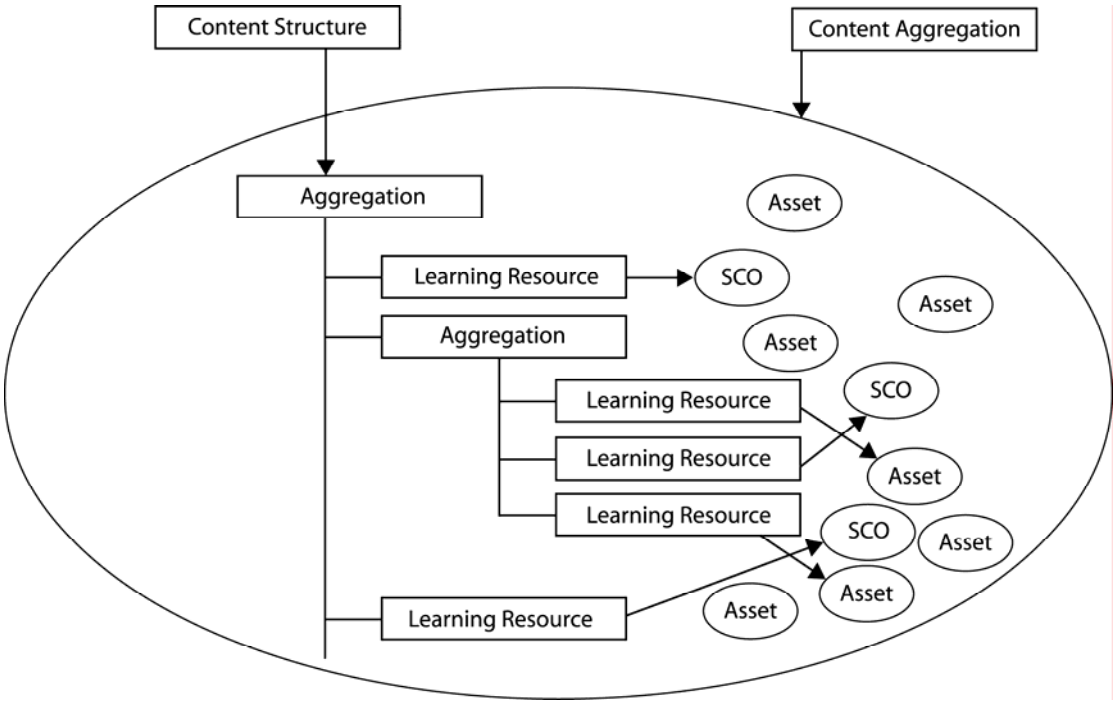
แอสเซ็ทสามารถอธิบายได้ด้วยคำอธิบายข้อมูลของแอสเซ็ท เพื่อให้สามารถค้นหาได้ในคลังเนื้อหาด้วยวิธีนี้จะทำให้โอกาสในการนำกลับมาใช้ใหม่ได้มีมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แอสเซ็ทประเภทต่าง ๆ

2. เอสซีโอ คือบทเรียนบทหนึ่งประกอบด้วยการนำแอสเซ็ท ที่เป็นวัตถุดิบทั้งหมดมารวมกัน และเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับการเชื่อมโยงแต่ละแอสเซ็ท เส้นทางการเรียนที่กำหนดไว้ และตำแหน่งของแต่ละแอสเซ็ท ในบทเรียน บรรจุไว้ในในรูปของแฟ้มงานชนิด XML ที่สื่อสารกับระบบจัดการการเรียนรู้ได้

CAM เป็นแผนผังที่ใช้ในการรวบรวมโครงสร้างเนื้อหาที่ประกอบกันเป็นชุดของบทเรียน เช่น วิชา (subject) บทที่ (chapter) หน่วย (module) ฯลฯ ซึ่งจะทำการอธิบายหลักในการประกอบวัตถุการเรียนรู้ ให้สามารถใช้งานร่วมกับระบบจัดการการเรียนรู้ได้ จุดประสงค์ของ CAM จะทำการกำหนดวิธีการรวมเนื้อหาการเรียน และการใช้งานระหว่างสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน และยังใช้เป็นการกำหนดโครงสร้างข้อมูล ซึ่งนำไปสู่การกำหนดลำดับในการแสดงเนื้อหาให้กับผู้เรียน โดยสกอร์มมองทรัพยากรการเรียน (เช่น หน้าเว็บ รูปภาพ แฟ้มเสียง) ออกเป็นชิ้นๆ แล้วนำทรัพยากรการเรียนนี้มาประกอบกันเป็นบทเรียน หลักสูตร ซึ่งจากการทำงานดังกล่าวทำให้สามารถสร้าง บทเรียนขึ้นมาใหม่จากทรัพยากรที่มีอยู่เดิม ดังแสดงในภาพที่ 3

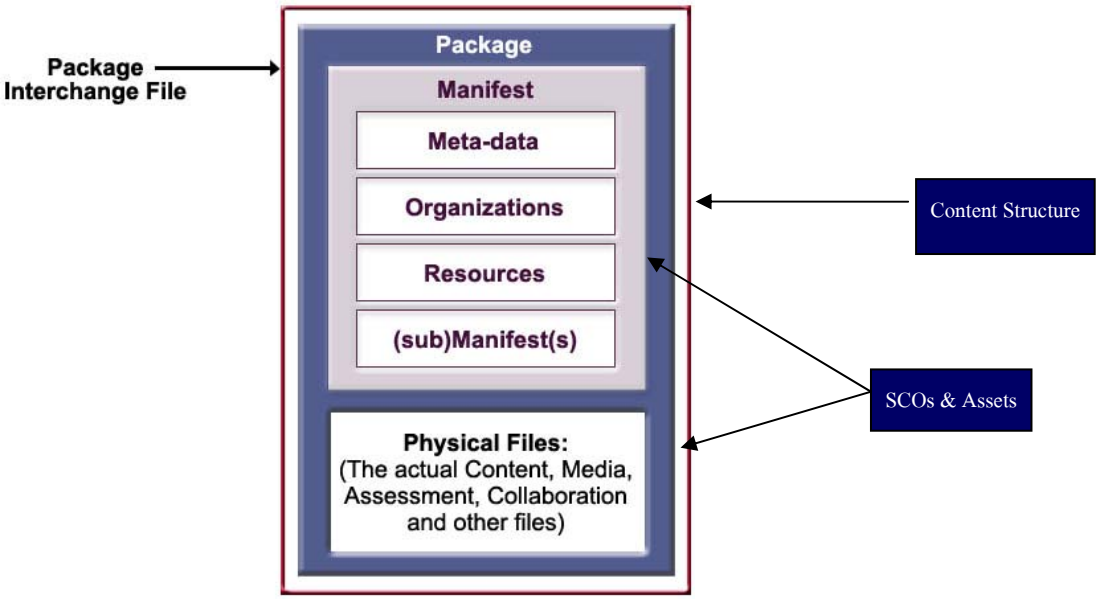


ภาพที่ 3 Content Aggregation Model (Advanced Distributed Learning, 2005: 24)

เนื้อหาบทเรียนที่ประกอบเสร็จแล้ว จะมีส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่ 4 คือ

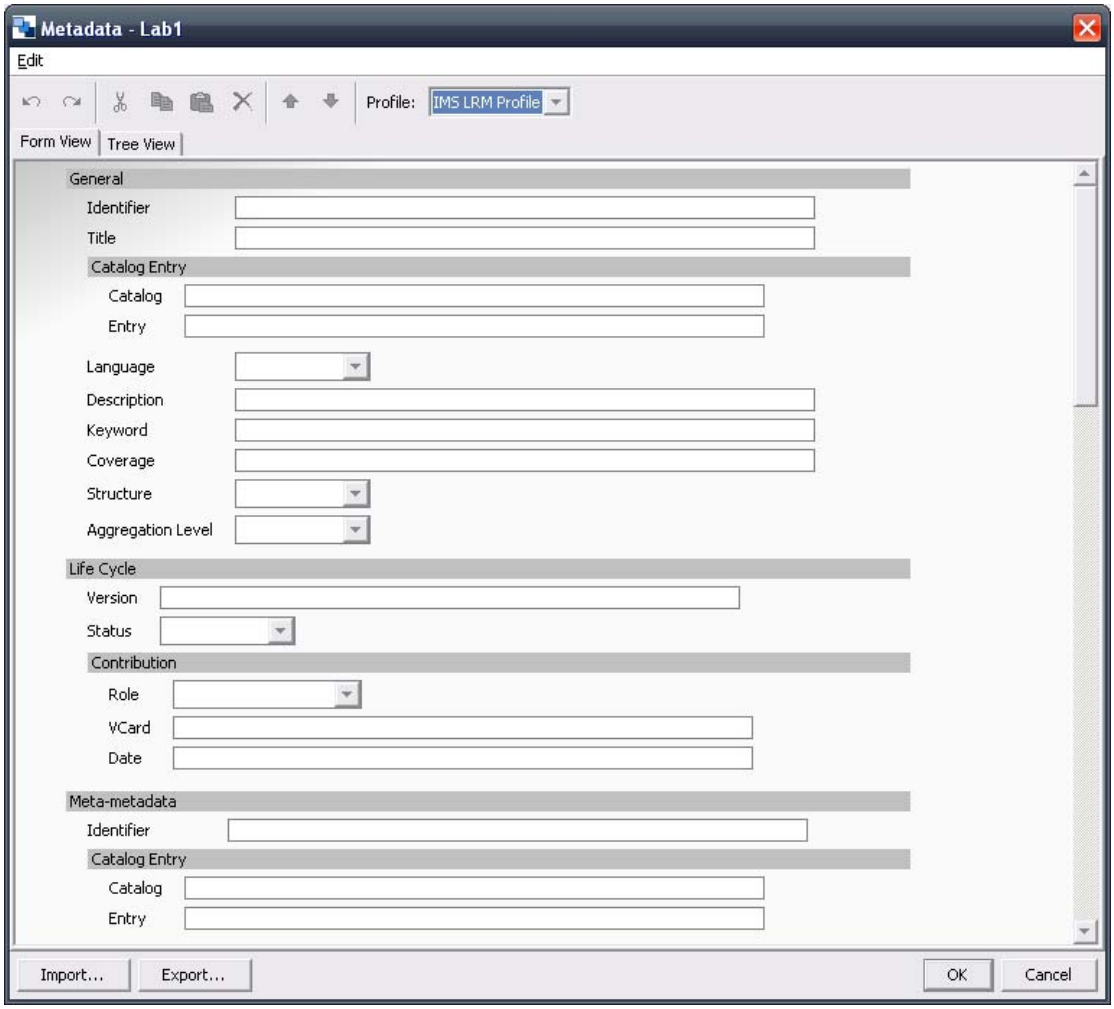
1. หีบห่อเนื้อหาเป็นการบรรจุรวบรวมเนื้อหา ได้แก่ แอสเซ็ท, เอสซีโอ และ content aggregation จัดทำขึ้นเพื่อเตรียมนำส่งเนื้อหาให้ระบบจัดการการเรียนรู้โดยสิ่งที่จำเป็นต้องรวมไปด้วยกันคือแฟ้มงาน imsmanifest.xml และแฟ้มงานทางกายภาพ แอสเซ็ท ต่าง ๆ ของเอสซีโอ โดยรวมกันไปเป็น Package Interchange File (PIF) เช่นแฟ้มงานนามสกุล .zip

2. Manifest File หรือ imsmanifest เป็นแฟ้มงาน XML ที่บรรจุอยู่ในเอสซีโอ เช่น โครงสร้างเนื้อหาลำดับการเรียนเป็นชื่อแฟ้มงานที่ใช้ของเอสซีโอ



ภาพที่ 4 ส่วนประกอบของเนื้อหาการเรียน (Advanced Distributed Learning, 2005: 28)

3. คำอธิบายข้อมูล คือ ข้อมูลที่ใช้อธิบายข้อมูลโดยอธิบายคุณสมบัติของทรัพยากรการเรียนรู้นั้นๆ ซึ่งการกำหนดรูปแบบการเก็บชื่อ คำอธิบาย ของเนื้อหาบทเรียนให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน โดยสามารถรวบรวมไว้ในสารบัญแฟ้มหรือใส่ลงกับเนื้อหาที่ใช้อธิบายโดยตรงก็ได้ คำอธิบายข้อมูล คือการอธิบายข้อมูลการเรียนด้วยการใช้ส่วนย่อยซึ่งได้อ้างอิงตามมาตรฐานของ IEEE และ IMS จุดประสงค์ของคำอธิบายข้อมูลเพื่อให้สามารถมีชื่อที่เป็นมาตรฐานในการอธิบายทรัพยากรการเรียน IEEE ได้กำหนดส่วนประกอบคำอธิบายข้อมูลอย่างหยาบ ๆได้จำนวน 64 ส่วนประกอบ ทรัพยากรการเรียนที่มีการอธิบายโดยการใช้คำอธิบายข้อมูลสามารถทำให้การเกิดการค้นหา และการนำกลับมาใช้ได้อย่างมีระบบโดยการกำหนดคำอธิบายข้อมูลให้กับทรัพยากรการเรียนนั้น สามารถกำหนดได้ในระดับแอสเซ็ท เช่นกำหนดคำอธิบายข้อมูลให้รูปภาพรูปหนึ่ง และในระดับเอสซีโอ เช่น การกำหนดคำอธิบายข้อมูลให้กับเว็บเพจหนึ่งที่ประกอบด้วยข้อความ รูปภาพและฟังก์ชันที่ใช้ติดต่อกับ run-time environment สำหรับระดับ content aggregation อาจเป็นการกำหนดคำอธิบายข้อมูลให้กับบทเรียนหนึ่งหรือกำหนดคำอธิบายข้อมูลให้กับหลักสูตรหนึ่งการกำหนดส่วนประกอบคำอธิบายข้อมูล ซึ่งเปรียบได้เป็นพจนานุกรมศัพท์ของป้ายคำอธิบายข้อมูลซึ่งอธิบายการใช้งานในแต่ละส่วนประกอบ



ภาพที่ 5 การกำหนดคำอธิบายข้อมูลในโปรแกรม Reload Editor

2.5.4 Run-time Environment

เป็นการกำหนดวิธีที่ระบบจัดการการเรียนรู้ กับบทเรียนใช้สื่อสารกัน เพื่อรายงานความก้าวหน้าในการเรียน และกิจกรรมของผู้เรียน ได้แก่คะแนนและเวลาเรียน ตลอดจนเหตุการณ์ต่าง ๆ เช่น ข้อผิดพลาด การหยุดชะงักของบทเรียน การเลิกเรียนโดยผู้เรียนปิดเครื่อง เป็นต้น ระบบจัดการการเรียนรู้ ที่ไม่ได้ออกแบบตามมาตรฐานสกอร์มจะไม่มีการสื่อสารดังกล่าวนี้ ปัจจุบัน RTE และสกอร์ม จะทำงานตามมาตรฐาน IEEE CMI รุ่น 3.4 และ AICC

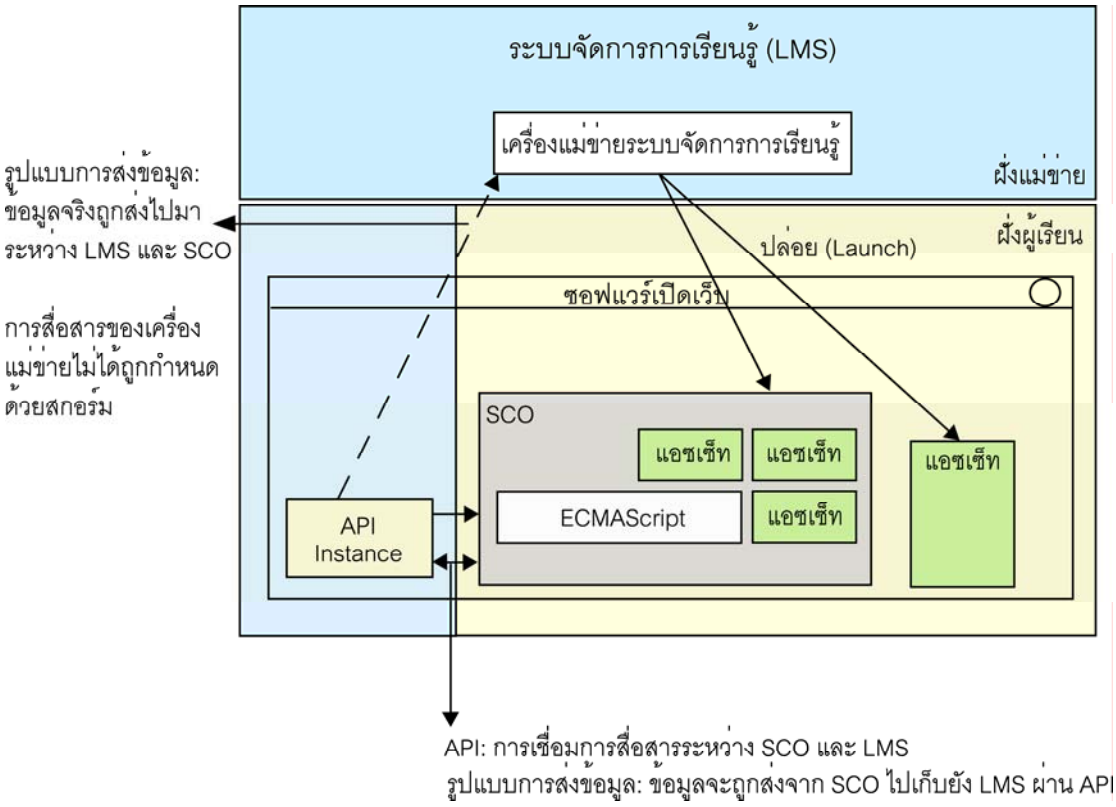
ตามมาตรฐาน สกอร์ม ในส่วน RTE จะมีการนิยามใน 3 ส่วน ดังนี้

1. การปล่อยวัตถุการเรียนรู้ ซึ่งกระทำโดยระบบจัดการการเรียนรู้ วิธีการปล่อยนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการและประเภทของวัตถุการเรียนรู้ นั่นคือสิ่งที่จะถูกปล่อยอาจเป็นแอสเซ็ทหรือเอสซีโอก็ได้ แอสเซ็ทจะถูกปล่อยได้ด้วยโพรโตคอล HTTP เพียงวิธีเดียวเท่านั้นเพราะแอสเซ็ทไม่มีการติดต่อกับระบบจัดการการเรียนรู้ การปล่อยเอสซีโอในช่วงเวลาหนึ่งจะมีเพียงเอสซีโอเดียวที่ถูก

ปล่อย และต้องทำการปล่อยเอสซีโอในหน้าต่างของเอสซีโอนั้นเองหรือหน้าต่างลูก (child window) เท่านั้น โดยเอสซีโอจะไม่มีการปล่อยเอสซีโอด้วยกันเอง

2. Application Program Interface (API)หรือ เอพีไอ เอพีไอเป็นกลุ่มของหน้าที่ที่กำหนดไว้สำหรับให้เอสซีโอใช้ติดต่อกับระบบจัดการการเรียนรู้ โดยเอสซีโอจะเรียกใช้งานเอพีไอเหล่านี้ผ่านทางตัวแปลงเอพีไอ (API adapter)

3. data model หรือ run-time metadata คือกลุ่มของข้อมูลที่จะถูกติดตามได้โดย ระบบจัดการการเรียนรู้ ซึ่งจะถูกใช้งานผ่านทาง API Data Model แต่ละส่วนสามารถแสดงการทำงานของ run-time environment ตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การทำงาน Run-time Environment (Advanced Distributed Learning, 2005: 35)

2.5.5 Sequencing and Navigation

การเข้าเรียนเนื้อหาบทเรียนแต่ละบท ออกแบบหลักสูตรจะกำหนดเน้นทางการเรียนให้กับผู้เรียน ตามประสบการณ์ทางการเรียนที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล โดยข้อมูลเส้นทางการเรียนนี้จะถูกบรรจุไว้ในแฟ้มงาน manifest การจัดลำดับบทเรียน (sequencing) และการกำหนดเส้นทางการเรียน (navigation) ของสกอร์มจะกำหนดการเรียนของผู้เรียนจากวัตถุการเรียนรู้หนึ่ง ไปยังวัตถุการเรียนรู้ต่อ ๆ ไป ตามความสามารถของผู้เรียน

ในข้อกำหนดของสกอร์มวัตถุการเรียนรู้จะไม่สามารถเชื่อมโยงและส่งข้อมูลไปยังวัตถุการเรียนรู้อื่นได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจึงต้องใช้ปุ่มกำหนดทิศทางที่ถูกกำหนดโดยระบบจัดการการเรียนรู้ เช่น ปุ่ม Start, Continue, Quit ปุ่มกำหนดทิศทางนี้คือเส้นทางการเรียนไปยังวัตถุการเรียนรู้ต่างๆ ที่กำหนดไว้ในการจัดลำดับบทเรียนและการกำหนดเส้นทางการเรียน

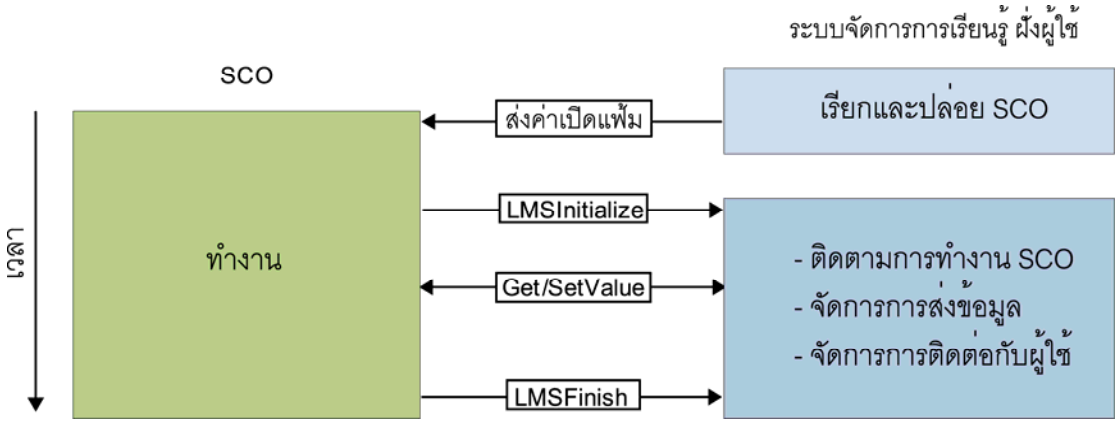
การจัดลำดับบทเรียนของสกอร์ม (SCORM Sequencing)เป็นการอธิบายถึงพฤติกรรมและรูปแบบของข้อมูลที่ถูกใช้โดย RTE ที่จะตัดสินใจว่าเนื้อหาการเรียนใดบ้างจะถูกส่งไปให้ผู้เรียน และอธิบายถึงคำสั่งการทำงานของ ระบบจัดการการเรียนรู้ ที่ได้มาตรฐานสกอร์มใช้เมื่อผู้เรียนเข้ามาเรียนกับวัตถุการเรียนรู้

การกำหนดเส้นทางการเรียนของสกอร์ม (SCORM Navigation) เป็นการอธิบายถึงการเรียนและการควบคุมทิศทางของเส้นทางการเรียนจากระบบจัดการการเรียนรู้ และการรายงานสถานะของกิจกรรมการเรียน เส้นทางการเรียนจึงเป็นผลของการทำงานร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับระบบจัดการการเรียนรู้เพื่อให้ได้เส้นทางการเรียนที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพกับผู้เรียนมากที่สุด

2.5.6 การทำงานของสกอร์ม

เมื่อนำวัตถุการเรียนรู้ที่ได้มาตรฐานสกอร์มไปเก็บไว้ในระบบจัดการการเรียนรู้ที่รองรับมาตรฐานสกอร์ม ในขณะที่ผู้เรียนเริ่มต้นการเรียนโดยการเลือกวัตถุการเรียนรู้นั้น ระบบจัดการการเรียนรู้จะเปิดแฟ้มเพื่อเข้าไปอ่านแฟ้ม manifest ชื่อ imsmanifest.xml ซึ่งข้อมูลในแฟ้มนี้จะบอกว่าข้อมูลต่าง ๆ ที่ประกอบกันเป็นวัตถุการเรียนรู้นั้นเก็บอยู่ที่ใดในระบบ จากนั้นจะมีการใช้คำสั่งให้มีการเริ่มต้นเรียน ดังภาพที่ 7

การเริ่มต้นเรียนจะเริ่มจากการที่เอสซีโอใช้คำสั่ง LMSInitialize เพื่อปล่อยหน้าเรียนหน้าแรกจากระบบจัดการการเรียนรู้ไปยังผู้เรียนจากนั้นเอสซีโอจะเริ่มสื่อสารเรื่องเวลาเรียน คะแนน และข้อมูลอื่น ๆ ไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ตามกลไกซอฟต์แวร์ที่ฝังอยู่ในเอสซีโอ โดยเรียกคำสั่งใน เอพีไอ และเมื่อจบการใช้งาน เอสซีโอจะต้องส่งคำสั่ง LMSFinish ให้ระบบจัดการการเรียนรู้รู้ว่าเรียนจบเอสซีโอนั้นแล้ว



ภาพที่ 7 การทำงานของ Runtime (สุชาย ธนวเสถียรและอมรวรรณ ลิ้มสมมุติ, 2549: 46)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป็นส่วนที่จำเป็นสำหรับประสบการณ์ในการเรียน (National Instrument Corporation, 2002: 2)โดยเฉพาะด้านวิศวกรรมศาสตร์ จำเป็นต้องมีความรู้ทางทฤษฎีและทักษะในการทดลองจริง ผู้เรียนจึงต้องการประสบการณ์ที่ได้จากการฝึกฝน เพราะฉะนั้นการมอบหมายงานให้ผู้เรียนให้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองจึงมีมากกว่าร้อยละ 20 ของงานทั้งหมด แต่ในขณะเดียวกันแต่ละมหาวิทยาลัยมีงบประมาณและบุคลากรไม่เพียงพอกับผู้เรียน การแบ่งปันทรัพยากรทางการเรียน ด้วยการทดลองทางไกลจึงเป็นหนทางแก้ปัญหาที่ดี Taboy (2006: 30-35) อีกทั้งการพัฒนาทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มีส่วนช่วยให้การปฏิบัติการทดลองเปลี่ยนแปลงรูปแบบจากเดิมที่ปฏิบัติการในห้องทดลอง พัฒนาเป็นการทดลองรูปแบบใหม่หลายแบบ

Tuttas and Wagner (2001: 353-358) ได้แบ่งรูปแบบการปฏิบัติการทดลองดังนี้

การทดลองในห้องทดลอง (local labs) คือการทดลองแบบดั้งเดิมที่นักศึกษาจะต้องทำปฏิบัติการทดลองในห้องทดลองของสถานศึกษา ใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องทดลองร่วมกับเพื่อนในกลุ่มโดยมีพนักงานห้องทดลองและอาจารย์ประจำวิชาเป็นผู้ดูแล การปฏิบัติการในห้องทดลองสำหรับวิชาในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมักจะรวมเอาภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเข้าด้วยกัน ความรู้สึกของนักศึกษาที่ได้ปฏิบัติการในห้องทดลองไม่สามารถพบได้ในการทดลองแบบเสมือนจริง(simulations) หรือการทดลองทางไกล (remote access laboratories) การปฏิบัติการทดลองในห้องทดลองจริงยังเป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับการทดลองเบื้องต้นสำหรับนักศึกษาที่เริ่มศึกษาการใช้เครื่องมือต่าง ๆ

การปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (virtual labs) คือการใช้ซอฟต์แวร์จำลองเลียนแบบอุปกรณ์การทดลองจริง เช่น เครื่องมือวัด ต่าง ๆ หรือจำลองสถานการณ์จริงเพื่อใช้สำหรับการทดลอง เช่น การจำลองระบบเศรษฐกิจเพื่อใช้สอนวิชาเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น การสร้างการเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์ (computer animation) และการจำลองเหตุการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จะสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนและผู้เรียนได้ดีในการเรียนด้วยตนเอง ที่บ้าน หรือสถานที่ที่ผู้เรียนต้องการ

การสร้างปฏิบัติการทดลองแบบนี้มีราคาแพงและใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก เพื่อที่จะให้เหตุการณ์ต่าง ๆ สมจริง โดยเฉพาะการทดลองทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีค่าตัวแปรต่าง ๆ จำนวนมาก และการคำนวณที่ซับซ้อน ซึ่งหากปฏิบัติการทดลองที่สร้างขึ้นมาไม่สามารถคำนวณฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์หรือกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ได้เหมือนจริง การจำลองจะทำได้เพียงแค่การแสดงข้อมูลทั่วไปเท่านั้น

การปฏิบัติการทดลองออนไลน์ (online labs) การปฏิบัติการทดลองออนไลน์ เป็นการนำเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย เช่น อินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต มาใช้ร่วมกับเครื่องมือปฏิบัติการทดลองจริง การปฏิบัติการทดลองแบบนี้เป็นการผสมผสานระหว่างความรู้สึกในการปฏิบัติการทดลองจริงและความยืดหยุ่นเรื่องสถานที่เรียนของการปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

Zorica, Machotka and Nafalski (2003: 365-370) เปรียบเทียบข้อได้เปรียบและเสียเปรียบระหว่างการปฏิบัติการทดลองจริง (real laboratory) การปฏิบัติการทดลองเสมือน(virtual laboratory) และการปฏิบัติการทดลองทางไกล (remote laboratories) พบว่าการปฏิบัติการแต่ละแบบ มีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

จากข้อได้เปรียบของการทดลองทั้ง 3 แบบ เมื่อนำมารวมกันเพื่อออกแบบระบบการทดลองแบบผสม จะมีผลดีกับผู้เรียนที่จะสามารถเรียนได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ มีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์การทดลองจริง ได้ข้อมูลจริง มีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ ผู้จัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมศาสตร์จึงนำข้อเด่นเหล่านี้มาออกแบบระบบเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีความประหยัดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่การที่จะให้ผู้เรียนได้สร้างประสบการณ์ด้วยตนเอง ได้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่ได้พบ จึงทำให้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการแบบผสมผสานเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบข้อได้เปรียบและเสียเปรียบระหว่างการปฏิบัติการทดลองจริง การปฏิบัติการทดลองเสมือน และการปฏิบัติการทดลองทางไกล

ชนิดของการทดลอง	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
การทดลองจริง	-ได้ข้อมูลจริง - มีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์ทดลองจริง -เป็นการทำงานแบบร่วมมือ - มีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนโดยตรง	- มีข้อจำกัดเรื่องเวลา - ต้องจัดตารางการใช้ห้อง ปฏิบัติการ - เครื่องมือค่าใช้จ่ายสูง - ต้องมีควบคุมการทดลอง
การทดลองเสมือน	- ดีสำหรับการอธิบายกรอบแนวคิด - ไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ - ปฏิสัมพันธ์กับสื่อ - ค่าใช้จ่ายต่ำ	- ข้อมูลเป็นแบบเสมือน - ไม่มีการทำงานแบบร่วมมือ - ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องมือจริง
การทดลองทางไกล	- มีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์ทดลองจริง -ได้ข้อมูลจริง -ไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ - ค่าใช้จ่ายปานกลาง	- มีเฉพาะการนำเสนอแบบเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการ

งานวิจัยด้านการเรียนปฏิบัติการแบบเสมือนจริงมีการวิจัยแตกต่างกันตามเทคโนโลยีที่เลือกใช้ เช่น การออกแบบซอฟต์แวร์การทดลองบนอินเทอร์เน็ต ด้วยภาษาจาวาและ action scriptที่มีการกำหนดวิธีการทดลองให้ผู้เรียน โดยผู้เรียนเพียงกำหนดตัวแปรการทดลอง และอ่านผลการทดลองจากบราวเซอร์ที่ใช้ โดยมีการทดลองกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์และการสอนปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้า (Karweit, 2000) หลังจากนั้นจึงมีการพัฒนาให้การเรียนปฏิบัติการแบบเสมือนจริง สามารถต่อเชื่อมกับอุปกรณ์การทดลองจริง ด้วยการส่งค่าตัวแปรไปยังคอมพิวเตอร์ที่ห้องปฏิบัติการซึ่งเชื่อมอยู่กับอุปกรณ์ทดลอง แล้วส่งผลการทดลองกลับมายังผู้ใช้ (Tomov, 2008: 171-175)

ผลการวิจัยวิธีนี้พบว่าผู้เรียนจะไม่ได้ติดต่อควบคุมอุปกรณ์การทดลองโดยตรง เพียงแต่กรอกตัวแปรสำหรับการทดลองลงในซอฟต์แวร์ผ่านอินเทอร์เน็ต คอมพิวเตอร์ฝั่งห้องปฏิบัติการจะเป็นผู้ติดต่อกับเครื่องมือทดลองโดยตรง ต้องกำหนดการทดลองที่ห้องปฏิบัติการไว้ล่วงหน้า และต้องมีเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคอยควบคุมเครื่องมือทดลอง

งานวิจัยด้านการเรียนนอกห้องปฏิบัติการแบบทางไกล เริ่มต้นจากการควบคุมอุปกรณ์ด้วยเทคโนโลยีการควบคุมทางไกล เช่นการใช้ remote desktop ที่มีอยู่ในระบบปฏิบัติการวินโดวส์ จากนั้นมีการจัดทำระบบที่ผู้เรียนสามารถกำหนดค่าของตัวแปรการทดลองได้จากโปรแกรมบน

เครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้เรียน และโปรแกรมในเครื่องจะส่งค่าตัวแปรไปสั่งให้เครื่องมือที่อยู่ในห้องปฏิบัติการทำการทดลอง (Gomes, Coito, Costa and Palma, 2007, pp. 189-204) วิธีนี้มักจะเขียนโปรแกรม ควบคุมจากซอฟแวร์ labview เช่นการทดลองของ Aktan, Bohus, Crowl and Shor (1996: 95-100) และ Tuttas and Wagner (2002).

จากการวิจัยวิธีนี้พบว่าเป็นการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ติดต่อกับอุปกรณ์ทดลอง (Ko et al. 2000: 69-76) โดยอาศัยความสามารถของโปรแกรม labview ที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ฝั่งห้องปฏิบัติการได้ ในขณะเดียวกันโปรแกรม labview ก็สามารถสร้างซอฟแวร์การทดลองแบบเสมือนจริงเพื่อติดต่อกับฝั่งห้องปฏิบัติการได้ในขณะเดียวกัน (National Instrument Corporation, 2002: 6) และวิธีนี้ผู้เรียนไม่สามารถสัมผัสเครื่องมือทดลองได้โดยตรง แต่มีประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนที่มีการจัดตารางเวลาเรียนกับอุปกรณ์การทดลองราคาสูงได้

การนำวิธีการทดลองแบบเสมือนจริงมาผนวกกับการเรียนแบบทางไกล เริ่มต้นโดย Ko et al. (2000: 69-76) ซึ่งได้สร้างห้องทดลองต้นแบบแบบเสมือนบนอินเทอร์เน็ต ชื่อ VLAB สำหรับใช้กับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ที่มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ จำนวน 1,000 คน โดยจำลองเครื่องวัด oscilloscope เพื่อใช้แสดงผลการทดลองซึ่งได้รับผลตอบรับในทางบวกจากผู้ใช้

อย่างไรก็ตามการวิจัยดังกล่าวจะเน้นให้ผู้เรียนเข้าทำการควบคุมเครื่องมือทดลองจากนอกห้องปฏิบัติการ โดยเครื่องมือการทดลองยังอยู่ในห้องปฏิบัติการ และชมผลการทดลองบนบราวเซอร์ผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งถือว่าเป็นการผสมผสานหลักการระหว่างการทดลองทางไกลกับการทดลองแบบเสมือนจริง ส่วนการวิจัยที่ใช้อุปกรณ์ทดลองอยู่ที่ฝั่งผู้เรียนวิจัยโดย Gregory Tait และ Nathan Chao ในปี 2003

Tait and Chao (2003). ได้ทำการวิจัยเพื่อหาการเรียนปฏิบัติการทดลองทางไกลรูปแบบใหม่ โดยการนำการเรียนการสอนบนเว็บซึ่งผสมผสานระหว่างการเรียนการสอนบนเว็บ ระบบช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์กับวีดิทัศน์และเสียง ถาม-ตอบออนไลน์ และการรายงานผลการปฏิบัติการ มาผสมกับการปฏิบัติการทดลองด้วยตัวผู้เรียนเอง (hands-on) เพื่อสร้างหลักสูตรการเรียนสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีแรก พบว่า

- การเรียนด้วยตนเองนอกห้องปฏิบัติการปกติ เปรียบเทียบกับการเรียนในห้องปฏิบัติการ 3 ชั่วโมงเรียน ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจบทเรียน

- การใช้รูปแบบการรายงานผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพและเครื่องมือในการเรียนที่ดี จะได้รายงานผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพ

- ผู้เรียนมีประสบการณ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น จากระบบรับข้อมูล และอุปกรณ์ eLAB

ในประเทศไทยได้มีการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการใช้ชุดทดลองกับการเรียนปกติในห้องปฏิบัติการ พบว่าการเรียนด้วยการใช้ชุดทดลองร่วมกับใบงานทดลองมีผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนสูงกว่าการเรียนปกติในห้องปฏิบัติการ และผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนด้วยใบงานทดลองร่วมกับชุดทดลองในระดับดีมาก (พิเชฐ เลี้ยงฤทัย, 2548: 86)

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น “ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม” ได้นำหลักการปฏิบัติการทดลองด้วยตัวผู้เรียนเอง การเรียนการสอนบนเว็บ ระบบช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์กับวีดิทัศน์และเสียง ถาม-ตอบออนไลน์ และการรายงานผลการปฏิบัติการ มาเพิ่มประสิทธิภาพในการรายงานผลสำหรับผู้สอนไปยังระบบจัดการเรียนการรู้และเพิ่มประสิทธิภาพในการแบ่งปันบทเรียนข้ามระบบตามมาตรฐานสกอร์ม

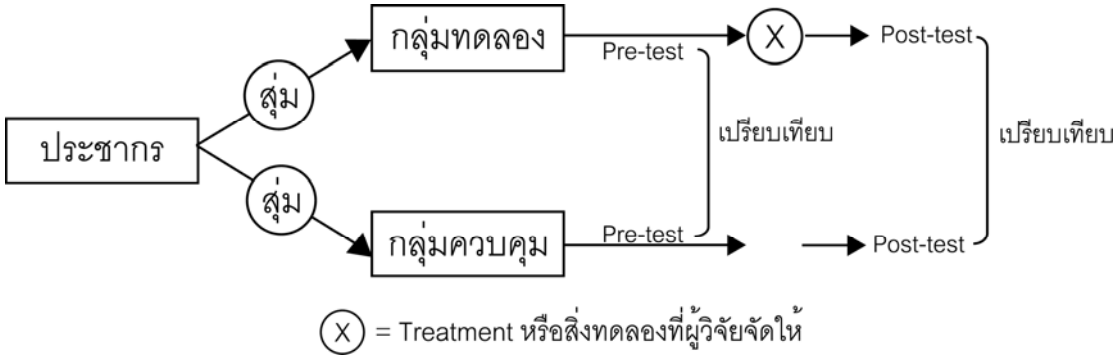
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอระเบียบวิธีวิจัย (research methodology) ประชากร กลุ่มตัวอย่างและสถานที่ที่ทำการวิจัย (population, samplings and location of research) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย(instrument) การสร้างเครื่องมือ (construction of the instrument) การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยพัฒนา ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ การเรียนด้วยระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์ม

ตัวแปรตามคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้



ภาพที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย

กระบวนการวิจัยทำการพัฒนาระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ สำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประกอบด้วยเนื้อหา 5 เรื่องได้แก่ 1) การอ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าจากรหัสสีและจากเครื่องมือวัด 2) การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 3) การวัดกระแสในวงจรความต้านทานกระแสตรง 4) กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ 5) กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ โดยมีกระบวนการ 6 ขั้นตอน คือ 1) การออกแบบและพัฒนาระบบ 2) การทดสอบระบบ 3) การกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 4) การทำการทดลอง 5) การรวบรวมข้อมูล 6) การวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

3.1.1 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ระบบแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลวงจรเชื่อมต่อเพื่อใช้งานระหว่างการปฏิบัติการทดลองกับเครื่องคอมพิวเตอร์ มาตรฐานของการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของมาตรฐานต่าง ๆ มาตรฐานและข้อกำหนดของสกอร์ม 2004 เช่น content packaging, SCORM runtime environment, sequencing and navigation ศึกษาการทำงานของระบบ LMS ในส่วนของการเก็บข้อมูล การติดต่อกับวัตถุการเรียนรู้และการติดต่อกับผู้เรียน ดังข้อมูลที่ปรากฏในบทที่ 2

ศึกษาวัตถุประสงค์และเป้าหมายทางการเรียนที่กำหนดไว้ในคู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 จากนั้นจัดการทดลองในแต่ละการทดลองให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ตรงตามวัตถุประสงค์ ดังตารางที่ 2 ซึ่งสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้โดยใช้แบบวัดที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนกับการทดลอง

จุดประสงค์ที่	จุดประสงค์	การทดลอง
1	สามารถเข้าใจความหมายของสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าได้	การอ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าจากรหัสสี และจากเครื่องมือวัด
2	สามารถใช้งานเครื่องมือวัดพื้นฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง	การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง การวัดกระแสในวงจรความต้านทานกระแส ตรง
3	สามารถหาความสัมพันธ์ของผลรวมของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดต่าง ๆ และแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ สามารถพิสูจน์สูตรความสัมพันธ์ของกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) จากผลการทดลองได้	กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
4	สามารถหาความสัมพันธ์ของผลรวมของกระแสที่ไหลเข้าและไหลออกจากโหนดต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าได้ สามารถพิสูจน์สูตรความสัมพันธ์ของกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จากผลการทดลองได้	กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

ออกแบบและพัฒนาระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ ประกอบด้วยอุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital

Converter – A/D) ซึ่งเชื่อมต่อชุดทดลอง (experiment kit) กับคอมพิวเตอร์ของผู้เรียน และซอฟแวร์ประมวลผลค่าที่ได้จากการทดลองพัฒนาโดยภาษา visual basic เชื่อมต่อกับระบบจัดการการเรียนรู้โดยใช้ชุดซอฟแวร์ Moodle

บทเรียนในลักษณะวัตถุการเรียนรู้ พัฒนาโดยใช้เนื้อหาเดิมจากบทเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยใช้ภาษา HTML Java Script Visual Basic และโปรแกรมสนับสนุนอื่น ๆ ให้บทเรียนทำงานในลักษณะของมัลติมีเดีย ที่อยู่ภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยเน้นการนำเสนอบทเรียนให้มีการปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนตลอดเวลา

ออกแบบแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและหลักสูตร โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนปฏิบัติการรวมทั้งหมด 3 คน พิจารณาความเหมาะสมของแบบวัด หลังจากนั้นสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (unstructured interview) แล้วนำข้อเสนอแนะไปแก้ไขปรับปรุงแบบวัดให้มีความสมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปเก็บข้อมูล

3.1.2 การทดสอบระบบ

ทำการทดลองใช้ระบบขั้นต้น โดยการเชื่อมต่อชุดทดลองเข้ากับกล่องแปลงสัญญาณ เนื้อหาการทดลอง และตารางการทดลองที่อยู่บนระบบจัดการการเรียนรู้ เพื่อหาข้อบกพร่องหรือปัญหาที่เกิดขึ้นของบทเรียน การทดลอง และการทำงานร่วมกันทั้งระบบ ดำเนินการทดลองขั้นต้นโดยผู้วิจัยและที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ หลังจากนั้นจึงทำการแก้ไขให้ระบบมีความสมบูรณ์

การทดสอบแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระทำโดยนำแบบวัดไปทดสอบกับนักศึกษาที่ผ่านการเรียนรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน เพื่อการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (level of difficulty) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543: 129-130) ค่าอำนาจจำแนก (discrimination) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร KR-20 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543: 123) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ Simple Items Analysis (SIA) ซึ่งเขียนโดย ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ(ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ, 2552) เพื่อให้ได้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีค่าความเชื่อมั่นไม่เกิน 1 มีค่า IOC ระดับดี คือตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป มีค่าระดับความยากง่าย (p) ระหว่าง .20 - .80 และระดับค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ก่อนนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนกับประชากรกลุ่มเป้าหมาย

3.1.3 การกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ทำการคัดเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่างจากประชากร โดยกลุ่มประชากรเป็นนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ผ่านการเรียนวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (429296

ELECTRICAL ENGINEERING I) และลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (429298 ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY) ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 294 คน จับสลากแบบไม่ใส่คืนเพื่อคัดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 คน

3.1.4 การทำการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 สำหรับขึ้นตอนการทดลองจะเป็นไปตามแบบแผนการทดลองแบบ pretest posttest control group design ดังนี้

1. แบ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 คน เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง 38 คนและกลุ่มควบคุม 38 คน ด้วยวิธีจับสลาก
2. ให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน
3. ให้กลุ่มทดลองศึกษาบทเรียนและทำการทดลองด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น
4. ให้กลุ่มควบคุมเข้าเรียนในห้องปฏิบัติการปกติ ตามหลักสูตร
5. หลังจากเสร็จสิ้นการเรียนปฏิบัติการ 5 การทดลอง ให้ทั้งสองกลุ่มทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน และเขียนรายงานการทดลองทั้ง 5 การทดลอง
6. นำผลคะแนนที่ได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ไปวิเคราะห์ผลเพื่อทดสอบสมมุติฐาน
7. อาจารย์ผู้สอนตรวจคะแนนการเขียนรายงานการทดลองทั้ง 5 การทดลอง

3.1.5 การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากการวัด 2 ข้อมูลคือ

1. ข้อมูลประสิทธิภาพของระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ ประกอบด้วยค่าความสามารถในการวัดกระแสในวงจร และความสามารถในการส่งผลการเรียนไปยังระบบจัดการการเรียนรู้
2. ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเลือกสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการ

ทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test แบบ independent sample)

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบ แล้วนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเปรียบเทียบก่อนและหลังใช้ระบบที่สร้างขึ้น ดังนี้

3.2.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ผ่านการเรียนวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (429296 Electrical Engineering I) และลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (429298 Electrical Engineering Laboratory) ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการ ศึกษา 2552 จำนวน 294 คน

3.2.2 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีของ Taro Yamane (Yamane, 1967: 398) โดยมีสูตรดังนี้

$n = N/1+Ne^2$

เมื่อ

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ค่าความคลาดเคลื่อน

เมื่อกำหนดความเชื่อมั่นในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างไว้ที่ร้อยละ 90 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (e) อยู่ที่ร้อยละ 10 จำนวนประชากร (N) 294 คน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n) จะเท่ากับ

$$n = 294/1+294 \times .10^2$$
$$= 294/3.94$$
$$= 74.6$$

3.2.3 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาจำนวน 76 คน ที่ได้จากการสุ่มประชากร 294 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับสลากแบบไม่ใส่คืน (ระพินทร์ โพธิ์ศรี, 2549: 42)

3.2.4 สถานที่ทำการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ระบบที่พัฒนาประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ ระบบนี้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- กล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล
- ชุดอุปกรณ์การทดลองเบื้องต้น เช่น ตัวต้านทานขนาดต่าง ๆ โพเทนชิออมิเตอร์ สายไฟเชื่อมต่อ มีดตัดสายไฟ
- วัตถุการเรียนรู้เพื่อแสดงผลที่อ่านได้จากวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เก็บลงตารางการทดลอง และส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้
- ระบบจัดการการเรียนรู้ระบบใดระบบหนึ่งที่ได้มาตรฐานสกอร์ม

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ประกอบด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน (pretest) จำนวน 12 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียน (posttest) จำนวน 12 ข้อ โดยใช้แบบทดสอบเดิมสลับคำตอบ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ผู้เรียนจะเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

3. รายงานผลการทดลอง

เป็นการเขียนรายงานผลการทดลองแบบอัตนัย จำนวน 5 ครั้ง หลังเรียนปฏิบัติการทั้ง 5 การทดลอง

3.4 การสร้างเครื่องมือ

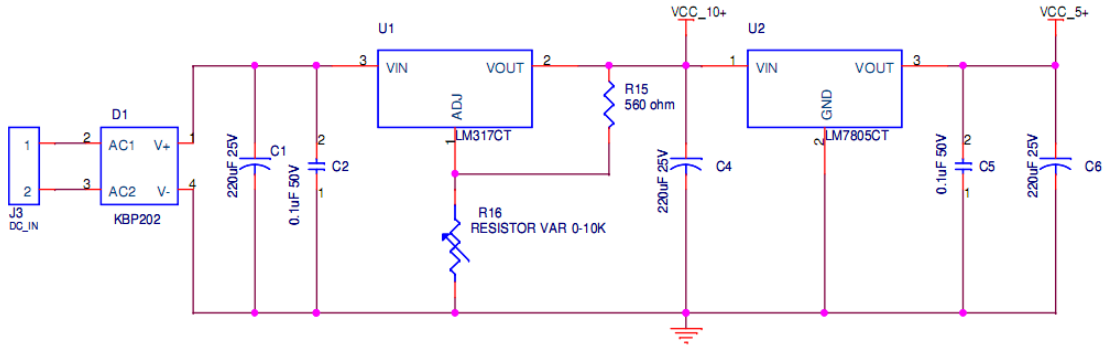
3.4.1 การออกแบบกล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

กล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ออกแบบโดยการประสานการทำงานระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นฮาร์ดแวร์ อาทิ ตัวต้านทาน ไมโครโปรเซสเซอร์ ตัวแปลงสัญญาณ แอนะล็อกเป็นดิจิทัล และซอฟต์แวร์ที่เขียนขึ้นเพื่อสั่งการให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำงาน การออกแบบประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ ภาคจ่ายไฟให้กับชุดทดลอง ภาคการวัดกระแสไฟฟ้า ภาคการวัดแรงดันไฟฟ้า ภาคไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และภาคการติดต่อกับ USB

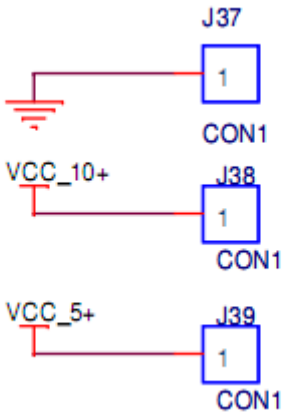
1. ภาคจ่ายไฟให้กับชุดทดลอง

ในการปฏิบัติการทดลองที่มีการต่อวงจรไฟฟ้า จำเป็นต้องมีการจ่ายไฟให้กับบอร์ดทดลอง โดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้กล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล สามารถจ่ายไฟแรงดัน 5 โวลต์ และ 10 โวลท์ ให้กับบอร์ดทดลอง โดยผู้ทดลองสามารถโยกสวิทช์เพื่อเลือกแรงดันไฟฟ้าได้ ภาคจ่ายไฟดังภาพที่ 9 ประกอบด้วย การรับแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้าสูงสุด 1 แอมป์

จากหม้อแปลงภายนอก (J3) ผ่านตัวต้านทาน เพื่อกรองไฟ C-Filter (C1 และ C2) โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ระหว่าง 0-10 K (R16) เป็นตัวปรับแรงดันไฟให้เหลือ 10 โวลต์ และ 5 โวลต์ตามลำดับ จากนั้นจะผ่านวงจรรวม (Integrated Circuit - IC) คงค่าแรงดัน (U1 และ U2) เพื่อรักษาระดับแรงดันให้สม่ำเสมอ ก่อนจ่ายไฟไปที่สวิทช์เลือก (J37-J39)ในภาพที่ 10



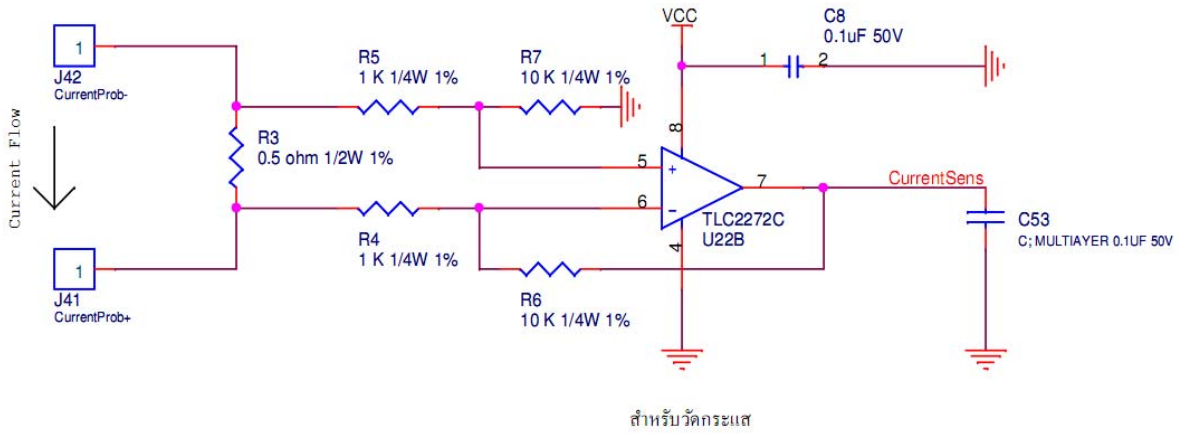
ภาพที่ 9 ภาคจ่ายไฟให้กับชุดทดลอง



ภาพที่ 10 สวิทช์เลือกแรงดันไฟที่จ่ายให้กับบอร์ดทดลอง

2. ภาคการวัดกระแส

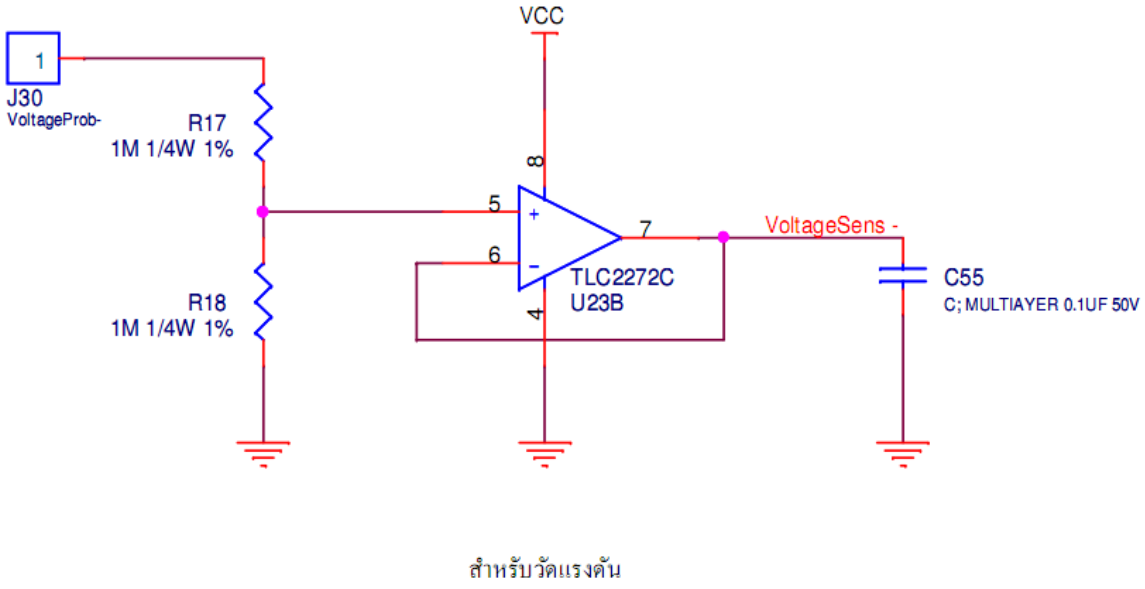
ดังภาพที่ 11 การวัดกระแสสำหรับกล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลออกแบบโดยประยุกต์ใช้วงจรขยายเชิงดำเนินการ หรือ ออปแอมป์ (Operation Amplifier -Op-Amp) ชนิดวงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier) ที่มีสายวัด 1 สายออกจากกล่อง สายวัดนี้ประกอบด้วยขั้วบวก (J41) และขั้วลบ (J42) นำกระแสมาผ่านตัวต้านทาน (R3) เพื่อให้ได้แรงดันจากนั้นนำมาผ่าน วงจรขยายผลต่างและส่งสัญญาณ currentsens ไปต่อเข้ากับขาที่ 1 และ 2 ของชิปแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล



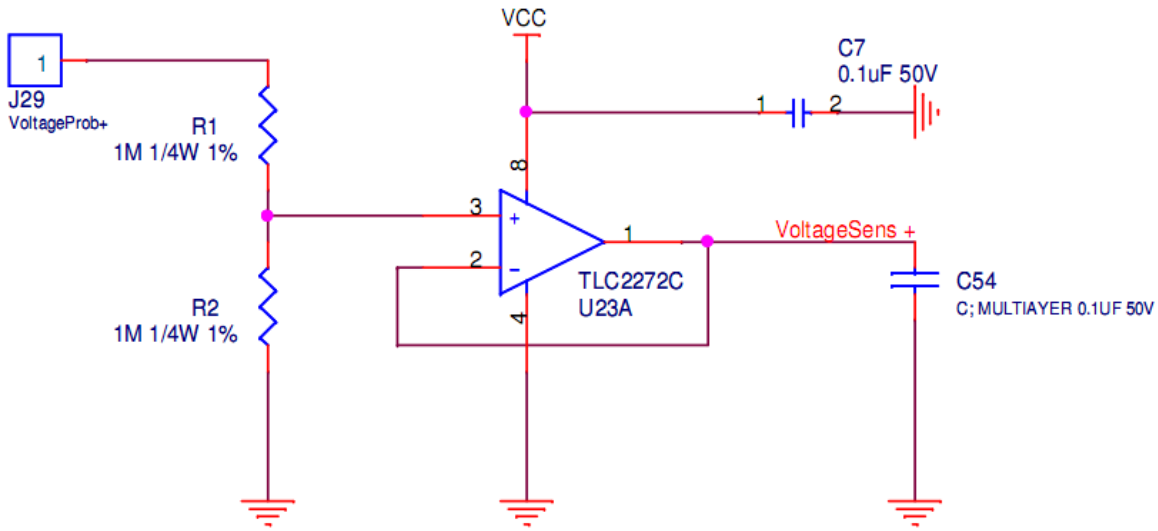
ภาพที่ 11 วงจรภาคการวัดกระแส

3. ภาคการวัดแรงดัน

ดังภาพที่ 12 และภาพที่ 13 แสดงภาควัดแรงดัน 2 ชุด ซึ่งเป็นสายวัดสัญญาณ 1 สาย ขั้วบวก (J29) ขั้วลบ (J30) รับสัญญาณเข้าวงจรแบ่งแรงดัน (voltage divider) R1 R2 R17 และ R18 และวงจรขยายสัญญาณแบบตามแรงดัน (voltage follower) U23A และ U23B ซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับ 1 (gain=1) และส่งค่าที่วัดได้ VoltageSense ไปยังขาที่ 3-6 ของชิปแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล



ภาพที่ 12 วงจรภาคการวัดแรงดันขั้วลบ

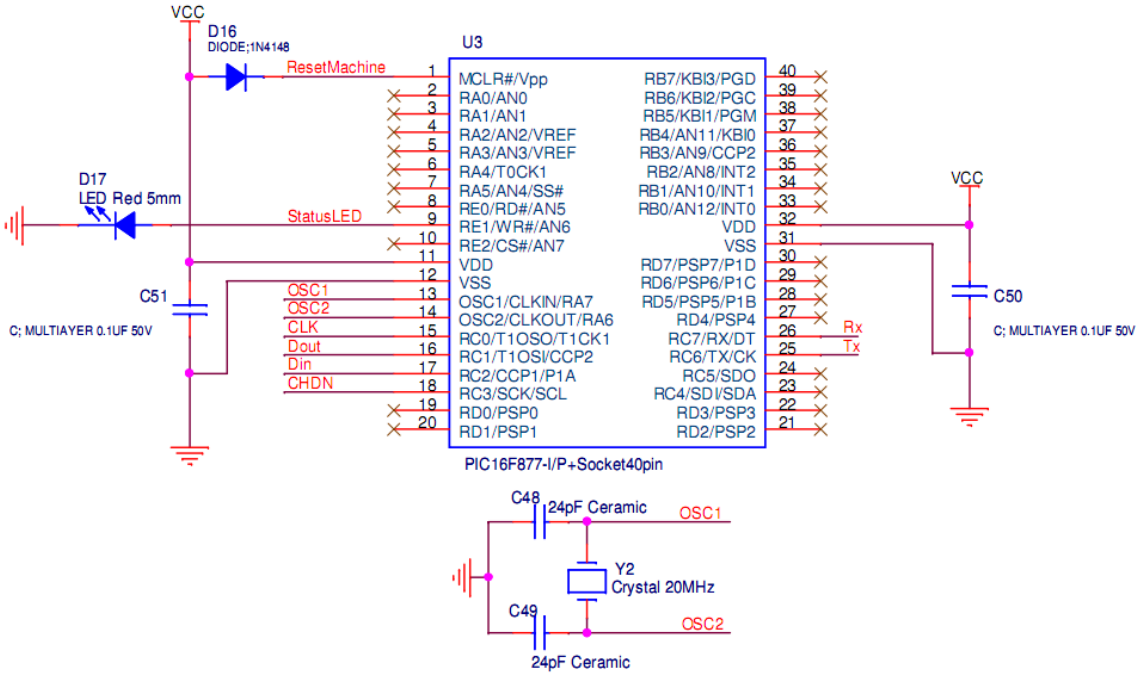


ภาพที่ 13 วงจรภาคการวัดแรงดันขั้วบวก

4. ภาคไมโครโปรเซสเซอร์

ก่อนใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ชนิด PIC16F877 จะต้องมีการกำหนดสัญญาณนาฬิกา (clock pulse) เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานที่สัญญาณนาฬิกาที่กำหนด โดยการใช้ตัวต้านทานสองตัว (C48,C49) ต่อกับคริสตัล (crystal) 20 เมกะเฮิร์ตแล้วนำสัญญาณที่ได้ส่งไปเข้าขาที่ 13 และ 14 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนขาที่ 1 ต่อวงจรสำหรับการตั้งค่าใหม่ (reset) และขาที่ 9 แสดงไฟสัญญาณการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การส่งสัญญาณการประมวลผล Rx ที่ขา 26 และ Tx ที่ขา 25 ถูกส่งต่อไปยังบอร์ดแปลงสัญญาณ RS232 เป็น USB

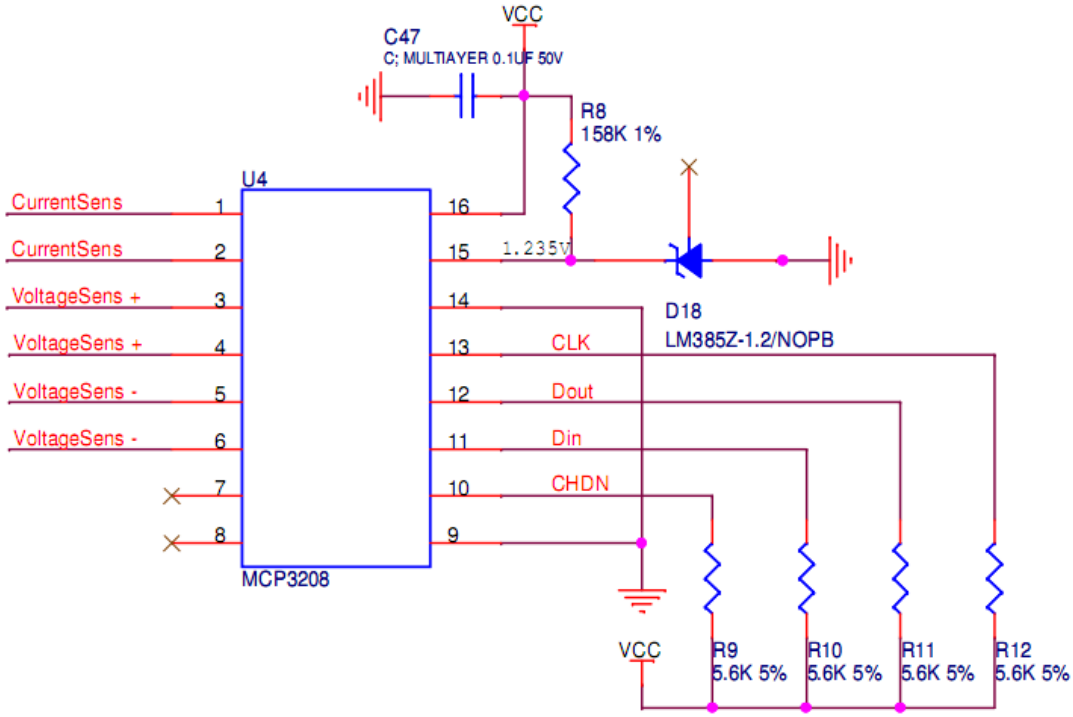
สัญญาณจากขาที่ 15-18 ได้แก่ ขาสัญญาณออสซิลเลเตอร์เอาต์พุต และขาอินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 1 (CLK), ขาสัญญาณอินพุตออสซิลเลเตอร์ไทม์เมอร์ 1และขาสัญญาณ Capture 2 input/Compare 2 output /PWM2 output (Dout), ขาสัญญาณ Capture 1 input/Compare 1 output/ PWM1 output (Din) และขาสัญญาณอินพุตสัญญาณนาฬิกาในการสื่อสาร Synchronous, ขาสัญญาณนาฬิกาในโหมด I^2C และ SPI (CHDN) จะต่อเข้ากับชิปแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ที่ขา 13 12 11 และ 10 ตามลำดับ



ภาพที่ 14 วงจรภาคไมโครโปรเซสเซอร์

5. ภาคแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

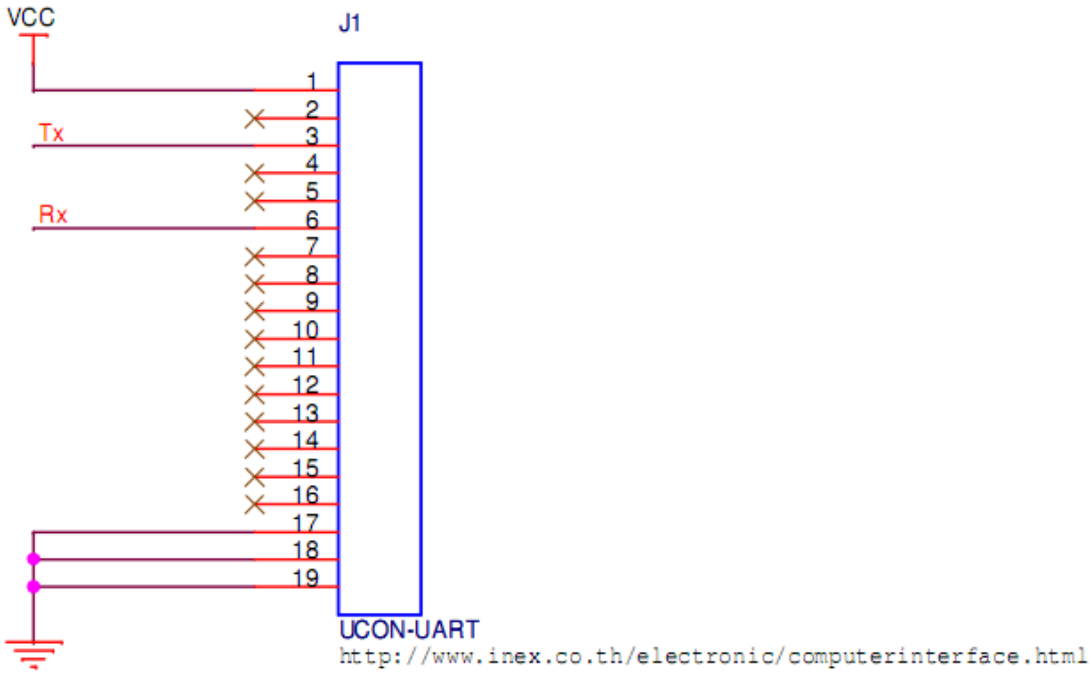
ภายในไมโครโปรเซสเซอร์ PIC16F877 มีความละเอียดในการแปลงแอนะล็อกเป็น ดิจิทัล ขนาด 10 บิท ซึ่งสามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่ง แต่การใช้ชิป MCP3208 จะทำให้มีความละเอียดในการแปลงเพิ่มขึ้นเป็น 12 บิท 8 ช่องสัญญาณสามารถติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยขาสัญญาณเพียง 4 เส้น (ขาที่ 10 – 13) โดยจะทำการต่อตัวต้านทานขนาด 158K เพื่อคงค่าแรงดันอ้างอิงที่ 1.235 โวลต์ (R8)



ภาพที่ 15 วงจรภาคแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

6. ภาคการติดต่อกับ USB

การติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์และชิปแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล เพื่อรับสัญญาณจากภาคการวัดกระแส ภาคการวัดแรงดัน เป็นการติดต่อด้วยโปรโตคอล RS232 แต่เมื่อต้องการการติดต่อกับวัตถุการเรียนรู้ที่เปิดโปรแกรมรับข้อมูลชนิด Activex ซึ่งเขียนขึ้นด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิก รุ่น 6 ทำงานอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการเชื่อมต่อแบบ USB กล่องแปลงสัญญาณจึงต้องสามารถเชื่อมต่อตามมาตรฐาน USB ได้ ผู้วิจัยได้ใช้วงจรสำเร็จรูป UCON-UART บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด เพื่อรับสัญญาณ RS232 และแปลงเป็นการเชื่อมต่อแบบ USB ดังภาพที่ 16



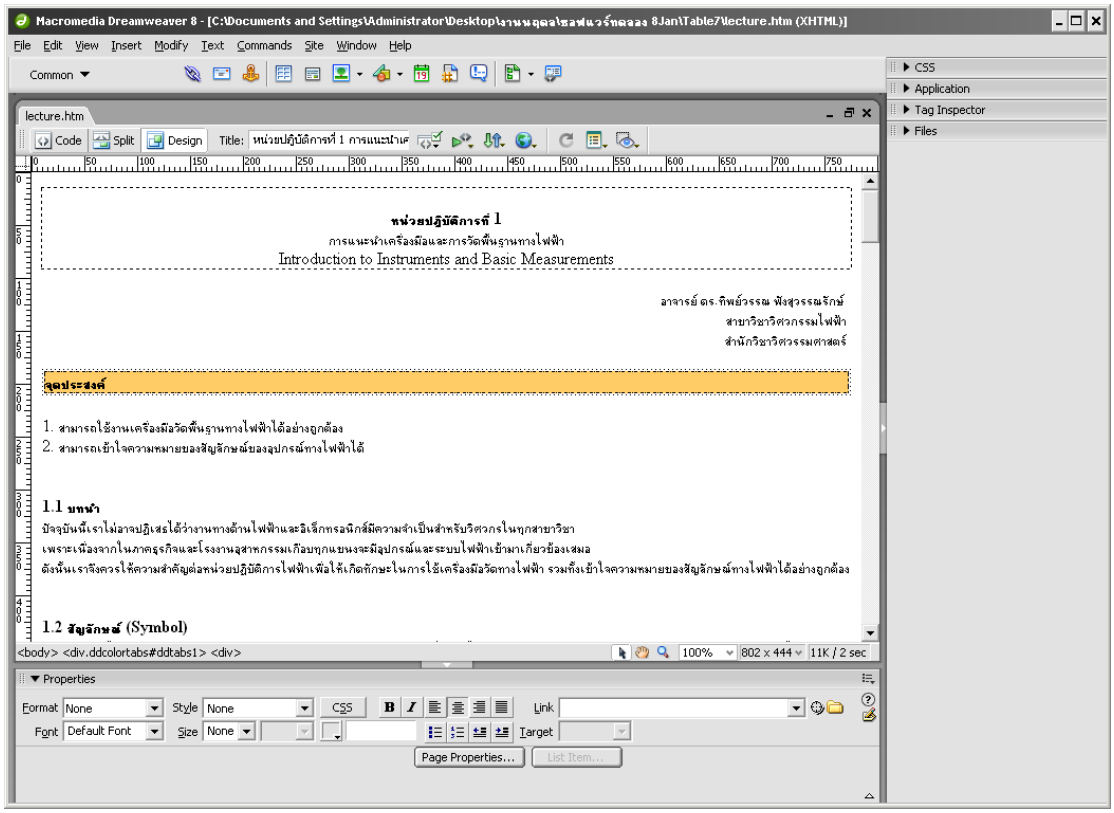
ภาพที่ 16 วงจรภาคการติดต่อกับพอร์ต USB

การทำงานของระบบแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลประกอบด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์รับสัญญาณทางไฟฟ้าและส่วนของซอฟต์แวร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกจากสายวัด 2 สายโดยจะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง สัญญาณจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้วงจรรวมแปลงสัญญาณ A/D เบอร์ MCP3208 ความละเอียด 12 บิต ขนาด 8 ช่องสัญญาณ ของบริษัทไมโครชิป ส่วนการประมวลผลข้อมูลได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ PIC เบอร์PIC16F877 ของบริษัทเดียวกัน ทำหน้าที่ควบคุมการอ่านข้อมูลจากสายวัดสัญญาณผ่านวงจรรวมแปลงสัญญาณ A/D แล้วนำข้อมูลส่งผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้มอดูล USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) ที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านวงจรแปลงสัญญาณจาก RS232 เป็น USB โดยใช้บอร์ดสำเร็จรูป UCON-UART ของบริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด ไปแสดงผลยังซอฟต์แวร์ ActiveX บนบราวเซอร์ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้เรียน ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

3.4.2 การออกแบบวัตถุการเรียนรู้

วัตถุการเรียนรู้ที่สามารถรับสัญญาณจากกล่องแปลงสัญญาณ เพื่อแสดงข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ผ่าน Hypertext Transfer Protocol (HTTP) ได้ ประกอบด้วยเนื้อหาการทดลอง 5 เรื่องจากคู่มือวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีเนื้อหาดังนี้ 1) การอ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าจากรหัสสีและจากเครื่องมือวัด 2) การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 3) การวัดกระแสในวงจรความต้านทานกระแสตรง 4) กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ 5) กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ โดยสร้างจาก Hypertext Markup Language (HTML) ภาพเคลื่อนไหว (flash animation) สร้างจากซอฟต์แวร์ Macromedia Flash และแฟ้มวิดีทัศน์ (Flash Video - FLV) เพื่อให้รายละเอียดของการทดลอง แทนเอกสารคู่มือปฏิบัติการและผู้ช่วยสอนปฏิบัติการ โดยสร้างหน้าเว็บเนื้อหาการทดลองด้วยโปรแกรม Adobe Dreamweaver รุ่น 8 ดังแสดงในภาพที่ 17 โดยใช้เนื้อหาจากคู่มือปฏิบัติการทดลอง

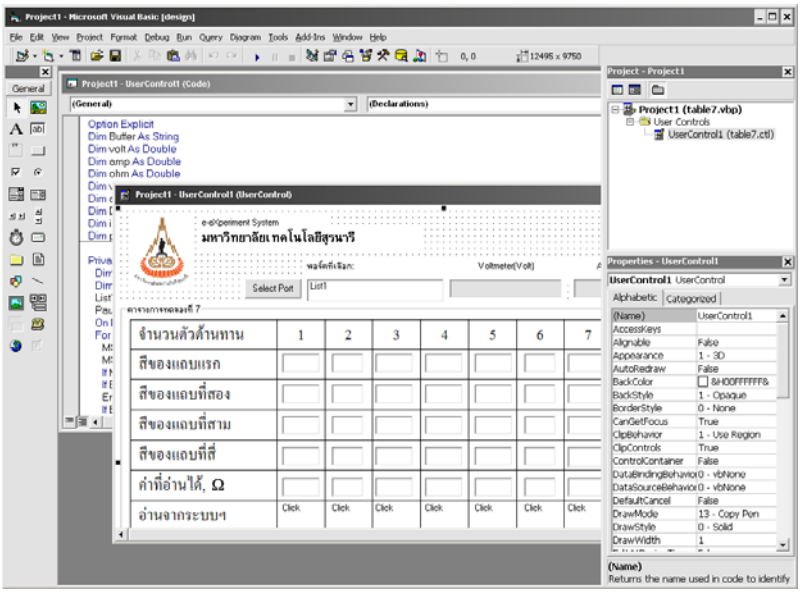


ภาพที่ 17 การสร้างหน้าเนื้อหาการทดลองด้วยโปรแกรม Adobe Dreamweaver รุ่น 8

1. สร้างซอฟต์แวร์แสดงผลและเก็บผลการทดลองที่รับข้อมูลมาจากกล่องแปลงสัญญาณเป็นซอฟต์แวร์แบบ ActiveX ที่ฝังตัวอยู่บนบราวเซอร์ สร้างโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ดังแสดงในภาพที่ 18 ซึ่ง ActiveX จะรวบรวมผลการทดลองทั้งหมดส่งไปยัง LMS โดยเรียกใช้ฟังก์ชันสกอร์ม Application Programming Interface (API) จากสกอร์ม Wrapper ตามมาตรฐานของสกอร์ม 2004 (Advance Distributed Learning, 2005: 35) โดยมีขั้นตอนการ

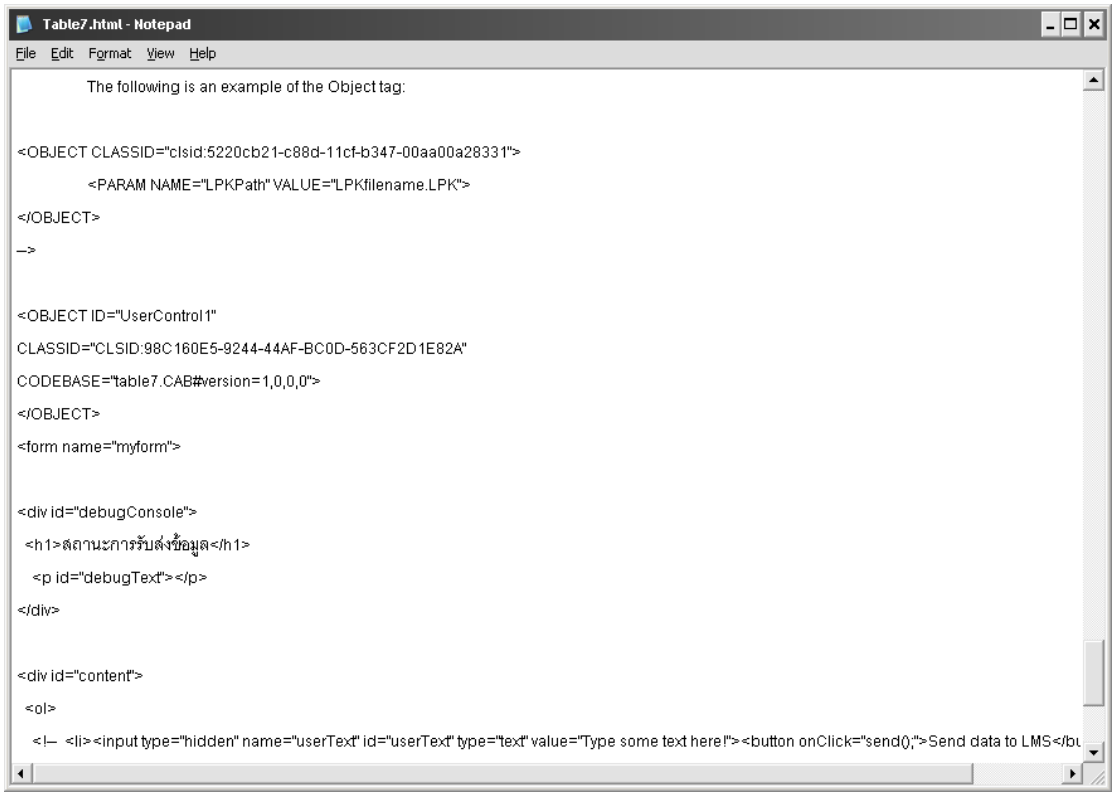
สร้างดังนี้

- สร้างตารางการทดลองแบบ ActiveX ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic รุ่น 6 ตามตัวอย่างโปรแกรมในภาคผนวก ข



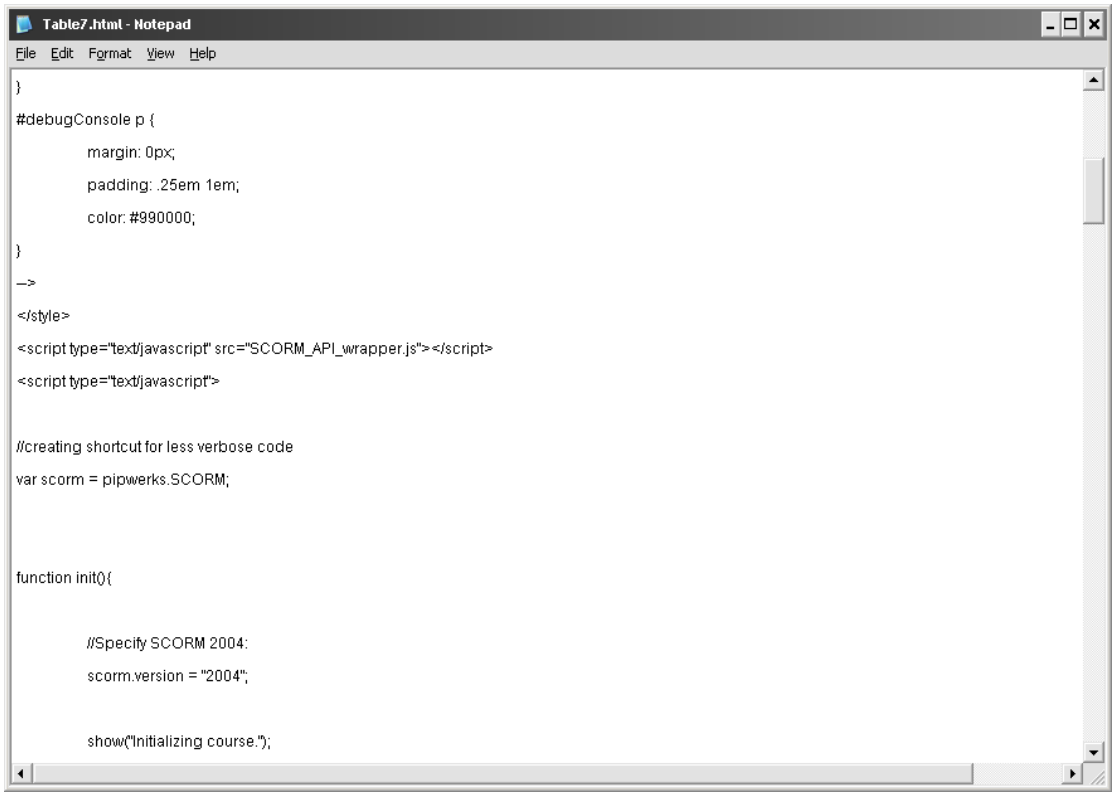
ภาพที่ 18 การสร้างตารางการทดลอง ActiveX ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic รุ่น 6

- นำตารางการทดลองแบบ ActiveX ไปประกอบกับเนื้อหาการทดลองเนื้อหาการทดลองด้วยการแทรกสคริปต์สำหรับเรียกไฟล์ .CAB ซึ่งเป็นแฟ้ม ActiveX ที่สร้างขึ้น เข้าไปยังแฟ้มเนื้อหาการทดลองชนิด HTML ดังแสดงในภาพที่ 19



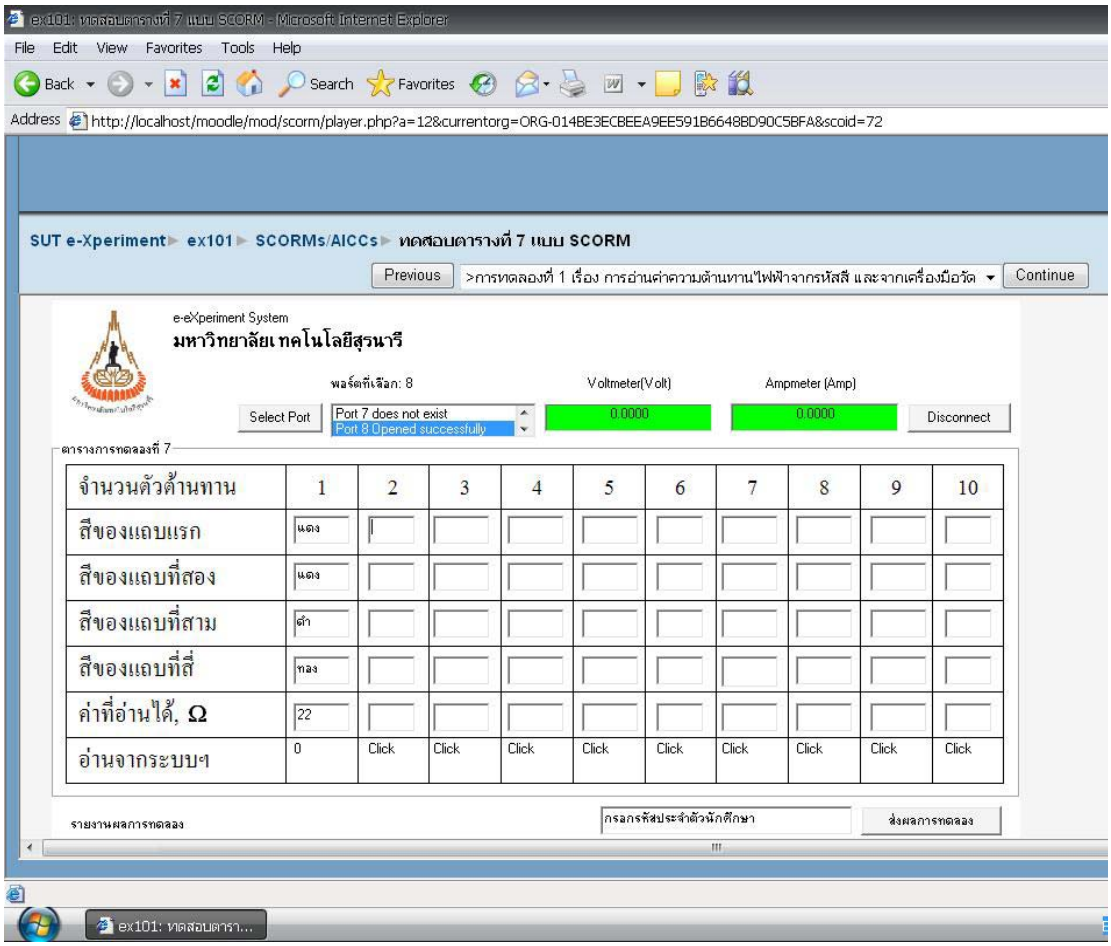
ภาพที่ 19 การประกอบตารางทดลองเข้ากับเนื้อหา ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic รุ่น 6

- การเพิ่มคำสั่งหน้าที่การทำงานของสกอร์มลงไปในไฟล์เนื้อหาการทดลอง โดยเขียนลงในโปรแกรม notepad เป็นไฟล์จาวาสคริปต์ ชื่อ SCORM_API_wrapper.js ดังแสดงในภาพที่ 20 เพื่อให้หน้าเว็บของเนื้อหามีความสามารถในการส่งข้อมูลไปยัง LMS ได้ตามมาตรฐานสกอร์ม (Hutchison, 2008) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข



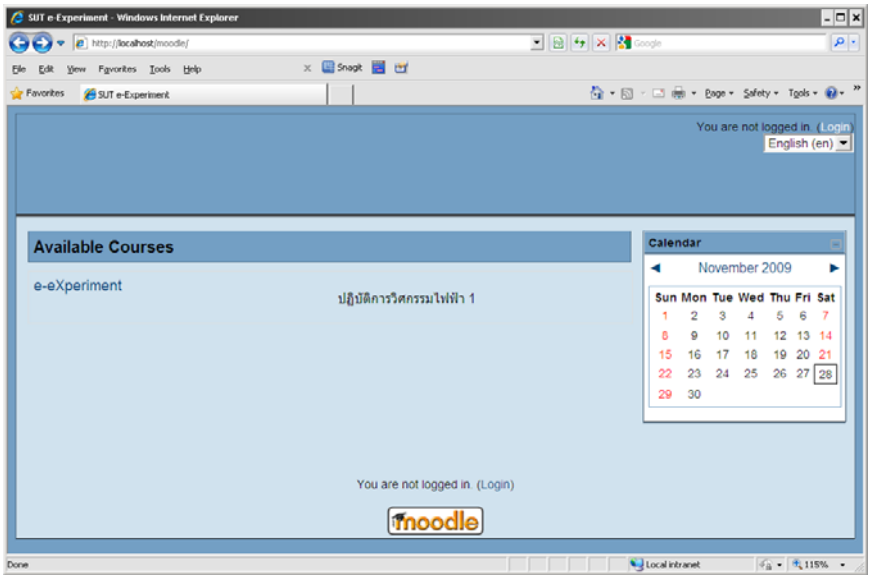
ภาพที่ 20 การเพิ่มหน้าที่การทำงานให้กับเนื้อหาการทดลองตามมาตรฐานสกอร์ม

- ทำการบีบอัดไฟล์ด้วยโปรแกรม Winzip เพื่อนำไปทดลองกับระบบจัดการการเรียนรู้ เพื่อทดสอบการส่งข้อมูลจากตารางไปยังฐานข้อมูลของระบบจัดการการเรียนรู้ ดังแสดงในภาพที่ 21

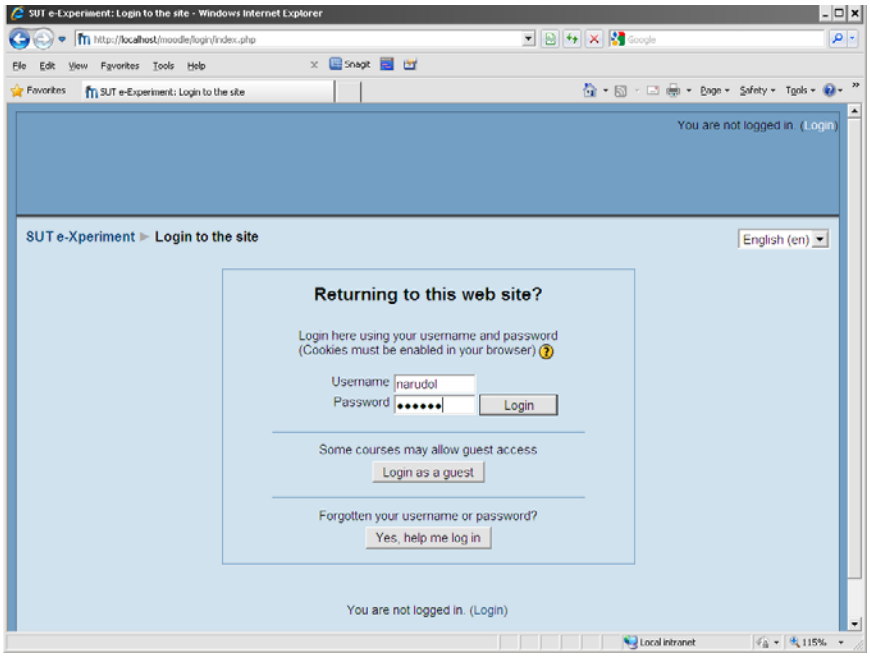


ภาพที่ 21 วัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์มส่วนของการรับข้อมูลจากอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

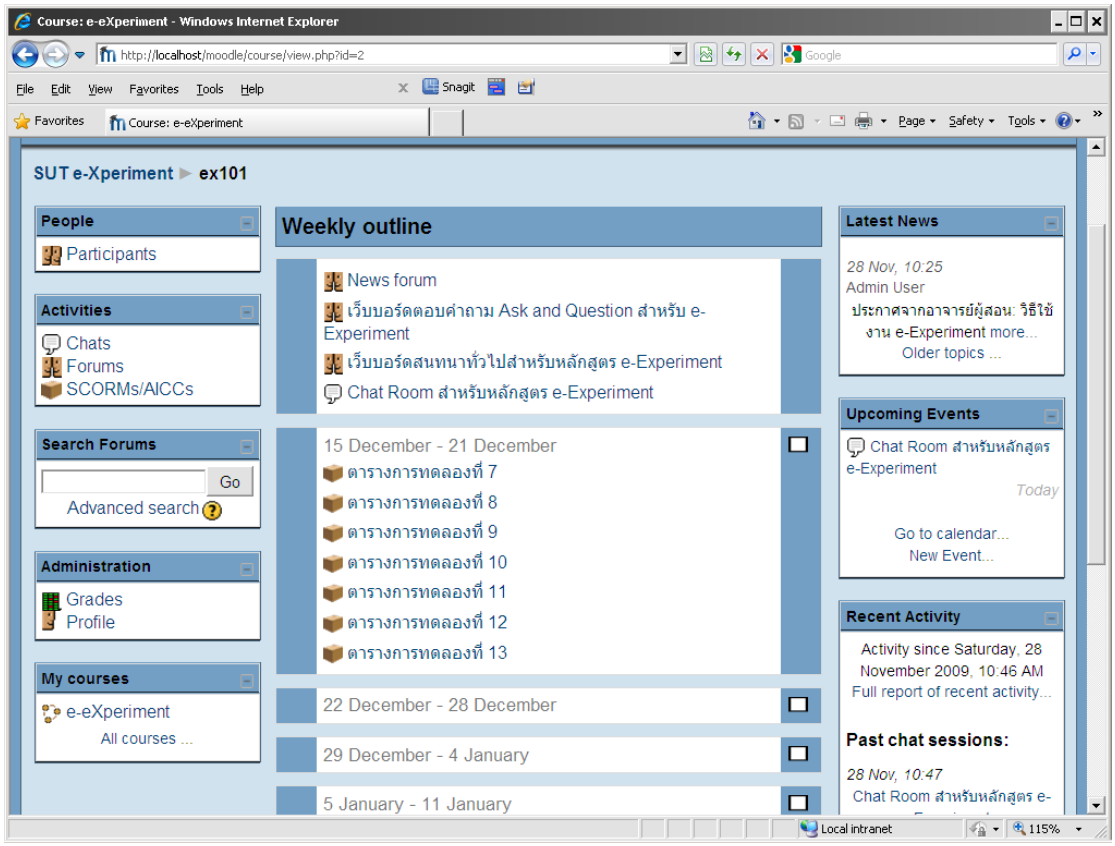
2. ติดตั้งระบบจัดการการเรียนรู้ Moodle ซึ่งเป็นระบบจัดการการเรียนรู้ประเภทรหัสเปิด ที่สามารถแสดงผลบทเรียนตามมาตรฐานสกอร์ม รวมทั้งการรับผลการทดลองในรูปของตารางที่ถูกส่งมาจาก ActiveX และติดตามพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน โดยจัดทำโครงสร้างหลักสูตรเพื่อรองรับวัตถุการเรียนรู้ที่ได้สร้างขึ้นจำนวน 5 การทดลอง กำหนดชื่อ รหัสผ่านนักศึกษาที่จะเข้าใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 22 และ 23 ตามลำดับ



ภาพที่ 22 หน้าแรกของระบบจัดการการเรียนรู้ Moodle

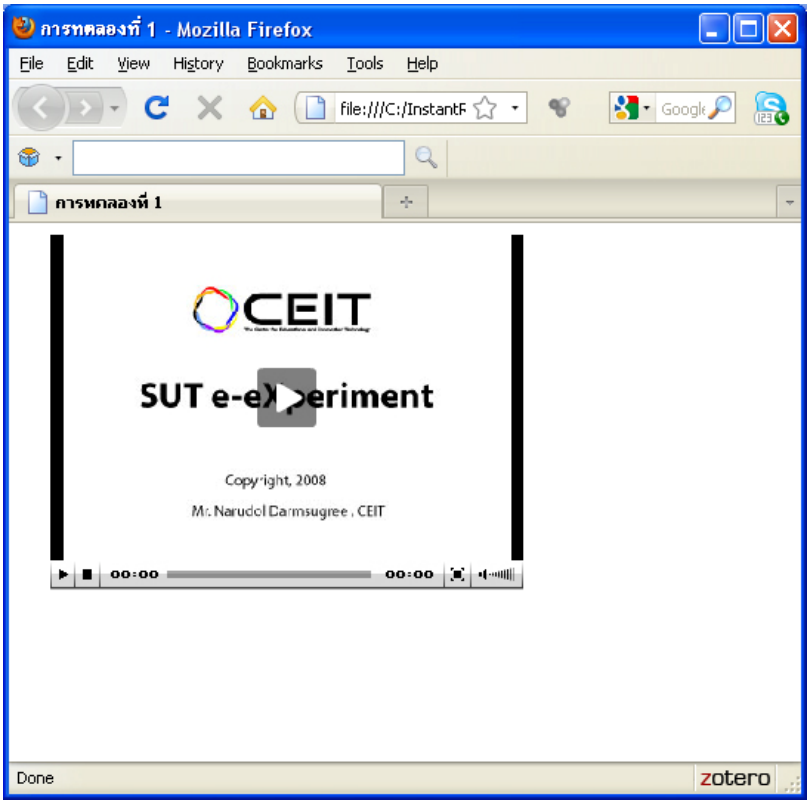


ภาพที่ 23 หน้า Login ของระบบจัดการการเรียนรู้ Moodle



ภาพที่ 24 หน้าแรกเนื้อหารายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 บน Moodle

3. ติดตั้งระบบเผยแพร่สื่อวีดิทัศน์ผ่านเครือข่าย ที่ทำงานร่วมกับเอสซีโอ ประกอบด้วย Red5 ซึ่งเป็นเครื่องแม่ข่ายเผยแพร่สื่อวีดิทัศน์ผ่านเครือข่ายแบบรหัสเปิด ทำงานร่วมกับเครื่องแม่ข่ายเว็บที่ใช้ apache web server ทำหน้าที่เผยแพร่ไฟล์วีดิทัศน์สอนปฏิบัติการ ชนิด Flash Video (FLV) แทนผู้ช่วยสอนในการเรียนปฏิบัติการปกติ สื่อสารโดยใช้โพรโตคอล Realtime Messaging Protocol (RTMP) ซึ่งเป็นมาตรฐานของบริษัท Adobe Inc. ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 25

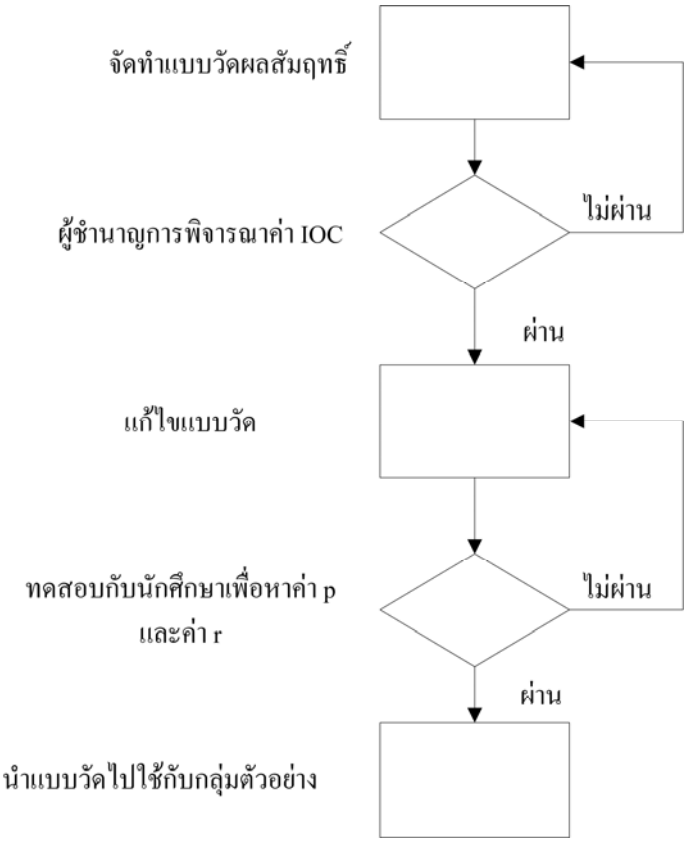


ภาพที่ 25 การทำงานของ Red5 Streaming Server

การทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ ActiveX ที่สร้างขึ้นสำหรับใช้แสดงผลการวัดทดสอบโดยการนำ ActiveX พร้อมด้วยไฟล์ HTML ซึ่งเป็นเนื้อหาการทดลอง ที่บรรจุฟังก์ชันการเรียกใช้งานสกอร์ม API ทำการรวบรวมไฟล์ตามมาตรฐานสกอร์ม ไฟล์ที่รวบรวมได้ไปบรรจุลงในบทเรียนที่สร้างขึ้นบนระบบจัดการการเรียนรู้ จำนวน 5 ระบบ คือ Moodle ILIAS Rustici Cloaroline และ Dekeos จากนั้นเริ่มเข้าเรียนในฐานะผู้เรียน ทำการทดลองตามที่กำหนด พร้อมกับส่งตารางผลการทดลองไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ แล้วตรวจสอบการส่งข้อมูลไปยังระบบการติดตามข้อมูลผู้เรียน การแสดงข้อมูลการทดลอง และการแสดงตารางการทดลองแบบActiveX ดังภาคผนวก ข

3.4.3 จัดทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (achievement test)

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนด้วยระบบปฏิบัติการจริงผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ เปรียบเทียบกับการเรียนในห้องปฏิบัติการปกติ มีขั้นตอนการวัดผลสัมฤทธิ์ ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 แผนภาพขั้นตอนการจัดทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์

ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและหลักสูตร จำนวน 3 คนพิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence– IOC) (สุมาลี จันทร์ชลอ, 2542: 32) ได้แก่

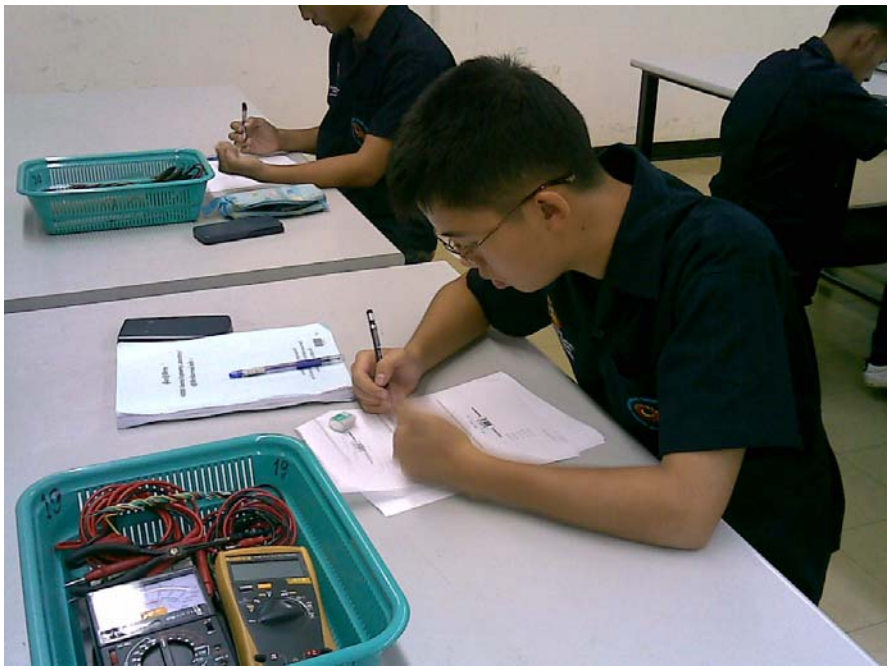
1. อาจารย์ ดร.ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. อาจารย์ ดร.กองพล อารีรักษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. นายประพันธ์ คัทวี วิศวกร ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากนั้นนำมาทดสอบกับนักศึกษาที่เรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน เพื่อการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Level of Difficulty) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543: 129-130) ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร KR-20 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543: 123) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ Simple Items Analysis (SIA) ซึ่งเขียนโดย

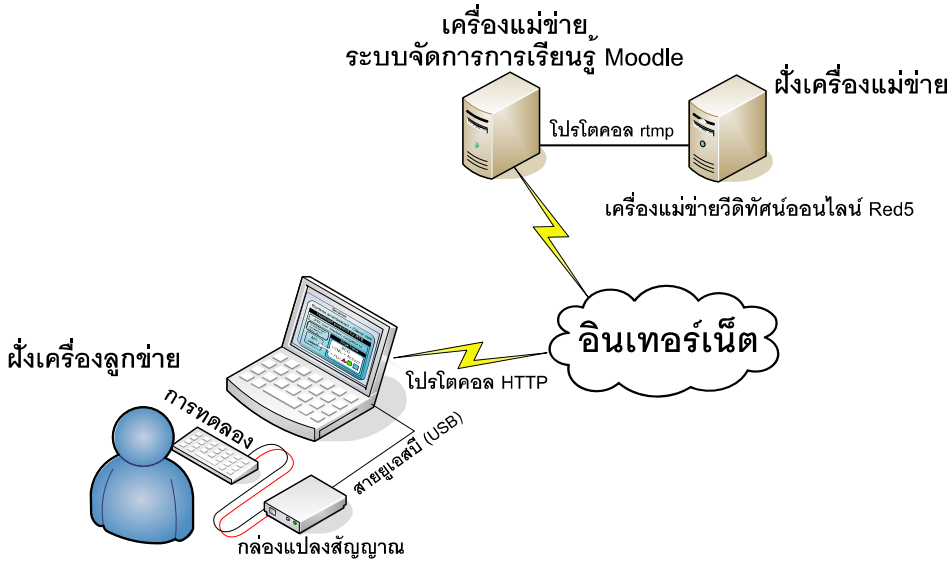
ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ (ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ, 2552) เพื่อให้ได้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีค่าความเชื่อมั่นไม่เกิน 1 มีค่า IOC ระดับดี คือตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป มีค่าระดับความยากง่าย (p) ระหว่าง .20 - .80 และระดับค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ก่อนนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 27 การทดสอบใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักศึกษา เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

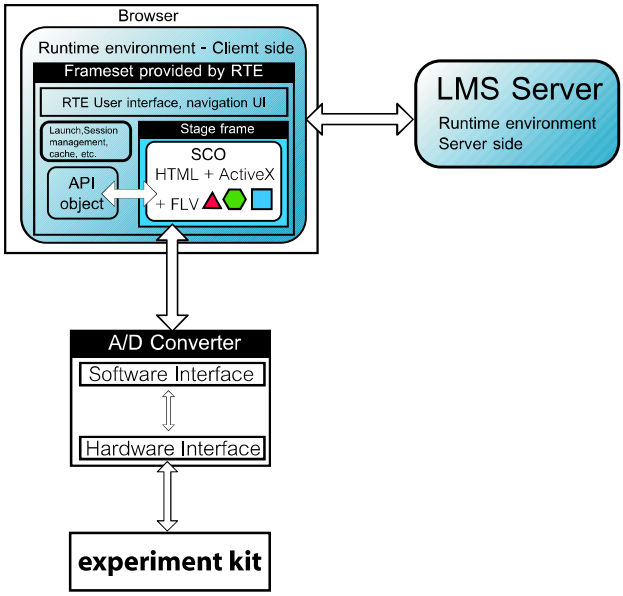
3.5 การทำงานของระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้

ระบบปฏิบัติการจริงผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 28 ได้แก่ 1) กล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (A/D converter) ที่มีส่วนของฮาร์ดแวร์รับสัญญาณทางไฟฟ้าจากชุดทดลอง (experiment kit) และส่วนของซอฟต์แวร์ประมวลผล 2) วัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์มที่สามารถรับสัญญาณจากกล่องแปลงสัญญาณ เพื่อแสดงข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ 3) ระบบจัดการการเรียนรู้ 4) ระบบเผยแพร่สื่อวีดิทัศน์ผ่านเครือข่าย (streaming server) ที่ทำงานร่วมกับวัตถุการเรียนรู้



ภาพที่ 28 สถาปัตยกรรมระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม

ขั้นตอนการทำงานของระบบในระหว่างการใช้งาน ทางฝั่งเครื่องลูกข่ายนั้น ก่อนการทดลองผู้ทดลองจะติดตั้งกล่องแปลงสัญญาณเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้เรียน จากนั้นเข้าสู่ระบบจัดการการเรียนรู้ในฐานะผู้เรียนเพื่อเรียกวัตถุการเรียนรู้บทเรียนที่ต้องการ หลังจากเปิดหน้าบทเรียนที่มีซอฟแวร์รองรับผลการทดลองเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนจะปฏิบัติตามบททดลองที่ปรากฏในบทเรียน สัญญาณผลการทดลองที่วัดได้จากชุดทดลองจะส่งผ่านวัตถุการเรียนรู้ไปยังเครื่องแม่ข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ด้วยโปรโตคอล HTTP เพื่อเก็บผลการทดลอง ซึ่งในขณะปฏิบัติการทดลองผู้เรียนสามารถชมวีดิทัศน์สาธิตวิธีทดลองได้ โดยวีดิทัศน์นี้จะถูกเก็บไว้ที่เครื่องแม่ข่ายวีดิทัศน์ออนไลน์และส่งผ่านมายังผู้เรียนด้วยโปรโตคอล RMTP



ภาพที่ 29 การทำงานของระบบรับสัญญาณจากชุดทดลอง เพื่อแสดงผลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้

จากภาพที่ 29 ข้อมูลทางไฟฟ้าประกอบด้วยแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าจากชุดทดลอง (experiment kit) จะถูกส่งผ่านส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของกล่องแปลงสัญญาณ ส่วนซอฟต์แวร์แสดงผลแบบ ActiveX ซึ่งฝังตัวในไฟล์ HTML และเป็นส่วนหนึ่งของเอสซีโอ จะถูกเรียกโดยผู้เรียนจากเครื่องแม่ข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มายังเครื่องของผู้เรียนผ่านเว็บบราวเซอร์ เพื่อรอรับข้อมูลจากกล่องแปลงสัญญาณ จากนั้นจะแสดงค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า ทำการคำนวณเพื่อเก็บในตาราง เมื่อผู้เรียนส่งผลการทดลองไปเก็บที่เครื่องแม่ข่าย ระบบจัดการการเรียนรู้ ActiveX จะส่งค่าผ่าน JavaScript ที่ฝังตัวอยู่ในไฟล์ HTML ทำการเรียกใช้ฟังก์ชั่นการส่งค่าจากสกอร์ม API ตามมาตรฐานของ SCORM Runtime Environment (RTE) ที่จะทำการส่งข้อมูลระหว่างฝั่งผู้เรียนกับฝั่งเครื่องแม่ข่าย ข้อมูลการทดลอง รวมถึงข้อมูลการใช้เอสซีโอของผู้เรียนจะถูกระบบจัดการการเรียนรู้ บันทึกแยกเป็นรายบุคคลตามการเข้าใช้ของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนสามารถเข้าตรวจรายงานผลการทดลองในฐานะผู้สร้างรายวิชา

3.6 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

3.6.1 การหาประสิทธิภาพของกล่องแปลงสัญญาณ

ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพในการวัดของกล่องแปลงสัญญาณ โดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่คำนวณตามทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (สราวุฒิ สุจิตจร และ กิตติ อัตถกิจมงคล, 2547: 38) โดยการต่อวงจรทดสอบดังภาพที่ 30 เพื่อทดสอบการวัดตัวต้านทานจากการปรับตัวต้านทาน

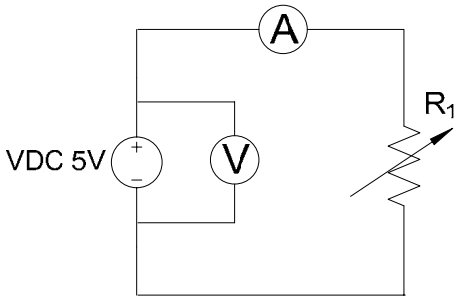
ปรับค่าได้ โดยการใช้มัลติมิเตอร์วัดให้มีค่าความต้านทาน (R_1) ตามที่กำหนดจาก 22โอห์มไปจนถึง 1 กิโลโอห์ม จากนั้นจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์เข้าสู่วงจร จากนั้นใช้สายสัญญาณวัดแรงดันและกระแสในวงจรเข้าสู่กล่องแปลงสัญญาณ เพื่อแสดงค่าแรงดันและกระแสในวงจรที่ซอฟต์แวร์แสดงผล ActiveX บนเครื่องผู้เรียน จากนั้นซอฟต์แวร์จะคำนวณค่าของตัวต้านทานที่วัดได้ ตามกฎของโอห์ม ดังนี้

$$R = \frac{E}{I}$$

I = กระแส มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

E = แรงดัน มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

R = ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)



ภาพที่ 30 การต่อวงจรเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกล่องแปลงสัญญาณ

3.6.2 การหาประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์

การทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ ActiveX ที่สร้างขึ้นสำหรับใช้แสดงผลการวัดทดสอบโดยการนำ ActiveX พร้อมด้วยไฟล์ HTML ซึ่งเป็นเนื้อหาการทดลอง ที่บรรจุฟังก์ชันการเรียกใช้งานสกอร์ม API ทำการรวบรวมไฟล์ตามมาตรฐานสกอร์ม ไฟล์ที่รวบรวมได้ไปบรรจุลงในบทเรียนที่สร้างขึ้นบนระบบจัดการการเรียนรู้ จำนวน 5 ระบบ คือ Moodle ILIAS Rustici Cloaroline และ Dekeos จากนั้นเริ่มเข้าเรียนในฐานะผู้เรียน ทำการทดลองตามที่กำหนด พร้อมกับส่งตารางผลการทดลองไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ แล้วตรวจสอบการส่งข้อมูลไปยังระบบการติดตามข้อมูลผู้เรียน การแสดงข้อมูลการทดลอง และการแสดงตารางการทดลองแบบ Activex

3.6.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

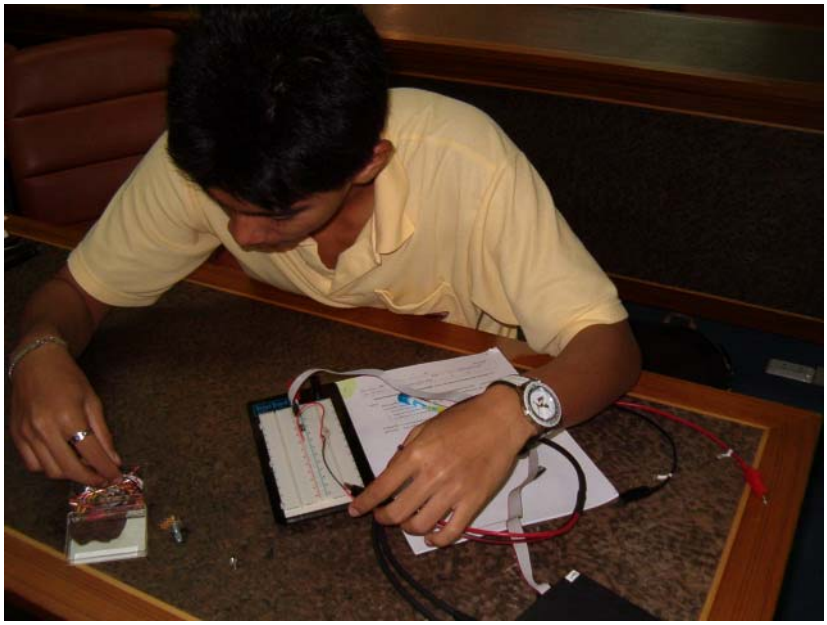
ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ด้วยข้อสอบแบบปรนัย 5

ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน แบบจำกัดเวลา จำนวน 3 ชั่วโมง นำผลมาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองเพื่อหาค่าเฉลี่ย

การปฏิบัติการทดลอง ผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นจะทำการเรียนแบบ 1 คนต่อ 1 เครื่อง โดยลงทะเบียนเข้าใช้ระบบจัดการการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากนั้นเริ่มเรียนทีละบทโดยชมวีดิทัศน์สอนการปฏิบัติการทดลอง และอ่านคู่มือปฏิบัติการทดลองแบบออนไลน์บนหน้าเว็บ (webpage) จากนั้นเริ่มทำการทดลองโดยใช้วัสดุการทดลองที่กำหนดให้ จำกัดเวลาการทดลองจำนวนรวม 9 ชั่วโมง เมื่อผู้เรียนทดลองเสร็จในแต่ละบทจะทำการส่งผลการทดลองพร้อมกับข้อมูลการเรียนไปยังระบบจัดการการเรียนรู้โดยอัตโนมัติ

สำหรับผู้เรียนด้วยวิธีปกติจะเข้าเรียนในห้องปฏิบัติการแบบ 2 คนต่อ 1 ชุดการทดลอง ฟังการบรรยายจากผู้ช่วยสอน และศึกษากระบวนการทดลองจากหนังสือคู่มือการทดลอง (lab sheet) จากนั้นลงมือทดลองโดยใช้อุปกรณ์ที่ทางห้องปฏิบัติการจัดเตรียมให้ นักศึกษาจะเขียนผลการทดลองลงในคู่มือการทดลองของตนเอง โดยจำกัดเวลาการทดลองตามตารางเรียน รวม 9 ชั่วโมง

หลังจากที่ทั้งสองกลุ่มปฏิบัติการทดลองแต่ละการทดลองเรียบร้อยแล้ว ให้แต่ละกลุ่มเขียนรายงานการทดลองแบบอัตนัยหลังสิ้นสุดการทดลองแบบไม่จำกัดเวลา โดยมีคะแนนรายงานละ 10 คะแนน และหลังจากทำการทดลองครบ 5 การทดลอง ผู้วิจัยทำการแจกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ เพื่อทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยมีคะแนนข้อละ 1 คะแนน เปรียบเทียบเพื่อหาค่าเฉลี่ย ด้วยข้อสอบชุดเดียวกับก่อนเรียนแต่สลับคำตอบ จำกัดเวลาจำนวน 3 ชั่วโมง



ภาพที่ 31 กลุ่มทดลองเรียนการปฏิบัติการทดลองด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น

ภาพที่ 32 กลุ่มควบคุมเรียนการปฏิบัติการทดลองด้วยวิธีปกติ

3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.7.1 การวัดประสิทธิภาพของระบบ

ในการวัดค่าและการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ประกอบด้วย

1. ค่าความสามารถในการวัดกระแสในวงจรของกล่องแปลงสัญญาณ โดยการใช้มัลติมิเตอร์วัดให้มีค่าความต้านทาน ตามที่กำหนดจาก 22 โอห์มไปจนถึง 1 กิโลโอห์ม จากนั้นจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์เข้าสู่วงจร จากนั้นใช้สายสัญญาณวัดแรงดันและกระแสในวงจรเข้าสู่กล่องแปลงสัญญาณ นำมาเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่คำนวณตามทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

2. ความสามารถในการส่งผลการเรียนจากวัตถุการเรียนรู้ไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ กระทำโดยการเข้าเรียนในฐานะผู้เรียน ทำการทดลองตามที่กำหนด พร้อมกับส่งตารางผลการทดลองไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ จากนั้นตรวจสอบค่าที่ได้ยังระบบว่าตรงกับข้อมูลที่ส่งจากวัตถุการเรียนรู้หรือไม่

3.7.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

1. การหาสัดส่วนความถี่ และร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดลอง
2. การหาค่าคะแนนเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตร (GPAX) ของกลุ่มตัวอย่าง

3. การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน หลังปฏิบัติการเปรียบเทียบกับก่อนปฏิบัติการ โดยใช้แบบทดสอบจำนวน 12 ข้อ เก็บผลการทดสอบก่อนเรียน จากกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มทดลอง เก็บผลการทดสอบหลังเรียน จากกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มทดลอง

4. หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังปฏิบัติการ จากคะแนนรายงานปฏิบัติการทดลอง เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มทดลอง

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.8.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบ

การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยอาศัยดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหามีหลักเกณฑ์ดังนี้

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

เมื่อ IOC = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์

R = ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

การหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยนำมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ (item analysis) เพื่อหาระดับความยากง่าย (level of difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (power of discrimination) นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักศึกษาที่เรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 มาแล้ว หลังจากนั้นใช้ผลคะแนนสอบ แบ่งกลุ่มคะแนนสูงและคะแนนต่ำ โดยใช้สูตร

$$p = \frac{P_H + P_L}{2N}$$

เมื่อ P = ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

r = ค่าอำนาจจำแนก

P_H = จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L = จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N = จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

ระดับความยากง่าย (difficulty) มีค่าตั้งแต่ 0.00 – 1.00 โดยการแปลความหมายมีรายละเอียดดังนี้

0.81-1.0 หรือ 81-100% แปลว่า ง่ายมาก

0.61-0.80	หรือ 61-80%	แปลว่า ค่อนข้างง่าย
0.41-0.60	หรือ 41-60%	แปลว่า ยากง่ายปานกลาง
0.20-0.40	หรือ 20-40%	แปลว่า ค่อนข้างยาก
0.00-0.19	หรือ 0-19%	แปลว่า ยากมาก

ค่าอำนาจจำแนก (discrimination)

$$r = \frac{P_H - P_L}{N}$$

0.00-0.19	หมายความว่า	จำแนกกลุ่มสูง ต่ำได้น้อยไม่ควรนำมาใช้วัด
0.20-0.49	หมายความว่า	จำแนกใช้ได้อำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์
0.50-0.90	หมายความว่า	จำแนกได้ค่อนข้างสูงเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดี
1.0	หมายความว่า	จำแนกกลุ่มสูง ต่ำได้อย่างสมบูรณ์มีคุณภาพดี

การหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ (reliability of tests) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ที่ได้จากการวิเคราะห์รายข้อ ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson 20 – KR20)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right]$$

เมื่อ rtt = ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

n = จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p = สัดส่วนของผู้ตอบถูก

q = สัดส่วนของผู้ตอบผิด

Σ pq = ผลรวมของความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อ

S^2 = ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

$$S = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2}{n(n-1)}}$$

n = จำนวน

x = คะแนนของผู้ทำข้อสอบแต่ละคน

$\sum$ x = ผลรวมของ X

$\sum X^2$ = ผลรวมของ X กำลังสอง

3.8.2 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ดำเนินการดังนี้

เปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างเดียว (one samples test)

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{S_d / \sqrt{n}}$$

t = ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤต

$\bar{d}$ = ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของค่าตัวแปรแต่ละคู่ ของ d

μ_d = ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของตัวแปรแต่ละคู่ซึ่งมีค่าเป็น 0

S_d = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน d

n = จำนวนผู้ทำแบบทดสอบ

การเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม (two independent samples test)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

t = ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤต

$\bar{X}_1$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

$\bar{X}_2$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม

S_1^2 = ค่าความแปรปรวนของกลุ่มแรก

S_2^2 = ค่าความแปรปรวนของกลุ่มที่สอง

n_1 = จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มแรก

n_2 = จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มที่สอง

การหาค่าคะแนนเฉลี่ย (mean)

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

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่ม

X = ค่าคะแนนของผู้เรียนแต่ละคน

$\sum x$ = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N = จำนวนผู้เรียนในกลุ่ม

การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S_d = \sqrt{\frac{n\sum d^2 - \left(\sum d\right)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S_d = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

d = ความแตกต่างของค่าตัวแปรแต่ละคู่

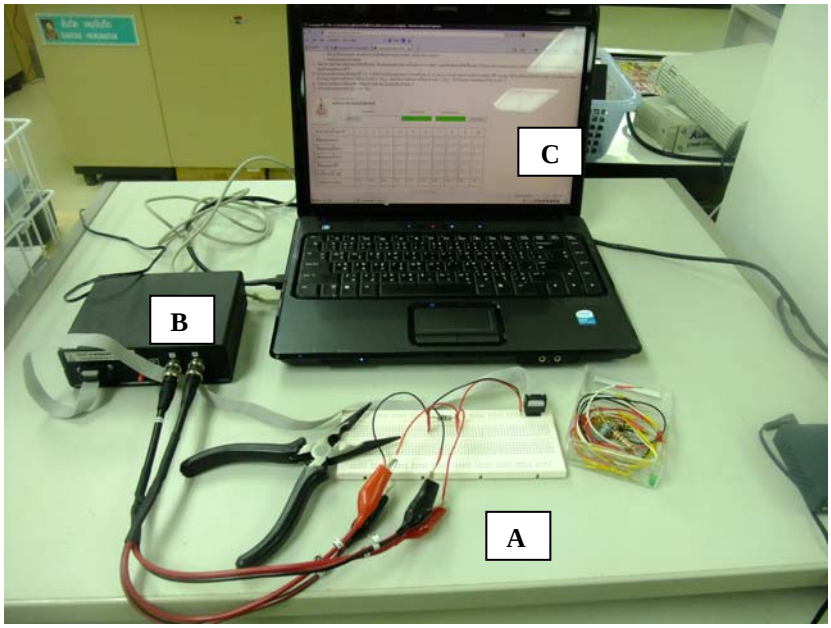
n = จำนวนนักเรียนในกลุ่ม

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ (efficiency of the instrument) ผู้วิจัยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การวัดค่าและการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ประกอบด้วยค่าความสามารถในการวัดกระแสในวงจรของกล่องแปลงสัญญาณ และความสามารถในการส่งผลการเรียนจากวัตถุการเรียนรู้ไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ และ 2) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งในบทนี้เป็นการนำเสนอผลการทดสอบของส่วนต่าง ๆ และนำไปสู่การอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้

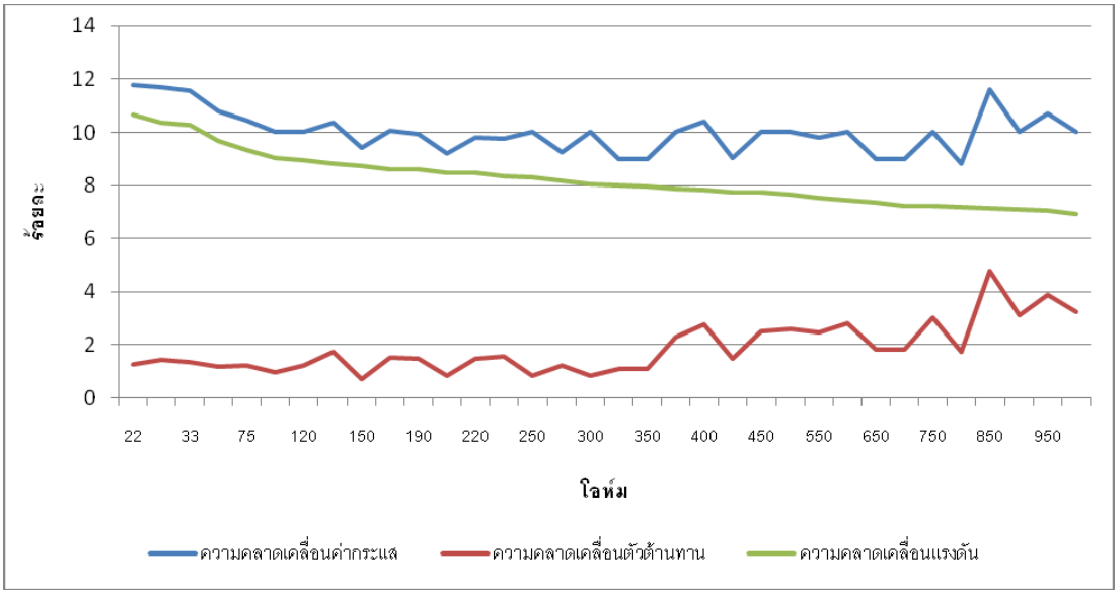
ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ ดังแสดงในภาพที่ 33 ประกอบด้วยชุดทดลองซึ่งเป็นแผงทดลองวงจรที่ใช้สำหรับวิชาวงจรไฟฟ้า (A) อุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็น ดิจิทัล (B) และซอฟต์แวร์รับข้อมูลในลักษณะวัตถุการเรียนรู้ (C) ที่ทำงานบนระบบจัดการการเรียนรู้รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ สำหรับใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 33 ระบบปฏิบัติการจริงผ่านระบบจัดการการเรียนรู้

จากกราฟในภาพที่ 34 เป็นการแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของกล่องแปลงสัญญาณ พบว่ามีความสามารถวัดกระแสในวงจรได้ในระหว่าง 15 มิลลิแอมป์ ถึง 1 แอมป์ มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 8.8 ถึง 11.7 ($\bar{x}$ = 10.012, S.D. = 0.793) ที่จะทำให้ตัวต้านทานมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับทฤษฎี ผู้วิจัยทำการทดสอบการวัดตัวต้านทานย่านการวัดระหว่าง 22 โอห์ม ถึง 1 กิโลโอห์ม พบว่ามีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.7 ถึง 4.7 ($\bar{x}$ = 1.86, S.D. = 0.959) ดังตารางที่ 3 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความคลาดเคลื่อนของตัวต้านทานปกติที่มีจำหน่ายโดยค่าดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าตัวต้านทานที่เพิ่มขึ้น

ความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าในวงจรที่วัดได้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.34 - 0.53 โวลต์ ($\bar{x}$ = 4.58, S.D. = 0.049)



ภาพที่ 34 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อนในการวัดของกล่องแปลงสัญญาณ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการวัดของกล่องแปลงสัญญาณ

ค่าความต้านทานทางทฤษฎี (โอห์ม)	แรงดันไฟฟ้าที่เครื่องวัดได้ (โวลต์)	ค่าความต้านทานที่เครื่องวัดได้ (โอห์ม)	ความคลาดเคลื่อนของกระแส (ร้อยละ)	ความคลาดเคลื่อนของตัวต้านทาน (ร้อยละ)
22	4.4664	22.279	11.780	1.252
27	4.4813	27.39	11.710	1.424
33	4.4863	33.448	11.560	1.339
50	4.516	50.6	10.800	1.186
75	4.5334	75.936	10.450	1.233
100	4.5483	100.962	10.000	0.953
120	4.5532	121.485	10.000	1.222
133	4.5582	135.332	10.358	1.723
150	4.5632	151.099	9.400	0.727
175	4.5706	177.747	10.050	1.545
190	4.5706	192.852	9.940	1.479
200	4.5756	201.674	9.200	0.830
220	4.5756	223.317	9.800	1.485
235	4.583	238.697	9.760	1.549
250	4.5855	252.087	10.000	0.828
275	4.5904	278.357	9.250	1.206
300	4.5979	302.493	10.000	0.824
325	4.6004	328.6	9.000	1.096
350	4.6028	353.87	9.000	1.094
375	4.6053	383.775	10.000	2.286
400	4.6078	411.41	10.400	2.773
425	4.6128	431.327	9.050	1.467
450	4.6128	461.52	10.000	2.496
500	4.6177	513.355	10.000	2.602
550	4.6227	564.048	9.800	2.491
600	4.6276	617.346	10.000	2.810
650	4.6326	662.157	9.000	1.836
700	4.6376	713.092	9.000	1.836
750	4.6376	773.339	10.000	3.018
800	4.64	814.035	8.800	1.724

850	4.6425	892.788	11.600	4.793
900	4.645	929	10.000	3.122
950	4.6475	988.297	10.700	3.875
1000	4.6524	1033.333	10.000	3.226
		ความผิดพลาดต่ำสุด (ร้อยละ)	8.8	0.727
		ความผิดพลาดสูงสุด (ร้อยละ)	11.78	4.793
		ความผิดพลาดเฉลี่ย (ร้อยละ) $\bar{x}$	10.012	1.863
		ความเบี่ยงเบน S.D.	0.793	0.959

จากตารางพบว่าค่ากระแสในวงจรมีความผิดพลาดค่อนข้างคงที่ ($\bar{x}$ = 10.012, S.D. = 0.793) ในขณะแรงดันไฟฟ้าในวงจรมีแนวโน้มลดลง ผกผันกับค่าความต้านทานที่ปรับค่าเพิ่มขึ้น

4.2 ผลการพัฒนาบทเรียนในลักษณะวัตถุการเรียนรู้

บทเรียนในรูปแบบวัตถุการเรียนรู้เป็นการแสดงผลของซอฟต์แวร์ ActiveX ที่ทำงานร่วมกับสกอร์ม API บนระบบจัดการการเรียนรู้ สามารถส่งข้อมูลที่รับค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจร เพื่อคำนวณหาค่าความต้านทานโดยสามารถส่งรายงานผลการทดลองโดยใช้สกอร์ม API ไปเก็บยังระบบจัดการการเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์ และระบบจัดการการเรียนรู้สามารถติดตามข้อมูลการเรียนของผู้เรียนได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบส่งข้อมูลจากวัตถุการเรียนรู้ไปยังระบบจัดการการเรียนรู้

ระบบจัดการการเรียนรู้	การส่งข้อมูลการทดลอง	การติดตามกิจกรรมผู้เรียน	การแสดงเนื้อหาข้อมูลการทดลอง	การแสดงตารางการทดลอง ActiveX
Moodle	●	●	●	●
ILIAS	●		●	●
RUSTICI	●	●	●	●
Claroline		●	●	●
Dekeos	●		●	●

4.3 ผลการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หลังจากการคัดเลือกประชากรจากนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ผ่านการเรียนวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (429296 ELECTRICAL ENGINEERING I) และลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (429298 ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY) ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 294 คน มีสัดส่วนของประชากรตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สัดส่วนของประชากร

สาขา	ความถี่	ร้อยละ
1 วิศวกรรมเกษตรและอาหาร	7	2.38
2 วิศวกรรมยานยนต์	8	2.72
3 วิศวกรรมเคมี	50	17.0
4 วิศวกรรมเซรามิก	33	11.2
5 วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	65	22.1
6 เทคโนโลยีธรณี	1	0.3
7 วิศวกรรมการผลิต	11	3.74
8 วิศวกรรมเครื่องกล	3	1.02
9 วิศวกรรมโลหการ	86	29.2
10 วิศวกรรมโพลิเมอร์	30	10.2
รวม	294	100
1 เพศชาย	145	49.3
2 เพศหญิง	149	50.7
Total	294	100

หลังการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีจับสลากแบบไม่ใส่คืน ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีสัดส่วนตามตารางที่ 6 และมีเกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตร 2.4779 (S.D. = 0.32335) ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 6 สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง

		ความถี่	ร้อยละ
Valid	1 วิศวกรรมเกษตรและอาหาร	3	3.9
	2 วิศวกรรมยานยนต์	4	5.2
	3 วิศวกรรมเคมี	15	19.7
	4 วิศวกรรมเซรามิก	7	9.2
	5 วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	12	15.7
	6 เทคโนโลยีธรณี	1	1.3
	7 วิศวกรรมการผลิต	3	3.9
	8 วิศวกรรมโลหการ	19	25
	9 วิศวกรรมโพลิเมอร์	12	15.7
	Total	76	100
Valid	1 เพศชาย	35	46
	2 เพศหญิง	41	54
	Total	76	100

ตารางที่ 7 ค่าเกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตรของกลุ่มตัวอย่าง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
GPAX	76	2.4779	.32335	.03709

หลังการแบ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 คน ออกเป็น 2 กลุ่มเพื่อเข้าสู่กระบวนการทดลอง คือกลุ่มทดลอง 38 คนและกลุ่มควบคุม 38 คน ด้วยวิธีจับสลาก พบว่า กลุ่มทดลองมีเกรดเฉลี่ยสะสม 2.45 (S.D.= 0.328) ได้เกรดวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 เฉลี่ย C+ ($\bar{x}$ = 2.52, S.D. = 0.853) และกลุ่มควบคุมมีเกรดเฉลี่ยสะสม 2.50 (S.D.= 0.321) ได้เกรดวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 เฉลี่ย C+ ($\bar{x}$ = 2.60, S.D. = 0.781)

ตารางที่ 8 ค่าเกรดเฉลี่ยวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 และเกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตรของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม		เกรดวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1	เกรดเฉลี่ยสะสม
กลุ่มทดลอง	Mean	2.5263	2.4555
	N	38	38
	Std. Deviation	.85383	.32805
กลุ่มควบคุม	Mean	2.6053	2.5003
	N	38	38
	Std. Deviation	.78118	.32138

จากตารางพบว่ากลุ่มทดลองจำนวน 38 คน ($\bar{x}$ = 2.45, S.D. = 0.328) มีเกรดเฉลี่ยสะสมใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมจำนวน 38 คน ($\bar{x}$ = 2.50, S.D. = 0.321) และได้เกรดวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ในระดับใกล้เคียงกัน $\bar{x}$ = 2.52, S.D. = 0.853 และ $\bar{x}$ = 2.60, S.D. = 0.781

หลังการออกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและหลักสูตรพิจารณาความเหมาะสมของแบบวัด ได้ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา นำแบบวัดไปทดสอบกับนักศึกษาที่ผ่านการเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรม ไฟฟ้า 1 มาแล้ว เพื่อหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก ปรากฏผลตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าและค่าความเชื่อมั่น (reliability) จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Simple Item Analysis

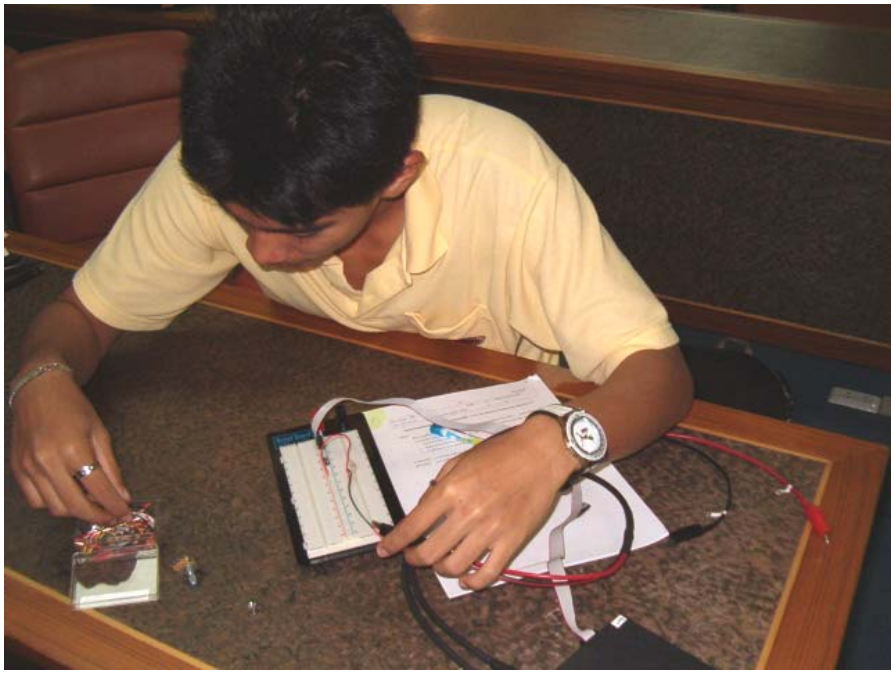
	ข้อที่/วัตถุประสงค์	ค่า p(.20 - .80)	ค่า r (>.20)	ค่า IOC (>.50)	ข้อที่เลือก
1		0.78	0.58	0.33	-
2		0.78	0.48	1	**(1)**
3	เพื่อให้สามารถเข้าใจความหมายของ	0.67	0.31	0.66	**(2)**
4	สัญลักษณ์อุปกรณ์ทางไฟฟ้าได้	0.78	0.58	0.66	**(3)**
5		0.22	0.05	0	-
6		0.44	-0.19	0	-
7	เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องมือวัด	0.78	0.32	0.66	**(4)**

8	พื้นฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง	0.44	-0.14	1	-
9		0.33	0.25	1	**(5)**
10		0.89	0.67	0.33	-
11		0.11	0.17	0	-
12		0.67	0.73	0.66	**(6)**
13	เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องมือวัดพื้นฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง	0.67	0.63	0.66	**(7)**
14		0.11	-0.18	.066	-
15		0.89	-0.03	0	-
16		0.44	0.47	0.66	-
17		0.56	0.63	0.66	**(8)**
18		0.22	0.78	0.66	**(9)**
19	เพื่อให้สามารถหาความสัมพันธ์ของผลรวมแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดต่าง ๆ และแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ สามารถพิสูจน์สูตรความสัมพันธ์ของกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จากผลการทดลองได้	0.22	0.36	0.33	-
20		0.56	0.58	1	**(10)**
21		0.22	0.78	0.33	-
22		0.33	0.71	0.66	**(11)**
23		0.44	0.56	0.33	-
24		0.33	0.80	0.33	-
25	สามารถหาความสัมพันธ์ของผลรวมกระแสที่ไหลเข้าและไหลออกจากโหนดต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าได้ สามารถพิสูจน์สูตรความสัมพันธ์ของกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จากผลการทดลองได้	0.33	0.67	0.33	-
26		0.22	-0.06	0	-
27		0.56	0.63	0.66	**(12)**
28		0.11	0.03	0.33	-
29		0.67	0.17	0.66	-
30		0.78	-0.05	0	-
	ค่าความเชื่อมั่น KR-20		0.805		

จากตารางพบว่ามีแบบวัดที่นำไปใช้ได้จำนวน 12 ข้อ ซึ่งมีค่าระดับความยากง่าย (p) ระหว่าง .22 - .78 และระดับค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง .66 - 1 โดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ 0.805

การทดสอบก่อนเรียนผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยข้อสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ ที่เลือกไว้ แบบจำกัดเวลา จำนวน 3 ชั่วโมง ให้คะแนนข้อที่ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน นำผลมาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองเพื่อหาค่าเฉลี่ยผลปรากฏในตารางที่ 10

หลังจากที่กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มใช้เวลา 2 สัปดาห์ รวม 9 ชั่วโมง ปฏิบัติการทดลองครบ 5 การทดลอง ผู้วิจัยทำการแจกแบบวัด เพื่อทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองเพื่อหาค่าเฉลี่ย ด้วยข้อสอบชุดเดียวกับก่อนเรียน แต่สลับคำตอบ จำกัดเวลาจำนวน 3 ชั่วโมง ผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของทั้งสองกลุ่ม ปรากฏในตารางที่ 11



ภาพที่ 35 กลุ่มทดลองเรียนด้วยระบบปฏิบัติการจริงผ่านระบบจัดการการเรียนรู้

ตารางที่ 10 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนก่อนเรียนทั้งสองกลุ่ม

กลุ่ม	N	Mean	S.D.	Levene's Test for Equality of Variance: F-Test	
				Sig.	F
กลุ่มทดลอง	38	6.95	2.750	.994	.000
กลุ่มควบคุม	38	7.32	2.484		

จากตารางที่ 10 พบว่า กลุ่มทดลอง ($\bar{X}$ = 6.95, S.D. = 2.750) และกลุ่มควบคุม ($\bar{X}$ = 7.32, S.D. = 2.484) มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t= -.0613)

ตารางที่ 11 ตารางคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง	n	ก่อนเรียน		t	Sig	หลังเรียน		t	Sig
		$\bar{X}$	sd			$\bar{X}$	sd		
กลุ่มทดลอง	38	6.95	2.750	-.613	.542*	11.11	.863	5.000	.000*
กลุ่มควบคุม	38	7.32	2.484			9.71	1.487		

*ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 11 ผลการทดสอบหลังเรียน พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X}$ = 11.11, S.D. = 0.863) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{X}$ = 9.71, S.D. = 1.487) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t= 5.00)

หากนำคะแนนทดสอบหลังเรียนเปรียบเทียบกับคะแนนทดสอบก่อนเรียน จะสามารถหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่ม ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ตารางผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S.D.	Levene's Test for Equality of Variance: F-Test		t-test for Equality of Means		
				F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
กลุ่มทดลอง	38	3.97	2.212	1.386	.243	3.384	74	.001
กลุ่มควบคุม	38	2.39	1.839					

จากตารางที่ 12 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ($\bar{x}$ = 3.97, S.D. = 2.212) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 2.39, S.D. = 1.839) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t= 3.384)

ตารางที่ 13 ตารางคะแนนรายงานการทดลองของทั้งสองกลุ่ม

กลุ่ม	N	Mean	S.D.	Levene's Test for Equality of Variance: F-Test	
				Sig.	F
กลุ่มทดลอง	38	36.97	4.277	.636	.226
กลุ่มควบคุม	38	32.76	3.976		

จากตารางที่ 13 คะแนนการส่งรายงานการทดลองของทั้งสองกลุ่ม พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย($\bar{x}$ = 36.97, S.D. = 4.277) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 32.76, S.D. = 3.976) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t= 4.445)

4.4 การอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า

1. ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์ม สำหรับเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้สามารถวัดค่าการทดลองและส่งผลการทดลอง ข้อมูลผู้เรียนไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ตามมาตรฐานสกอร์ม 2004 ได้ตามวัตถุประสงค์ ค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์เกิดจากความไม่เที่ยงตรงของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่วงจร เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้ามีคุณภาพระดับใช้งานทั่วไป ไม่สามารถจ่ายไฟได้เต็มประสิทธิภาพ รวมถึงตัวต้านทานที่มีค่าความผิดพลาดปกติที่ร้อยละ 10 ทำให้มีผลกับปริมาณกระแสในวงจร

2. วัตถุการเรียนรู้สามารถแสดงเนื้อหาข้อมูลการทดลองและตารางการทดลองสำหรับบันทึกผลได้อย่างถูกต้องในทุกระบบจัดการการเรียนรู้ สามารถส่งข้อมูลการทดลองไปแสดงได้อย่างถูกต้อง ยกเว้นระบบจัดการการเรียนรู้ Claroline ที่ไม่สามารถบันทึกผลการทดลองได้เนื่องจากข้อจำกัดของระบบที่ไม่สามารถรองรับบางฟังก์ชั่นของสกอร์ม API ได้ ส่วนการติดตามกิจกรรม

ผู้เรียนสามารถแสดงผลกิจกรรมได้อย่างถูกต้องบนระบบจัดการการเรียนรู้ Moodle, RUSTICI และ Claroline

3. ผลการทดสอบคะแนนก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม สรุปได้ว่า กลุ่มทดลอง ($\bar{x}$ = 6.95, S.D. = 2.750) และกลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 7.32, S.D. = 2.484) มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t= -.0613) เนื่องจากทั้งสองกลุ่มเรียนในระดับชั้นเดียวกัน มีเกรดเฉลี่ยสะสมใกล้เคียงกัน ได้เกรดวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ซึ่งเป็นวิชาที่ศึกษาทฤษฎี ก่อนนำมาใช้ในการปฏิบัติการทดลองใกล้เคียงกัน

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ($\bar{x}$ = 3.97, S.D. = 2.212) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 2.39, S.D. = 1.839) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t= 3.384) เนื่องจากกลุ่มทดลองทำคะแนนเพิ่มได้มากกว่ากลุ่มควบคุม จากการสัมภาษณ์ผู้เรียนกลุ่มทดลองพบว่าถึงแม้จะมีการควบคุมเวลาในการเรียน จำนวน 9 ชั่วโมง แต่ผู้เรียนสามารถย้อนดูวีดิทัศน์การเรียนการสอนซ้ำ ในส่วนที่ไม่เข้าใจได้ นอกจากนั้นการมีวีดิทัศน์เสริมการเรียนรู้ที่สามารถเข้าชมได้ง่าย มีส่วนทำให้เข้าใจการทดลองมากขึ้น ส่วนการปรึกษากับเพื่อนในระหว่างการทดลองสามารถทดแทนได้ด้วยการสนทนาแบบตามเวลาผ่านเครือข่าย

5. คะแนนการส่งรายงานการทดลองของทั้งสองกลุ่ม พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย($\bar{x}$ = 36.97, S.D. = 4.277) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 32.76, S.D. = 3.976) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t= 4.445) เนื่องจากกลุ่มทดลองมีความเข้าใจในการปฏิบัติการทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุม ทำให้สามารถเขียนรายงานการทดลองได้ถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุม

สรุปได้ว่า ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์มช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียนด้วยวิธีปกติในห้องปฏิบัติการ

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะด้านวิศวกรรมศาสตร์ ที่ผู้เรียนต้องมีความรู้ทางทฤษฎีและทักษะในการทดลองจริง ผู้เรียนจะเรียนรู้จากความสำเร็จและความผิดพลาดในการทดลองด้วยตนเอง ผู้เรียนจึงต้องการประสบการณ์ที่ได้จากการฝึกฝนทั้งในช่วงการปฏิบัติการตามตารางเรียนและการทดลองนอกห้องปฏิบัติการนอกเวลา ตามความสะดวกของผู้เรียน แต่บางรายวิชานั้นมีผู้เรียนจำนวนมาก สถานศึกษาจะต้องลงทุนในการจัดการเรียนการสอนสูงทำให้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอ การแบ่งปันทรัพยากรทางการเรียน ด้วยการทดลองทางไกลจึงเป็นหนทางแก้ปัญหาที่ดี (Taboy, 2006: 30-35) แต่ระบบดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงประสบการณ์จริงที่ผู้เรียนจะได้รับจากการทดลองด้วยตนเอง รวมทั้งในด้านระบบการจัดการสอนปฏิบัติการที่จะต้องเก็บข้อมูลการทดลองผ่านระบบเครือข่าย สามารถติดตามพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมาตรฐานที่นำมาใช้เพื่อให้สามารถแบ่งปันทรัพยากรการเรียนได้ง่าย

การปฏิบัติการทดลองในปัจจุบันแบ่งได้หลายประเภทตามลักษณะของการปฏิบัติการ ซึ่งแต่ละประเภทจะมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกัน Tuttas and Wagner (2001) ได้แบ่งรูปแบบการปฏิบัติการทดลองไว้ 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การทดลองในห้องทดลอง (local labs) 2) การปฏิบัติการทดลองเสมือน (virtual labs) 3) การปฏิบัติการทดลองออนไลน์ (online labs) ซึ่งการออกแบบระบบการทดลองแบบผสมผสาน จะมีผลดีกับผู้เรียนซึ่งสามารถเรียนได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ มีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์การทดลองจริง ได้ข้อมูลจริง มีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ

ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ จึงนำข้อเด่นเหล่านี้มาออกแบบระบบเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีความประหยัดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยนำหลักการปฏิบัติการทดลองด้วยตัวผู้เรียนเอง (hands-on) การเรียนการสอนบนเว็บ การบรรยายด้วยสื่อมัลติมีเดียแทนผู้ช่วยสอนปฏิบัติการ และการรายงานผลการปฏิบัติการผ่านเครือข่ายมาเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนปฏิบัติการ มีการรายงานผลไปยังผู้สอนผ่านระบบจัดการเรียนการสอนและเพิ่มประสิทธิภาพในการแบ่งปันบทเรียนข้ามระบบด้วยมาตรฐานสกอร์ม (SCORM : Sharable Content Object Reference Model) ทำให้ไม่ต้องปรับวิธีการส่งข้อมูลเมื่อเปลี่ยนไปใช้ระบบจัดการการเรียนรู้ใหม่ นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถ

นำไปใช้กับการทดลองหลายรูปแบบตามเนื้อหาวิชาที่ต่างกัน โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์แปลงสัญญาณใหม่

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ และเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้เปรียบเทียบกับการเรียนโดยวิธีปกติ

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ผ่านการเรียนวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (429296 Electrical Engineering I) และลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (429298 Electrical Engineering Laboratory) ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 294 คน ทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีจับสลากแบบไม่ใส่คืน เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งแต่ละส่วนประกอบด้วยส่วนย่อยดังนี้

1. ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ ที่ประกอบด้วย กล่องวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ชุดอุปกรณ์การทดลองเบื้องต้น เช่น ตัวต้านทานขนาดต่าง ๆ โพเทนชิออมิเตอร์ สายไฟเชื่อมต่อ มีดตัดสายไฟ ซอฟต์แวร์เพื่อแสดงผลที่อ่านได้จากวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และเก็บลงตารางการทดลอง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะวัตถุการเรียนรู้เพื่อแสดงข้อมูลต่าง ๆ ในการทดลอง และระบบจัดการการเรียนรู้ระบบใดระบบหนึ่งที่ได้มาตรฐานสกอร์ม

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน (pretest) จำนวน 12 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน และหลังเรียน (posttest) ใช้แบบทดสอบเดิมสลับคำตอบ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ผู้เรียนจะเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว

3. การส่งรายงานการทดลองท้ายการทดลอง จำนวน 5 ครั้ง เป็นแบบอัตนัย คะแนนครั้งละ 10 คะแนน

ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนคือ

1. ออกแบบและผลิตระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ ประกอบด้วยอุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) ซึ่งเชื่อมต่อชุดทดลอง (Experiment Kit) กับคอมพิวเตอร์ของผู้เรียน และซอฟแวร์ประมวลผลค่าที่ได้จากการทดลองพัฒนาโดยภาษา Visual Basic เชื่อมต่อกับระบบจัดการการเรียนรู้โดยใช้ชุดซอฟแวร์ Moodle

2. บทเรียนในลักษณะวัตถุการเรียนรู้ พัฒนาโดยใช้เนื้อหาเดิมจากบทเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยใช้ภาษา HTML ร่วมกับ Java Script Visual Basic และโปรแกรมสนับสนุนอื่น ๆ ให้บทเรียนทำงานในลักษณะของมัลติมีเดีย ที่อยู่ภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยเน้นการนำเสนอบทเรียนให้มีการปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนตลอดเวลา

3. ทดลองใช้ระบบขั้นต้นโดยการเชื่อมต่อชุดทดลองเข้ากับกล่องแปลงสัญญาณ เนื้อหาการทดลอง และตารางการทดลองที่อยู่บนระบบจัดการการเรียนรู้ เพื่อหาข้อบกพร่องหรือปัญหาที่เกิดขึ้นของบทเรียน การทดลอง และการทำงานร่วมกันทั้งระบบ ดำเนินการทดลองขึ้นต้นโดยผู้วิจัยและที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ หลังจากนั้นจึงทำการแก้ไขให้ระบบมีความสมบูรณ์

4. จัดทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและหลักสูตร โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนปฏิบัติการ รวมทั้งหมด 3 คน พิจารณาความเหมาะสมของแบบวัด หลังจากนั้นสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview) แล้วนำข้อเสนอแนะไปแก้ไขปรับปรุงแบบวัดให้มีความสมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปเก็บข้อมูล

5. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปทดสอบกับนักศึกษาที่ผ่านการเรียนรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน เพื่อการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Level of Difficulty) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543: 129-130) ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร KR-20 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543: 123) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ Simple Items Analysis (SIA) ซึ่งเขียนโดย ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ (ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ, 2552) เพื่อให้ได้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีค่าความเชื่อมั่นไม่เกิน 1 มีค่า IOC ระดับดี คือตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป มีค่าระดับความยากง่าย (p) ระหว่าง .20 - .80 และระดับค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ก่อนนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนกับประชากรกลุ่มเป้าหมาย

6. ดำเนินการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 สำหรับขึ้นตอนการทดลองจะเป็นไปตามแบบแผนการทดลองแบบ Pretest Posttest Control Group Design ดังนี้

6.1 แบ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 คน เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง 38 คนและกลุ่มควบคุม 38 คน ด้วยวิธีจับสลาก

6.2 ให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน

6.3 ให้กลุ่มทดลองศึกษาบทเรียนและทำการทดลองด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น

6.4 ให้กลุ่มควบคุมเข้าเรียนในห้องปฏิบัติการปกติ ตามหลักสูตร

6.5 หลังจากเสร็จสิ้นการเรียนปฏิบัติการ 5 การทดลอง ให้ทั้งสองกลุ่มทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

6.6 นำผลคะแนนที่ได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ไปวิเคราะห์ผลเพื่อทดสอบสมมุติฐาน

7. การเลือกสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test แบบ Independent Sample)

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การวิจัยนี้ได้สร้างระบบเชื่อมต่อระหว่างวัตถุการเรียนรู้ตามมาตรฐานสกอร์ม ที่สามารถติดต่อและรับข้อมูลผลการทดลองจากฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นกล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล สามารถส่งผลการทดลองและข้อมูลผู้เรียนไปเก็บยังระบบจัดการการเรียนรู้ตามมาตรฐานสกอร์ม 2004 ได้ โดยใช้ฟังก์ชันการส่งข้อมูลจากสกอร์ม API การรับผลการทดลองสามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานการส่งข้อมูลของสกอร์ม 2004 (เวอร์ชั่น 1.3) ระบบดังกล่าวมีความผิดพลาดต่ำในระดับที่สามารถนำไปใช้ทดแทนการปฏิบัติการในห้องทดลองจริงได้ สามารถนำไปปรับใช้ได้กับการทดลองหลายรูปแบบ เพียงปรับเปลี่ยนเนื้อหาและอุปกรณ์ประกอบการทดลอง โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

5.1.2 ผลการหาประสิทธิภาพของระบบด้านสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน โดยใช้แผนการทดลองแบบ pretest-posttest control group design กับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่า ผู้เรียนด้วยระบบดังกล่าวมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของผู้ที่เรียนด้วยระบบสูงกว่าผู้ที่เรียนในห้องปฏิบัติการปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยปรากฏเช่นนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ว่าการทดลองด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จากการลองผิดลองถูกเช่นเดียวกับการทดลองในห้องปฏิบัติการปกติ ผู้เรียนจึงมีความรู้เพิ่มขึ้น การออกแบบการทดลองในลักษณะการสร้างวัตถุการเรียนรู้ ที่รวบรวมเนื้อหาบททดลอง ภาพประกอบ วีดิทัศน์ เสียงบรรยาย เข้าไว้ด้วยกันมีการอธิบายเป็นขั้นตอน และนำเสนออย่างชัดเจน เมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาจะสามารถชมย้อนหลังได้ตามความต้องการ ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น โดยไม่ถูกจำกัดด้วยเวลาเหมือนกับการทดลองในห้องปฏิบัติการปกติ

5.1.3 ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ในลักษณะการปฏิบัติการทดลองทางไกลด้วยตนเองตามอัธยาศัยของผู้เรียน

5.2 การประยุกต์ผลการวิจัย

ปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับทฤษฎีไฟฟ้าเบื้องต้น มีอยู่ในการเรียนการสอนหลายระดับ ตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย ระดับอาชีวศึกษา และระดับมหาวิทยาลัย การนำระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ไปใช้ร่วมกับระบบจัดการการเรียนรู้ ที่ขณะนี้มีใช้กันอยู่ทั่วไปในสถาบันการศึกษาจะสามารถช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอนทางไกล และทำให้การเรียนรู้ตามอัธยาศัยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากใช้เสริม หรือทดแทนการเรียนการสอนปกติแล้ว ยังมีประโยชน์สำหรับการฝึกปฏิบัติการก่อนเรียน (Pre-Lab) หรือการฝึกปฏิบัติการหลังเรียน (Post-Lab) เพื่อเพิ่มพูนความรู้ให้กับผู้เรียนอีกด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์มผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดใช้กับการปฏิบัติการทดลองที่มีการวัดค่า การเก็บค่า และการส่งค่าต่างๆ ไปเก็บ อาทิเช่น การวัดอุณหภูมิในปฏิบัติการทดลองทางเคมี การวัดความเป็นกรดด่างในวิชาปฏิบัติการทดลองเคมี หรือการวัดแรงในวิชาฟิสิกส์ เป็นต้น การพัฒนากล่องแปลงสัญญาณที่มีขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพในการแปลงสัญญาณที่แม่นยำมากขึ้น จะช่วยให้การวัดผลการทดลองได้ละเอียดถูกต้องใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดจริง

การพัฒนากล่องแปลงสัญญาณที่มีขนาดเล็กและสามารถเชื่อมต่อกับระบบจัดการการเรียนรู้ได้โดยตรงทางสาย หรือไร้สาย จะทำให้ผู้เรียนสะดวกในการพกพาโดยไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่อ

การพัฒนาซอฟต์แวร์วัดผลการทดลองที่สามารถทำงานได้ในหลาย ๆ ระบบปฏิบัติการ เช่น คอมพิวเตอร์พกพา อุปกรณ์โทรคมนาคมเคลื่อนที่ จะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียนในการเรียนตามอัธยาศัย ตามสถานที่และเวลาที่ผู้เรียนต้องการได้ดียิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

กิตติพงษ์ พุ่มพวงและอรรคเดช โสสองชั้น. (2548). **คู่มือการใช้งาน Moodle (เวอร์ชั่น 1.4.2) สำหรับผู้สอน.** นครราชสีมา : โครงการการศึกษาไร้พรมแดน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2550). **E-Instruction Design วิธีวิทยาการออกแบบการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ : ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2550). **เอกสารคำสอน Reusable Learning Object**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ. (2552). **การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อสอบ Simple Items Analysis (SIA).** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://netra.lpru.ac.th/~phaitoon/RESEARCH/EVALUATION/sia/SIA_Setup/Support/Help!.html

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2552). **การใช้โปรแกรม TAP วิเคราะห์แบบทดสอบ (Test Analysis Program)** [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.watpon.com

ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์. (2543). **คู่มือปฏิบัติการ 429298 Electrical Engineering Laboratory I ปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1.** นครราชสีมา : สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). **วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พิเชฐ เลี้ยงฤทัย. (2548). **การพัฒนาชุดทดลองและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วงจรเปรียบเทียบสัญญาณสร้างจากไอซีออปแอมป์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ถนอมพร เลาหจรัสแสง. (2545). **Design e-Learning : หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน.** เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประจินต์ พลังสันติกุล. (2551). **PIC C Programming with CCS C Compiler**. กรุงเทพฯ : บริษัทแอพซอฟต์เทค จำกัด.

ดวงกมล อุทยานวิทยา. (2547). **การศึกษาเพื่อพัฒนาระบบบริหารการเรียนรู้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ระพินทร์ โพธิ์ศรี. (2549). **สถิติเพื่อการวิจัย.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัชรินทร์ เคารพ. (2546). **เรียนรู้และเข้าใจสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877**. กรุงเทพฯ : บริษัท อีทีที จำกัด.

วิมลลักษณ์ สิงหนาท. (2548). **Moodle สร้างห้องเรียนออนไลน์ด้วยตนเอง.** กรุงเทพฯ : TENTC PLC.

สุชาย ธนวเสถียร และอมรวรรณ ลิ้มสมมุติ. (2549). **สกอร์มาตรฐานอีเลิร์นนิงที่ใช้กันทั่วโลก.** กรุงเทพฯ : ดิจิเทนต์.

สุมาลี จันทร์ชลอ. (2542). **การวัดและประเมินผล.** กรุงเทพฯ : บริษัทพิมพ์ดีจำกัด.

สังคม ภูมิพันธุ์ และคณะ. (2549). **แนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning) สำหรับสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.

สถิตย์โชค โพธิ์สะอาด และคนอื่น ๆ. (2549). **คู่มือการใช้งานโปรแกรม อี-เรือจ้าง E-Ruejang Manual**. สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). **กรอบแผนอุดมศึกษาระยะยาว 15 ปี ฉบับที่2 (พ.ศ.2551-2565).** กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.

สำนักนายกรัฐมนตรี. คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2550). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2550 – 2554).** กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี

สราวุฒิ สุจิตรจร และกิตติ อัตถกิจมงคล. (2547). **วงจรไฟฟ้า Electric Circuit.** กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.

ศยามน อินสะอาด, ศุภชานันท์ วนภู, นฤดล ดามพ์สุกรี และอมรเทพ เทพวิชิต. (2550). **การออกแบบผลิตและพัฒนา e-Learning.** นครราชสีมา : โครงการการศึกษาไร้พรมแดน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา สำนักบริหารงานการศึกษานอกโรงเรียน. (2547). **รายงานการวิจัยการศึกษารูปแบบของ E-Learning ที่เหมาะสมกับการศึกษานอกโรงเรียน.** กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2549). **คู่มือการใช้งาน Learnsquare.** กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

Advanced Distributed Learning (ADL). (2005). **SCORM Content Aggregation Model 1.3.1**. Advanced Distributed Learning. Alexandria, VA: (n. p.).

Advanced Distributed Learning (ADL). (2005). **SCORM Overview.** Advanced Distributed Learning . Alexandria, VA: (n. p.).

Advanced Distributed Learning (ADL). (2005)**. Sharable Content Object Reference Model (SCORM) 2004 Overview.** Advanced Distributed Learning. Alexandria, VA: (n. p.).

Advanced Distributed Learning (ADL). (2005)**. SCORM Run-time Environment 1.3.1.** Advanced Distributed Learning. Alexandria, VA: (n. p.).

Aktan, B., Bohus, C.A., Crowl, L.A., Shor, M.H. (1996). **Distance Learning Applied to Control Engineering Laboratories**. IEEE Transactions on Education, Vol. 39, No 3., August 1996.

Brahmawong, C. (2004). **Guidelines for Internet-Based Distance Education in Colleges and Universities in Thailand.** International Journal of The Computer, the Internet and Management, Vol. 11, No 1.

Bhattacharya A. and Gogolski A. (2009). **Hands-on Experience with Virtual Labs: Virtual production environments for safe, affordable technology training.** Rochester, New York.

Du Mont , R. R. (2002). **Distance Learning: A Systems View An Assessment and Review of the Literature.** Research Center for Educational Technology. Kent State University.

Ehlers, U-D. , Pawlowski, J. M. (2006). **Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning.** Heidelberg, Germanny: Springer Berlin.

Feldstein,. M. (2002). **How to design recyclable learning objects**. eLearn 7 (7): 2.

Gomes, L., Coito, F., Costa, A. and Palma, L. (2007). **Teaching, Learning, and Remote Laboratories.** In: Advances on remote laboratories and e-learning experiences. L. Gomes and J. Garcia-Zubia (Ed), 189-204. Univ. Deusto, Bilbao.

Hildebrand, A., Schmidt, C. T. , Engelhardt, M. (2007). **Mobile eLearning Content on Demand**. International Journal of Computing & Information Sciences. 5(2):94-103.

IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC). (2001). **Draft Standard for Learning Object Metadata Version 6.1.** [On-line]. Available: http://ltsc.ieee.org/doc/

Innovative Experiment. (2008). **UCON-UART Documentation**. Bangkok : Innovative Experiment Co., Ltd.

Karweit, M. (2000). **A Virtual Engineering/Science Laboratory Course.** [online]: Available: http://www.jhu.edu/virtlab/virtlab.html

Ko, C. C. ,et al. (2000). **A large scale web-based virtual oscilloscope laboratory experiment.** IEE Engineering Science and Education Journal. 9(2):69-76.

Microship Technology Inc. (2001). **PIC 16F87X Datasheet**. USA: Microship Technology Incorporated.

National Governors Association. (2001). **The State of E-Learning in the States**. USA: National Governors Association.

National Instruments Corporation. (2002). **Distance-Learning Remote Laboratories using LabVIEW**. USA: National Instruments Corporation.

Morrison, D. (2003). **E-learning Strategies How to get implementation and delivery right first time.** West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.

Ostyn, C. (2006). **General architecture for a SCORM 2004 LMS implementation** [On-line]. Available: http://www.ostyn.com/standards/docs/GeneralArchitectureForLMSImplementation-1.htm

Hutchison , P. (2008). **SCORM wrapper v1.1.7.** [On-line]. Available: http://pipwerks.com

Prestera, G. E., and Moller, L. A. (2001). **Organizational Alignment Supporting Distance Education in Post-Secondary Institutions.** Online Journal of Distance Learning Administration IV (IV).

Taboy, J. P. (2006). **A community sharing hands-on centers in engineering's training.** International Journal of Online Engineering Vol 2 (1): 30-35

Tait, G., Chao, N. (2003). **Hands-on Remote Laboratoty for Freshman Engineering Education.** [On-line]. Available: http://fie.engrng.pitt.edu/fie2003/

Todorova, M., Petrova V. (2003). **Learnin Objects.** Proceedings of the 4th international conference conference on Computer systems and technologies: e-Learning**. Rousse, Bulgaria.**

Tomov, O. (2008). **Virtual labs with remote access to a real hardware equipment in the computer systems education**. ACM International Conference Proceeding Series; Vol. 374

Tuttas, J., Wagner, B. (2001). **Distributed Online Laboratories.** International Conference on Engineering Education (ICEE01). Oslo, Norway, August 6-10 2001.

Tuttas, J., Wagner, B. (2002). **The Relevance of Haptic Experience in Remote Experiments.** World Conference on Educational Multimedia,Hypermedia & Telecomunications (ED Media 2002). Denver. USA. June 24-29. 2002

Winer, B.J. (1971). **Statistical Principles in Expermental Design**. Newyork : McGraw-Hill.

Wiley, D. A. (2002). **Connecting Learning Object to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxanomy.** The Instructional Use of Learning Objects.Bloomington, IN: Agency for Instructional Technology.

Zorica, N., Machotka, J., Nafalski, A. (2006). **Engineering Education within UniSA E-Environment**. Proceedings of the 5th IASTED International Conference on Web-based Education (WBE 2006). 23-25 January 2006, Puerto Vallarta, Mexico. pp.365-370.

ภาคผนวก ก

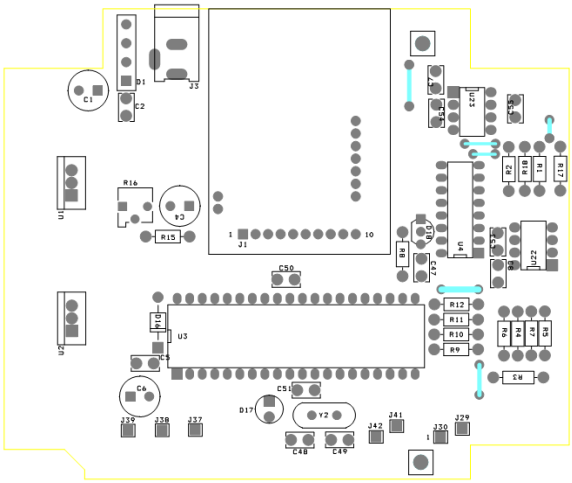
การออกแบบและพัฒนากล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

กล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ประกอบด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์รับสัญญาณทางไฟฟ้า ส่วนของซอฟต์แวร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกจากสายวัด 2 สายโดยจะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง สัญญาณจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ IC (Integrated Circuit) แปลงสัญญาณ A/D เบอร์ MCP3208 ความละเอียด 12 bit ขนาด 8 ช่องสัญญาณ ของบริษัท Microchip Inc. ส่วนการประมวลผลข้อมูลได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ PIC เบอร์ PIC16F877 ของบริษัท เดียวกัน ทำหน้าที่ควบคุมการอ่านข้อมูลจากสายวัดสัญญาณผ่านกล่องแปลงสัญญาณแล้วนำข้อมูลส่งผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้มอดูล USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) ที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านวงจรแปลงสัญญาณจาก RS232 เป็น USB โดยใช้บอร์ดสำเร็จรูป UCON-UART ของบริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด ไปแสดงผลยังซอฟต์แวร์ ActiveX บนบราวเซอร์ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้เรียน โดยมีขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาดังนี้

1. การออกแบบฮาร์ดแวร์

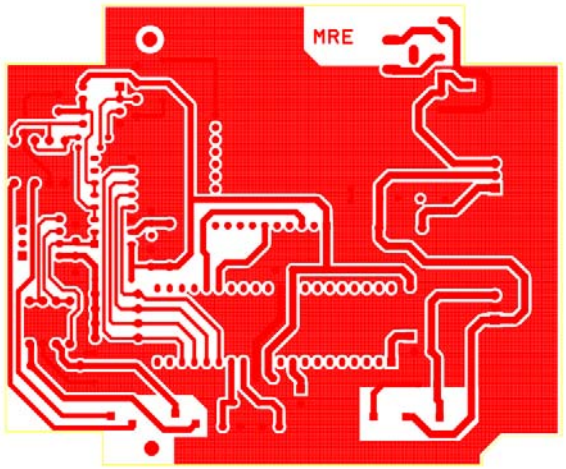
1.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์เริ่มต้นโดยการออกแบบผังวงจรด้วยซอฟต์แวร์ Orcad ตามแนวทางการออกแบบที่ปรากฏในบทที่ 4 เพื่อให้ได้ผังวงจรส่วนต่าง ๆ ประกอบด้วย ภาคจ่ายกระแสไฟ ภาควัดกระแสไฟ ภาควัดแรงดัน ภาคไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และภาคการติดต่อผ่าน USB

1.2 แปลงผังวงจรดังกล่าวเป็นลายสำหรับจัดวางอุปกรณ์ดังภาพที่ 36



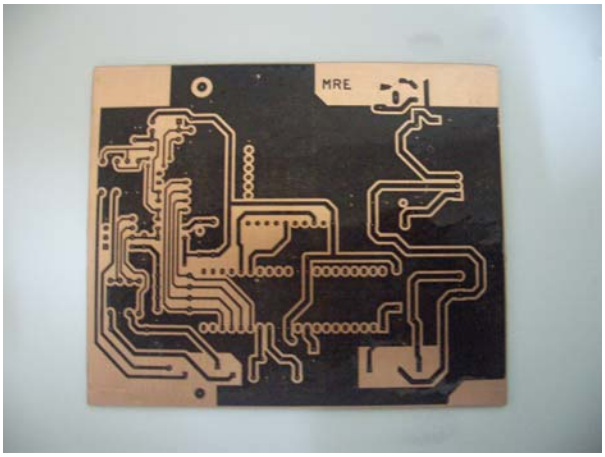
ภาพที่ 36 ผังการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจร

1.3 แปลงลายจัดวางอุปกรณ์เพื่อเตรียมการพิมพ์ลงบนแผ่นวงจร



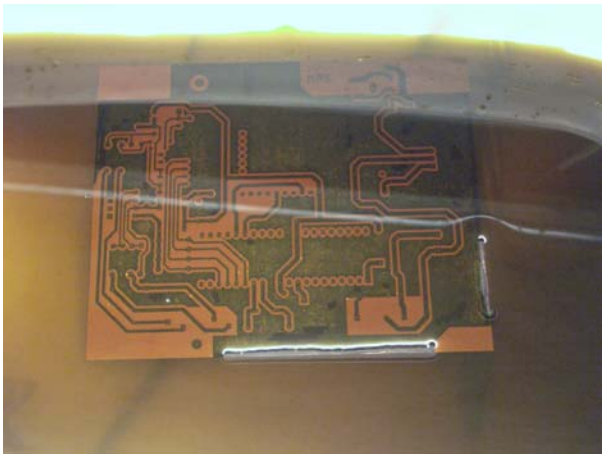
ภาพที่ 37 ลายสำหรับพิมพ์ลงบนแผ่นวงจร

1.4 พิมพ์ลายวงจรด้วยเครื่องพิมพ์เลเซอร์ แล้วนำไปติดกับแผ่นวงจรสำเร็จรูปด้วยการเป่าด้วยความร้อน

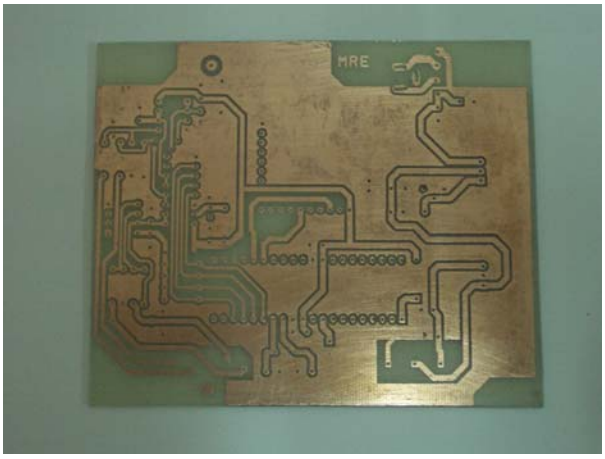


ภาพที่ 38 ลายวงจรที่พิมพ์ลงบนแผ่นวงจรสำเร็จรูปเรียบร้อยแล้ว

1.5 กัดแผ่นวงจรด้วยกรดอ่อนแล้วขัดด้วยแปรงเพื่อลอกแผ่นทองแดงที่ไม่ต้องใช้ออกจากแผ่นวงจรสำเร็จรูป

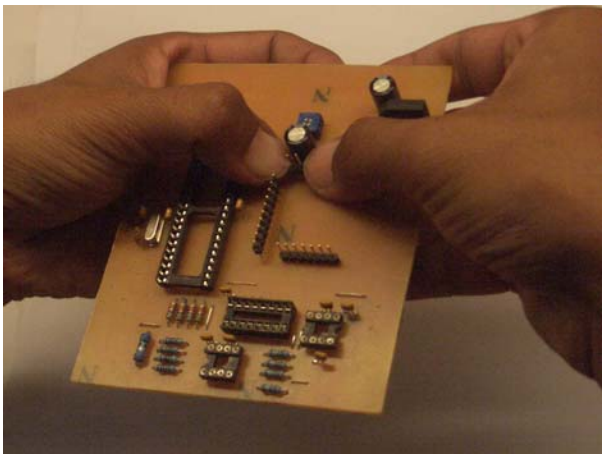


ภาพที่ 39 การกัดแผ่นวงจรด้วยกรดอ่อนเพื่อลอกทองแดงที่ไม่ต้องการออก

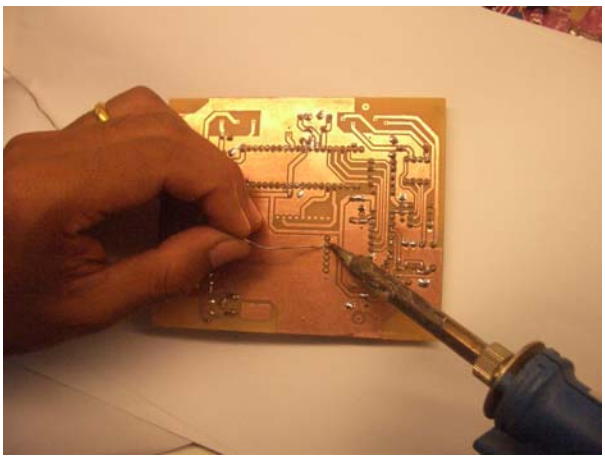


ภาพที่ 40 แผ่นวงจรที่ลอกทองแดงที่ไม่ต้องการออกแล้ว

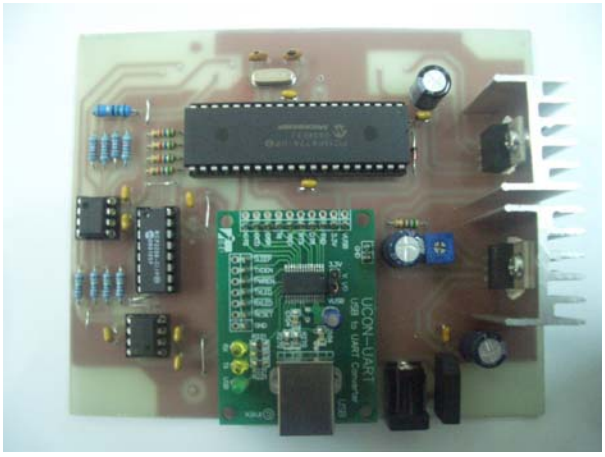
1.6 ทำการเจาะรูปที่แผ่นวงจรตามตำแหน่งขาอุปกรณ์แล้วนำอุปกรณ์มาติดตั้ง จากนั้นเชื่อมขาอุปกรณ์ด้วยหัวแร้งบัดกรี



ภาพที่ 41 การติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจร



ภาพที่ 42 เชื่อมอุปกรณ์เข้ากับแผ่นวงจรด้วยหัวแร้งบัดกรี



ภาพที่ 43 แผงวงจรที่ติดตั้งอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว

2. การออกแบบซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์สำหรับการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ในฮาร์ดแวร์ เขียนด้วยภาษาซี โดยใช้ซอฟต์แวร์ CCS C ดังนี้

```
//PROJECT'S NAME:VOLT/AMP METER
//Compiler:PCW C
//-----------------------------HEAD PROGRAM DEFINE-----------------------------
#include <16F877A.h>
#include <limits.h>
#use delay(clock=20000000)//crytal speed
#use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)//UART enable
#include <stdlib.h>//special function of mat.
#use dynamic_memory
#fuses NOWDT,HS, NOPUT, NOPROTECT, NODEBUG, NOBROWNOUT, NOLVP,
NOCPD, NOWRT

Unsigned int  TxBuffer[5];
Unsigned int16 ADCData[5];
Unsigned int16 ByteData[5];
```

```
unsigned int16 BufferFilterVolt,BufferFilterAmp;

#DEFINE MCP3208
#define SHOWFLOATVALUE

#DEFINE STARTBYTE 0X55
#DEFINE STOPBYTE 0X69

#DEFINE Current_Filter_Length 8
#DEFINE Voltage_Filter_Length 8
#DEFINE FilterLoopDelay 2

#define MCP3208_CLK  PIN_C0
#define MCP3208_DOUT PIN_C1
#define MCP3208_DIN  PIN_C2
#define MCP3208_CS   PIN_C3

#define LED_Tx   PIN_E1

#define K_Voltage 0.00366300366
#define K_Current 0.00366300366

//-----------------------------FIR-FILTER---OK---------------------------------
unsigned int16 FilterCurrent(unsigned int16 Input)
{
  static unsigned int16 FilterBank = 0;
  static unsigned int16 LastFilterValue = 0;
  static unsigned int i;

  if(++i == FilterLoopDelay)
  {
```

```
    FilterBank -= LastFilterValue;
    FilterBank += Input;
    LastFilterValue = (FilterBank/Current_Filter_Length);
    i = 0;
  }
  return (LastFilterValue);
}
//------------------------------FIR-FILTER---OK---------------------------------
unsigned int16 FilterVoltage(unsigned int16 Input)
{
  static unsigned int16 FilterBank = 0;
  static unsigned int16 LastFilterValue = 0;
  static unsigned int i;

  if(++i == FilterLoopDelay)
  {
    FilterBank -= LastFilterValue;
    FilterBank += Input;
    LastFilterValue = (FilterBank/Voltage_Filter_Length);
    i = 0;
  }
  return (LastFilterValue);
}
//-------------------------------------------------------------------------------
//POTOCAL.....>> STARTBYTE...HIGHBYTE VOLTE...LOWBYTE VOLTE...HIGHBYTE
CURRENT...LOWBYTE CURRENT...STOP BYTE
//** Bit7 of HIGHBYTE VOLTE and HIGHBYTE CURRENT,that are negative value sign.
When that is "1",then it is negative value

Void SendRS232Command()
{
```

```
  Static Unsigned int i;
  Unsigned int TxBuffer[7];

  output_high(LED_Tx);
  TxBuffer[0] = STARTBYTE; // STARTBYTE 0X55

  TxBuffer[1] = ByteData[0]; // HIGH BYTE VOLTE METER
  TxBuffer[2] = ByteData[1]; // LOW BYTE VOLTE METER

  TxBuffer[3] = ByteData[2]; // HIGH BYTE CURRENT METER
  TxBuffer[4] = ByteData[3]; // LOW BYTE CURRENT METER

  TxBuffer[5] = STOPBYTE; // STOP BYTE 0X69

  For(i=0; i<6; i++)
  {
    printf("%C",TxBuffer[i]);
    delay_ms(5);
  }
  //printf("\n");
}
//-------------------------------------------------------------------------------
Void ShowFloatData()
{
  float Current,Voltage;
  output_high(LED_Tx);
  Voltage = BufferFilterVolt;
  Current = BufferFilterAmp;
  Voltage *= K_Voltage;
  Current *= K_Current;
  if(bit_test(ByteData[0],7))
```

```
    printf("\rVoltmeter:-%5.2f\n\r",Voltage);
  else
    printf("\rVoltmeter:%5.2f\n\r",Voltage);

  if(bit_test(ByteData[2],7))
    printf("\rAmpmeter:-%5.2f\n\n\r",Current);
  else
    printf("\rAmpmeter:%5.2f\n\n\r",Current);
  delay_ms(20);
}
//---------------------------------------------------------------------------
Void ShowRawData()
{
  printf("\rData0:%lu\n\r",ADCData[0]);
  printf("\rData1:%lu\n\r",ADCData[1]);
  printf("\rData2:%lu\n\r",ADCData[2]);
  printf("\rData3:%lu\n\n\r",ADCData[3]);
}
//---------------------------------------------------------------------------
Void SignCalculator()
{
  Static unsigned int16 SubADC,BufferADC;
  boolean signnum = false;

  if(ADCData[0] >= ADCData[1])
  {
    SubADC = ADCData[0] - ADCData[1];//Nonsigned
  }
  else
  {
    SubADC = ADCData[1] - ADCData[0];//signed
```

```
  signnum = true;
}
BufferFilterVolt = FilterVoltage(SubADC);

BufferADC = BufferFilterVolt;
BufferADC >>= 8;
ByteData[0] = BufferADC;
if(signnum)
{
  bit_set(ByteData[0],7);
  signnum = false;
}
ByteData[1] = BufferFilterVolt & 0b0000000011111111;

if(ADCData[2] >= ADCData[3])
{
  SubADC = ADCData[2] - ADCData[3];//Nonsigned
}
else
{
  SubADC = ADCData[3] - ADCData[2];//signed
  signnum = true;
}
BufferFilterAmp = FilterCurrent(SubADC);

BufferADC = BufferFilterAmp;
BufferADC >>= 8;
ByteData[2] = BufferADC;
if(signnum)
{
  bit_set(ByteData[2],7);
```

```
    signnum = false;
  }
  ByteData[3] = BufferFilterAmp & 0b0000000011111111;
}
//---------------------------------------------------------------------------
void adc_init()
{
  output_high(MCP3208_CS);
}
//---------------------------------------------------------------------------
void write_adc_byte(BYTE data_byte, BYTE number_of_bits)
{
  BYTE i;
  delay_us(2);

  for(i=0; i<number_of_bits; ++i)
  {
    output_low(MCP3208_CLK);
    if((data_byte & 1)==0)
    {
      output_low(MCP3208_DIN);
    }
    else
    {
      output_high(MCP3208_DIN);
    }
    data_byte=data_byte>>1;
    delay_us(50);
    output_high(MCP3208_CLK);
    delay_us(50);
  }
```

```
}
//-----------------------------------------------------------------------
BYTE read_adc_byte(BYTE number_of_bits)
{
  BYTE i,data;

  data=0;
  for(i=0;i<number_of_bits;++i)
  {
    output_low(MCP3208_CLK);
    delay_us(50);
    shift_left(&data,1,input(MCP3208_DOUT));
    output_high(MCP3208_CLK);
    delay_us(50);
  }
  return(data);
}
//-----------------------------------------------------------------------
long int read_analog_mcp(BYTE channel, BYTE mode)
{
  int l;
  long int h;
  BYTE ctrl_bits;

  delay_us(200);

  if(mode!=0)
  {
    mode=1;
  }
```

```
output_low(MCP3208_CLK);
output_high(MCP3208_DIN);
output_low(MCP3208_CS);

if(channel==1)              // Change so MSB of channel #
{
  ctrl_bits=4;          //      is in LSB place
}
else if(channel==3)
{
  ctrl_bits=6;
}
else if(channel==4)
{
  ctrl_bits=1;
}
else if(channel==6)
{
  ctrl_bits=3;
}
else
{
  ctrl_bits=channel;
}

ctrl_bits=ctrl_bits<<1;

if(mode==1)                 // In single mode
{
  ctrl_bits |= 1;
}
```

```
  else                    // In differential mode
  {
    ctrl_bits &= 0xfe;
  }

  ctrl_bits=ctrl_bits<<1;      // Shift so LSB is start bit
  ctrl_bits |= 1;

  write_adc_byte( ctrl_bits, 7);   // Send the control bits

  h=read_adc_byte(4)&0b00001111;
  l=read_adc_byte(8);

  output_high(MCP3208_CS);

  return((h<<8)|l);
}
//-------------------------------------------------------------------------
long int read_analog( BYTE channel )   // Auto specifies single mode
{
  return read_analog_mcp(channel, 1);
}
//-------------------------------------------------------------------------
void convert_to_volts( long int data, char volts[6])
{
  BYTE i, d, div_h, div_l;
  long int temp,div;

  div=0x3330;

  for(i=0;i<=4;i++)
```

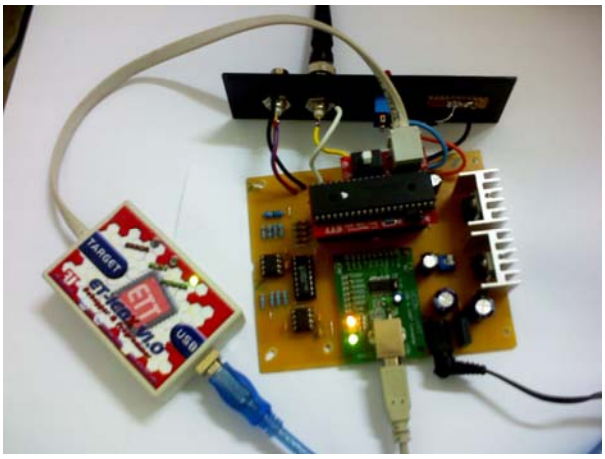
```
  {
   temp=data/div;
   volts[i]=(BYTE)temp+'0';
   if(i==0)
   {
    volts[1]='.';
    i++;
   }
   temp=div*(BYTE)temp;
   data=data-temp;
   div=div/10;
  }
  volts[i]='\0';
}
//---------------------------------------------------------------------------
Void Getanalog()
{
  ADCData[0]=read_analog(0);
  ADCData[1]=read_analog(1);
  ADCData[2]=read_analog(2);
  ADCData[3]=read_analog(4);
}
//---------------------------------------------------------------------------
void main (void)//Main program
{
  //Timer set
  setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_256);                    //13.1mS interrupt
  setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_1);                       //13.1
  setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,127,1);                          //409 uS for interrupt 0-128

  //Interrupt set
```

```
  disable_interrupts(GLOBAL);
  adc_init();
  while(true)
  {
    Getanalog();
    SignCalculator();
  #ifdef SHOWFLOATVALUE
    ShowFloatData();
  #else
    SendRS232Command();
    //ShowRawData();
  #endif
    output_low(LED_Tx);
    delay_ms(10);
  }
}
//---------------------------------------------------------------------------
```

3. การนำซอฟต์แวร์ใส่ลงในไมโครโปรเซสเซอร์

ซอฟต์แวร์ที่เขียนจาก CCS C จะถูกเขียนบนไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยอุปกรณ์การเขียนจากบริษัท ETT เพื่อแปลงโปรแกรมภาษาซี เป็นภาษาเครื่องที่ไมโครโปรเซสเซอร์เข้าใจได้ ดังภาพที่ 44

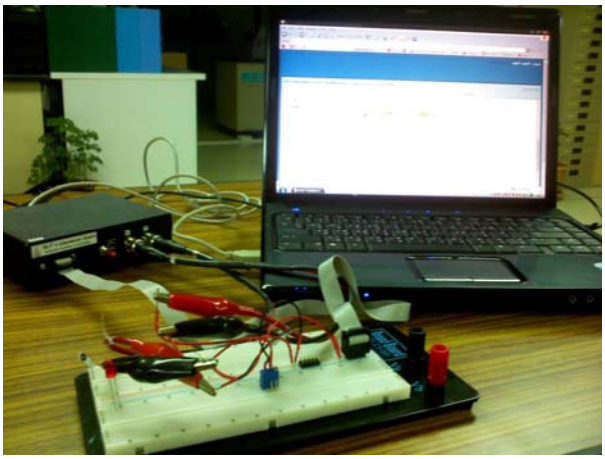


ภาพที่ 44 การเขียนซอฟต์แวร์ลงบนไมโครโปรเซสเซอร์

หลังจากนั้นทำการทดสอบการทำงานของกล่องแปลงสัญญาณ และประกอบแผงวงจรเข้ากับกล่องเพื่อความแข็งแรงดังภาพที่ 45

ภาพที่ 45 กล่องแปลงสัญญาณที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

ภาพที่ 46 กล่องแปลงสัญญาณที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

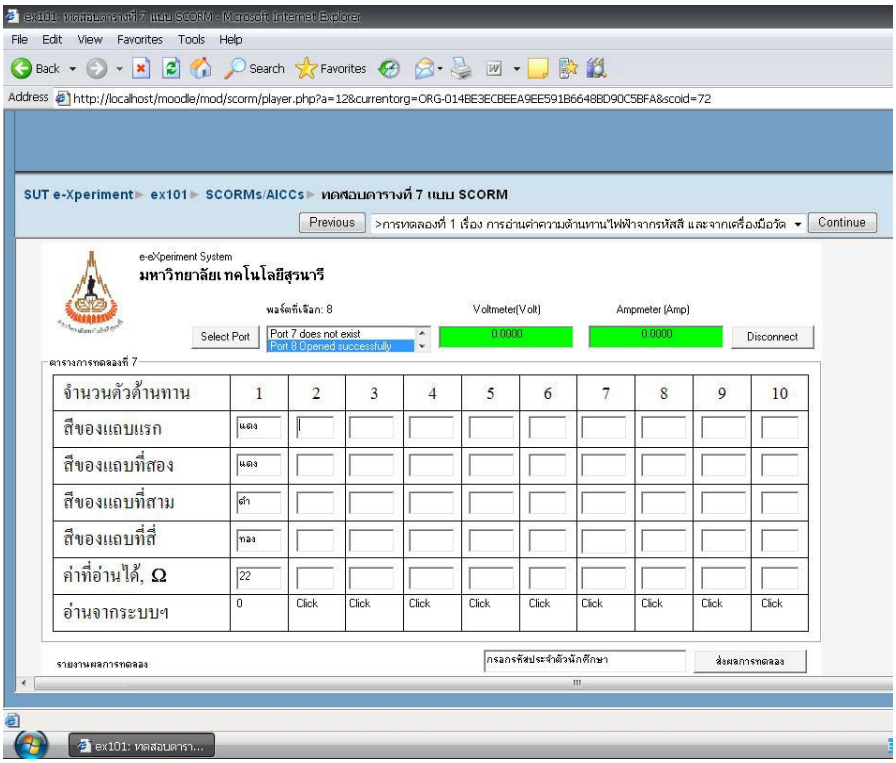


ภาพที่ 47 กล่องแปลงสัญญาณที่ประกอบเข้ากับระบบเรียบร้อยแล้ว

ภาคผนวก ข

การออกแบบวัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม

การออกแบบวัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม (SCO: Shareable Content Object) สามารถรับสัญญาณจากกล่องแปลงสัญญาณ เพื่อแสดงข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ ผ่านโปรโตคอล HTTP (Hypertext Transfer Protocol) ประกอบด้วยเนื้อหาการทดลองที่สร้างจาก Hypertext Markup Language (HTML) ด้วยซอฟต์แวร์ Macromedia Dreamweaver รุ่น 8 ภาพเคลื่อนไหว (Flash Animation) สร้างจากซอฟต์แวร์ Macromedia Flash รุ่น 8 และแฟ้มวีดิทัศน์ (Flash Video - FLV) เพื่อให้รายละเอียดของการทดลองแทนเอกสารคู่มือปฏิบัติการและผู้ช่วยสอนปฏิบัติการ ส่วนซอฟต์แวร์แสดงผลและเก็บผลการทดลองที่รับข้อมูลมา



ภาพที่ 48 วัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์มส่วนของการรับข้อมูลจากอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

1. สร้างเนื้อหาการทดลองด้วยโปรแกรม Adobe Dreamweaver โดยเขียนรหัสดังนี้

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" lang="en" xml:lang="en"><head>
<title>การทดลองที่ 1 เรื่อง การอ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าจากรหัสสี และจากเครื่องมือวัด</title>
```

```
<link href="http://www.pipwerks.com/css/simpleStyling.css" rel="stylesheet" type="text/css">
<style type="text/css">
<!--
#debugConsole {
	background: #FFFFFF;
	font-family: "Courier New", Courier, monospace;
	font-size: small;
	color: #666666;
	border: 1px solid #999999;
}
#debugConsole h1 {
	font-size: small;
	margin: 0;
	padding: .25em 1em;
	background: #CCCCCC;
	color: #666666;
	border-bottom: 1px solid #999999;
}
#debugConsole p {
	margin: 0px;
	padding: .25em 1em;
	color: #990000;
}
-->
</style>
<script type="text/javascript" src="SCORM_API_wrapper.js"></script>
<script type="text/javascript">
//creating shortcut for less verbose code
var scorm = pipwerks.SCORM;
function init(){
	//Specify SCORM 2004:
```

```
		scorm.version = "2004";
		show("Initializing course.");
		var callSucceeded = scorm.init();
		show("Call succeeded? " +callSucceeded)
}
function send( x ) {
  set('cmi.suspend_data', x);
}
function set(param, value){
		show("Sending: '" +value +"'");
		var callSucceeded = scorm.set(param, value);
		show("Call succeeded? " +callSucceeded);
}
function get(param){
		var value = scorm.get(param);
		show("Received: '" +value +"'");
}
function complete(){
		show("Setting course status to 'completed'.");
		var callSucceeded = scorm.set("cmi.completion_status", "completed");
		show("Call succeeded? " +callSucceeded);
}
function end(){
		show("Terminating connection.");
		var callSucceeded = scorm.quit();
		show("Call succeeded? " +callSucceeded);
}
function show(msg){
		var debugText = document.getElementById("debugText");
		if(debugText){
			debugText.innerHTML += msg +"<br/>";
```

```
            }
            //Can also show data using pipwerks.UTILS.trace
            pipwerks.UTILS.trace(msg);
}
window.onload = function (){
            init();
}
window.onunload = function (){
            end();
}
</script>
</head>
<body>
<h3><strong><u>การทดลองที่ </u></strong><strong><u>1 </u></strong></h3>
<p><strong><u>เรื่อง</u>     การอ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าจากรหัสสี  และจากเครื่องมือวัด
</strong></p>
<table width="100%" border="0">
  <tr>
    <td valign="top"><p><strong><u>อุปกรณ์การทดลอง
</u></strong><strong>                                                                                    <u> </
u></strong></p>
      <ol>
        <li>ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการฯ<strong><u></u></strong></li>
        <li>ตัวต้านทานไฟฟ้าที่แสดงค่าจากการอ่านรหัสสี<strong> </strong>ขนาด  0.5
<strong>W</strong>  10  ตัว</li>
        <li>โพเทนชิออมิเตอร์  1<strong>k</strong><strong> <img src="omega.GIF" alt="ohm"
/></strong></li>
        <li>สายไฟเชื่อมต่อ (<em>hookup wire</em>)</li>
        <li>มีด/คีม ตัดสายไฟ </li>
    </ol></td>
    <td><p align="center"> </p>
```

```
   <p align="center"><div id="container"><a
href="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer">Get the Flash Player</a> to see this
player.</div>
        <script type="text/javascript" src="swfobject.js"></script>
        <script type="text/javascript">
                var s1 = new SWFObject("player.swf","ply","320","240","9","#FFFFFF");
                s1.addParam("allowfullscreen","true");
                s1.addParam("allowscriptaccess","always");
                s1.addVariable("width","320");
                s1.addVariable("height","240");
                s1.addVariable("file","rtmp://192.168.1.1/oflaDemo&id=lab1.flv");
        s1.addParam("flashvars","file=http://192.168.1.1/mediaplayer/lab1.flv&image=preview.j
pg");
                s1.write("container");
        </script></p></td>
 </tr>
</table>
<p><strong><u>ขั้นตอนการทดลอง</u></strong></p>
<ol>
 <li>จากตัวต้านทาน 10 ตัวที่ได้จัดไว้ให้นักศึกษาอ่านค่าความต้านทานจากรหัสสีและบันทึกผล
การอ่านลงในตารางที่  7 ด้านล่าง (กรอกด้วยตัวเอง) </li>
 <li>ใช้ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐาน SCORM วัดค่าความต้านทานไฟฟ้า แล้วกด
เลือกช่องที่ต้องการเก็บผลในตารางที่ 7 แถวล่างสุด
   (กดเลือกช่อง ระบบจะกรอกให้อัตโนมัติ)
   <ul>
    <li>กดปุ่ม Select Port เลือกพอร์ตที่อุปกรณ์ต่ออยู่ เพื่อเริ่มรับค่าจากอุปกรณ์วัด</li>
    <li>เมื่อต้องการเก็บค่า ใช้เมาส์กดช่องว่างแถวล่างสุด เพื่อเลือกช่องว่างที่ต้องการกรอกค่า
</li>
    <li>เมื่อวัดได้ครบทุกค่า หากต้องการเลิกติดต่อกับอุปกรณ์วัด กดปุ่ม Disconnect </li>
    <li>กรอกรหัสประจำตัวนักศึกษา</li>
    <li>กดปุ่มส่งผลการทดลอง</li>
```

```
   </ul>
 </li>
</ol>
<!--      If any of the controls on this page require licensing, you must
          create a license package file. Run LPK_TOOL.EXE to create the
          required LPK file. LPK_TOOL.EXE can be found on the ActiveX SDK,
          http://www.microsoft.com/intdev/sdk/sdk.htm. If you have the Visual
          Basic 6.0 CD, it can also be found in the \Tools\LPK_TOOL directory.
          The following is an example of the Object tag:
<OBJECT CLASSID="clsid:5220cb21-c88d-11cf-b347-00aa00a28331">
          <PARAM NAME="LPKPath" VALUE="LPKfilename.LPK">
</OBJECT>
-->
<OBJECT ID="UserControl1"
CLASSID="CLSID:98C160E5-9244-44AF-BC0D-563CF2D1E82A"
CODEBASE="table7.CAB#version=1,0,0,0">
</OBJECT>
<form name="myform">
<div id="debugConsole">
 <h1>สถานะการรับส่งข้อมูล</h1>
   <p id="debugText"></p>
</div>
<div id="content">
 <ol>
   <!--  <li><input type="hidden" name="userText" id="userText" type="text" value="Type some
text here!"><button onClick="send();">Send data to LMS</button></li> -->
   <li><a href="#" onClick="get('cmi.suspend_data'); return false;">Retrieve the data you just
sent to the LMS</a>.</li>
   <li><a href="#" onClick="complete(); return false;">Set course status to 'complete'</a>.</li>
   <li><a href="#" onClick="end(); return false;">Exit Course</a>.</li>
 </ol>
```

```
</div>
</form>
</body>
</html>
```

2. กล่องแปลงสัญญาณ เป็นซอฟต์แวร์แบบ ActiveX ที่ฝังตัวอยู่บนบราวเซอร์ สร้างโดยใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Visual Basic 6.0 ซึ่ง ActiveX จะรวบรวมผลการทดลองทั้งหมดส่งไปยัง LMS โดยเรียกใช้ฟังก์ชั่นของ SCORM Application Programming Interface (API) จากสกอร์ม Wrapper ตามมาตรฐานของสกอร์ม 2004 โดยมีรหัสการเขียนโปรแกรมดังนี้

```
Option Explicit
Dim Buffer As String
Dim volt As Double
Dim amp As Double
Dim ohm As Double
Dim voltmeter
Dim ampmeter
Dim Downstate
Dim i As Integer
Dim port

Private Sub Command1_Click()   'This sub works but isn't reporting if the port
  Dim i As Integer            'was already open.
  Dim x As Integer
  List1.Clear
  Pause 0.05                  'add short delay to see list clear
  On Error Resume Next
  For i = 1 To 20
    MSComm1.CommPort = i
    MSComm1.PortOpen = True
    If MSComm1.PortOpen = True Then List1.AddItem "Port " & i & " Opened successfully"
```

```
    If Err = 8002 Then List1.AddItem "Port " & i & " does not exist"
    Error.Clear
    If Err = 8005 Then List1.AddItem "Port " & i & " is already open"
    Error.Clear
    If Err = 8012 Then List1.AddItem "Port " & i & " Open failed" 'The Device is not open
    Error.Clear
    MSComm1.PortOpen = False
  Next
End Sub

Private Sub Pause(ByVal Delay As Single)       'PauseSub Cred: Mark @ A1VBCODE.COM
   Dim x As Single
   x = Timer + Delay                ' Add a delay to the current time
   Do While x > Timer               ' and waits for the current time
      DoEvents                      ' to catch up.
   Loop                            ' Pause & Delay can be any name, but
End Sub                             ' references to them must also be changed.

Private Sub List1_Click()  'เลือก String จาก Listbox
Dim strListSel As String
   strListSel = List1.Text
    Label17.Caption = Trim$(Mid$(strListSel, 5, 3))   'ตัดคำเริ่มจากตัวที่ 5 เลื่อนมาสามตำแหน่ง
แล้ว Trim สเปซหัวท้ายออก (ในกรณีที่เป็นเลขหลักเดียว)
   MSComm1.CommPort = Label17.Caption
   MSComm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub UserControl_Initialize()
   MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
   MSComm1.InputLen = 1
   MSComm1.RThreshold = 1
```

```
    Label13.BackColor = vbGreen
    Label14.BackColor = vbGreen
    Buffer = ""
End Sub

'//กดปุ่มเพื่อ Disconnect//
Private Sub Command2_Click()
Downstate = Not Downstate
 If Downstate Then
     Command2.Caption = "Connect"
    MSComm1.PortOpen = False
          Label13.Caption = ""
          Label14.Caption = ""
          Label13.BackColor = vbRed
          Label14.BackColor = vbRed
    Else
    Command2.Caption = "Disconnect"
    MSComm1.PortOpen = True
    Label13.BackColor = vbGreen
    Label14.BackColor = vbGreen
    End If
End Sub
'//เซตค่าไมโครซอฟท์ Communication คอนโทรล//
Private Sub MSComm1_OnComm()
  Dim DataIn As Variant
    If MSComm1.CommEvent = comEvReceive Then ' If comEvReceive Event then get data and
display
       DataIn = MSComm1.Input
       If DataIn <> vbCr Then
          Buffer = Buffer + DataIn
       Else
```

```
        If Left(Buffer, 1) = "-" Then
            voltmeter = Mid(Buffer, 2, 6)
            Else
            voltmeter = Mid(Buffer, 1, 6)
          End If
          Label13.Caption = voltmeter
            ampmeter = Right(Buffer, 7)
            Label14.Caption = ampmeter
           Buffer = ""
      End If
   End If
End Sub
'// เก็บค่าลงตารางอัตโนมัติ//
Private Sub Label3_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label3.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
Label3.Caption = ohm
End Sub
Private Sub Label4_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label4.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
```

```
Label4.Caption = ohm
End Sub
Private Sub Label5_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label5.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
Label5.Caption = ohm
End Sub
Private Sub Label6_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label6.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
Label6.Caption = ohm
End Sub
Private Sub Label7_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label7.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
Label7.Caption = ohm
```

```
End Sub
Private Sub Label8_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label8.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
Label8.Caption = ohm
End Sub
Private Sub Label9_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label9.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
Label9.Caption = ohm
End Sub
Private Sub Label10_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label10.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
Label10.Caption = ohm
End Sub
```

```
Private Sub Label11_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label11.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
Label11.Caption = ohm
End Sub
Private Sub Label12_Click()
volt = CDbl(voltmeter)
amp = CDbl(ampmeter)
If amp = 0 Then
Label12.Caption = "out of range"
Else
ohm = volt / amp
End If
Label12.Caption = ohm
End Sub
Private Sub UserControl_Terminate() 'Close the COMM port เมื่อปิดโปรแกรม
If MSComm1.PortOpen = True Then
   MSComm1.PortOpen = False
   End If
End Sub

Private Sub Command4_Click()
Dim result As String
result = "<table><caption>ตารางการทดลองที่ 7</caption><tr><th>จำนวนตัวต้านทาน
</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th>
<th>9</th><th>10</th></tr>"
```

```
result = result & "<tr><td>สีของแถบแรก</td><td> " & Text1.Text & "</td><td>" & Text6.Text
& "</td><td>" & Text11.Text & "</td><td>" & Text16.Text & "</td><td>" & Text21.Text &
"</td><td>" & Text26.Text & "</td><td>" & Text31.Text & "</td><td>" & Text36.Text &
"</td><td>" & Text41.Text & "</td><td>" & Text46.Text & "</td></tr>"
result = result & "<tr><td>สีของแถบที่สอง</td><td>" & Text2.Text & "</td><td>" &
Text7.Text & "</td><td>" & Text12.Text & "</td><td>" & Text17.Text & "</td><td>" &
Text22.Text & "</td><td>" & Text27.Text & "</td><td>" & Text32.Text & "</td><td>" &
Text37.Text & "</td><td>" & Text42.Text & "</td><td>" & Text47.Text & "</td></tr>"
result = result & "<tr><td>สีของแถบที่สาม</td><td>" & Text3.Text & "</td><td>" &
Text8.Text & "</td><td>" & Text13.Text & "</td><td>" & Text18.Text & "</td><td>" &
Text23.Text & "</td><td>" & Text28.Text & "</td><td>" & Text33.Text & "</td><td>" &
Text38.Text & "</td><td>" & Text43.Text & "</td><td>" & Text48.Text & "</td></tr>"
result = result & "<tr><td>สีของแถบที่สี่</td><td>" & Text4.Text & "</td><td>" & Text9.Text
& "</td><td>" & Text14.Text & "</td><td>" & Text19.Text & "</td><td>" & Text24.Text &
```

```
"</td><td>" & Text29.Text & "</td><td>" & Text34.Text & "</td><td>" & Text39.Text &
"</td><td>" & Text44.Text & "</td><td>" & Text49.Text & "</td></tr>"
result = result & "<tr><td>ค่าที่อ่านได้ (โอห์ม)</td><td>" & Text5.Text & "</td><td>" &
Text10.Text & "</td><td>" & Text15.Text & "</td><td>" & Text20.Text & "</td><td>" &
Text25.Text & "</td><td>" & Text30.Text & "</td><td>" & Text35.Text & "</td><td>" &
Text40.Text & "</td><td>" & Text45.Text & "</td><td>" & Text50.Text & "</td></tr>"
result = result & "<tr><td>ค่าที่อ่านได้จากระบบ (โอห์ม)</td><td>" & Label3.Caption &
"</td><td>" & Label4.Caption & "</td><td>" & Label5.Caption & "</td><td>" &
Label6.Caption & "</td><td>" & Label7.Caption & "</td><td>" & Label8.Caption &
"</td><td>" & Label9.Caption & "</td><td>" & Label10.Caption & "</td><td>" &
Label11.Caption & "</td><td>" & Label12.Caption & "</td></tr>"
result = result & "<tr><td>สรุปผลที่ได้จากการทดลอง:</td><td>" & Text52.Text & "</td></tr>"
result = result & "<tr><td>รหัสประจำตัวนักศึกษา</td><td>" & Text51.Text &
"</td></tr></table>"
Parent.script.send (result)
End Sub
```

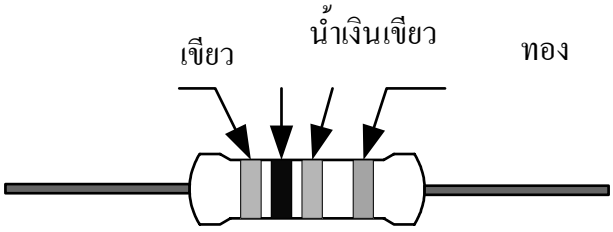
ภาคผนวก ค

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดลองที่ 1 การอ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าจากรหัสสีและจากเครื่องมือวัด

1.1 จากรูปตัวต้านทาน มีค่าความต้านทานกี่โอห์ม ?



ก) 5.6 $k\Omega$

ข) 56 $k\Omega$

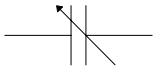
ค) 5.6 $M\Omega$

ง) 56 $M\Omega$

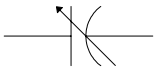
จ) 560 $M\Omega$

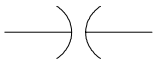
1.2 จากรูป ข้อใดคือสัญลักษณ์ ?

ก)

ข) 

ค)

ง) 

จ) 

1.3 จากข้อ 1.2 เป็นตัวเก็บประจุชนิดใด ?

ก) อีเล็กโทรไลท์

ข) ไมล่า

ค) เซรามิก

ง) แทนทาลั่ม

จ) ไมก้า

1.4 จากรูปตัวต้านทานปรับค่าขนาด 5 $k\Omega$ ถ้า R_{AC} มีค่าเท่ากับ 3 $k\Omega$ แล้ว R_{BC} จะมีค่าเท่าไร?

ก) 1 $k\Omega$

ข) 2 $k\Omega$

ค) 3 $k\Omega$

ง) 4 $k\Omega$

จ) 5 $k\Omega$

1.5 จากรูปตัวเก็บประจุมีค่าความเก็บเก็บประจุเท่าไร ?

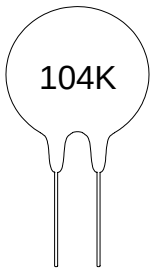
ก) 10 μF $\pm$ 3%

ข) 104 μF $\pm$ 3%

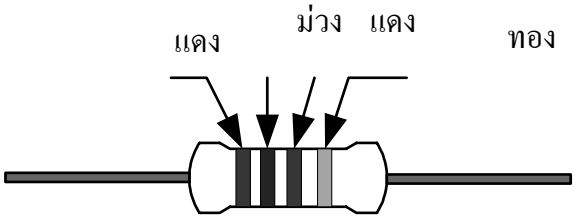
ค) 1 μF $\pm$ 10%

ง) 0.1 μF $\pm$ 10%

จ) 0.001 μF $\pm$ 10%



1.6 จากรูปขดลวดมีค่าความเหนี่ยวนำเท่าไร ?



ก) 2.7 μH $\pm$ 5%

ข) 270 μH $\pm$ 5%

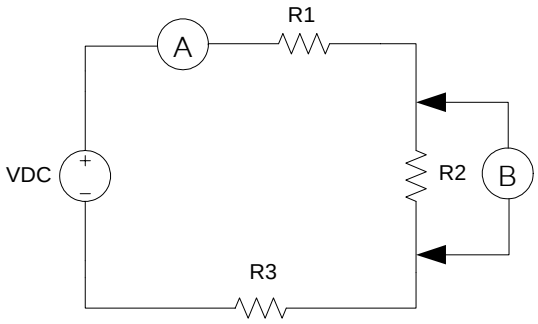
ค) 2.7 mH $\pm$ 5%

ง) 270 mH $\pm$ 5%

จ) 270 H $\pm$ 5%

การทดลองที่ 2 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

2.1 จากรูป A คือ ?



ก) โวลท์มิเตอร์

ข) โอห์มมิเตอร์

ค) มิลลิแอมป์มิเตอร์

ง) วัตต์มิเตอร์

จ) แอลซีอาร์มิเตอร์

2.2 จากรูปข้อ 2.1 B คือ?

ก) โวลท์มิเตอร์

ข) โอห์มมิเตอร์

ค) มิลลิแอมป์มิเตอร์

ง) วัตต์มิเตอร์

จ) แอลซีอาร์มิเตอร์

2.3 จากรูปข้อ 2.1 ถ้าต้องการวัดค่าความต้านทาน R_3 ควรทำอย่างไร ?

ก) ใช้โอห์มมิเตอร์วัดคร่อมที่ R_3

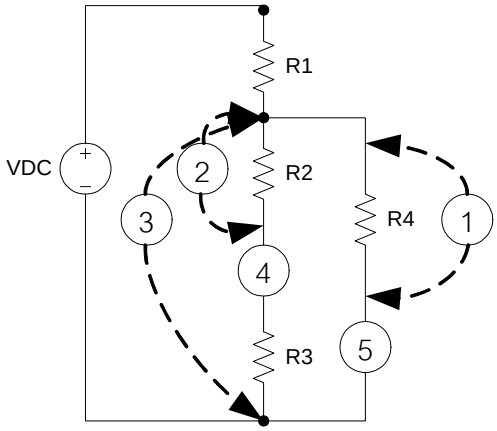
ข) ใช้โอห์มมิเตอร์วัดคร่อมที่ R_3

ค) เปิดวงจรระหว่าง R_2 กับ R_3 ใช้โอห์มมิเตอร์วัดระหว่าง R_2 กับ R_3

ง) เปิดวงจรระหว่างขั้วลบของ VDC กับ R_3 ใช้โอห์มมิเตอร์วัดระหว่างขั้วลบของ VDC กับ R_3

จ) เปิดวงจรใช้โอห์มมิเตอร์วัดคร่อมที่ R_3

2.4 จากรูป ถ้าต้องการวัดแรงดันที่ R_2 จะต้องใช้มิเตอร์วัดที่จุดใด?



ก) 1

ข) 2

ค) 3

ง) 4

จ) 5

2.5 จากรูปข้อ 2.4 ถ้าต้องการวัดกระแสที่ I_{R2} จะต้องใช้มิเตอร์วัดที่จุดใด?

ก) 1

ข) 2

ค) 3

ง) 4

จ) 5

2.6 การใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่าความต้านทานก่อนวัดต้องปฏิบัติอย่างไร ?

ก) ตั้งย่านการวัดให้ต่ำกว่าตัวต้านทานที่จะวัดก่อนทำการวัด

ข) ตั้งย่านการวัดให้เท่ากับตัวต้านทานที่จะวัดก่อนทำการวัด

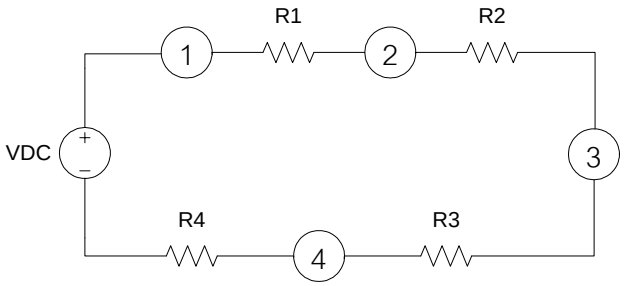
ค) ตั้งย่านการวัดให้สูงว่าตัวต้านทานที่จะวัดก่อนทำการวัด

ง) วัดตัวต้านทานขณะต่อวงจรอยู่

จ) ใช้มือจับขั้วตัวต้านทานทั้งสองให้แน่นขณะวัด

การทดลองที่ 3 การวัดกระแสในวงจรความต้านทานกระแสตรง

3.1 จากรูปการวัดกระแสในวงจรควรวัดที่จุดใดจึงถูกต้อง?



ก) 1

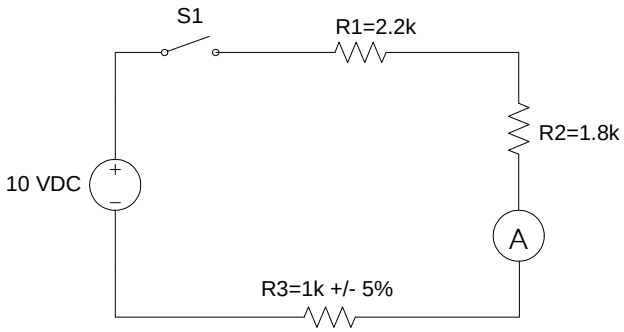
ข) 2

ค) 3

ง) 4

จ) ถูกทุกข้อ

3.2 จากรูปเมื่อปิดสวิทช์ S1 วัดกระแสในวงจรได้เท่าไร?



ก) 1 *mA.*

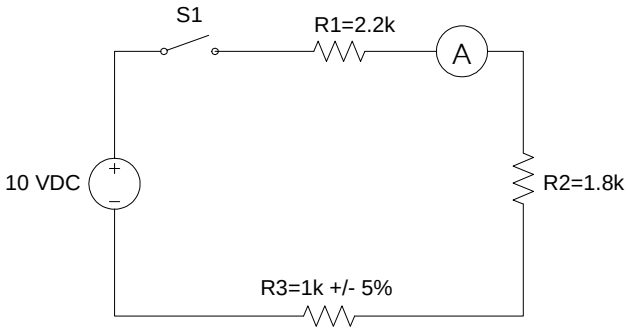
ข) 1.2 *mA.*

ค) 2 *mA.*

ง) 2.4 *mA.*

จ) 3.5 *mA.*

3.3 จากรูปเมื่อปิดสวิทช์ S1 วัดกระแสในวงจรได้เท่าไร ?



ก) 1 *mA.*

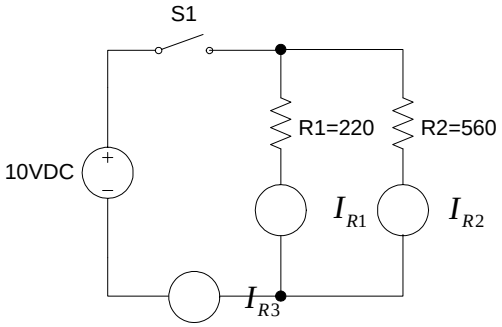
ข) 1.2 *mA.*

ค) 2 *mA.*

ง) 2.4 *mA.*

จ) 3.5 *mA.*

3.4 จากรูปเมื่อปิดสวิทช์ S1 วัดกระแสที่ I_{R1} ได้เท่าไร?



ก) 12.87 *mA.*

ข) 17.86 *mA.*

ค) 34.54 *mA.*

ง) 45.45 *mA.*

จ) 63.31 *mA.*

3.5 จากรูปข้อที่ 3.4 เมื่อปิดสวิทช์ S1 วัดกระแสที่ I_{R2} ได้เท่าไร?

ก) 12.87 *mA.*

ข) 17.86 *mA.*

ค) 34.54 *mA.*

ง) 45.45 *mA.*

จ) 63.31 *mA.*

3.6 จากรูปข้อที่ 3.4 เมื่อปิดสวิทช์ S1 วัดกระแสที่ I_{R3} ได้เท่าไร?

ก) 12.87 *mA.*

ข) 17.86 *mA.*

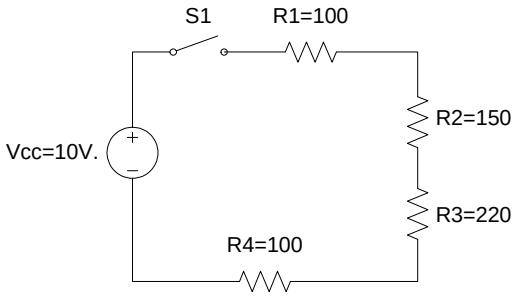
ค) 34.54 *mA.*

ง) 45.45 *mA.*

จ) 63.31 *mA.*

การทดลองที่ 4 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

4.1 จากรูปถ้าปิดสวิทช์ S1 แล้วผลรวมของแรงดัน V_{R1}, V_{R2}, V_{R3} และ V_{R4} จะได้เท่าไร?



ก) 10 V.

ข) 5 V.

ค) -10 V.

ง) -5 V.

จ) 0 V.

4.2 จากรูปข้อ 4.1 เมื่อปิดสวิทช์ S1 แล้วผลรวมของแรงดัน $V_{R1}, V_{R2}, V_{R3}, V_{R4}$ และ V_{CC} จะได้เท่าไร?

ก) 10 V.

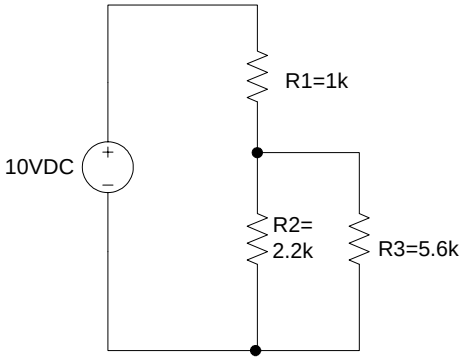
ข) 5 V.

ค) -10 V.

ง) -5 V.

จ) 0 V.

4.3 จากรูปแรงดันตกคร่อม R_3 มีค่าเท่าไร?



ข) 2.1 V.

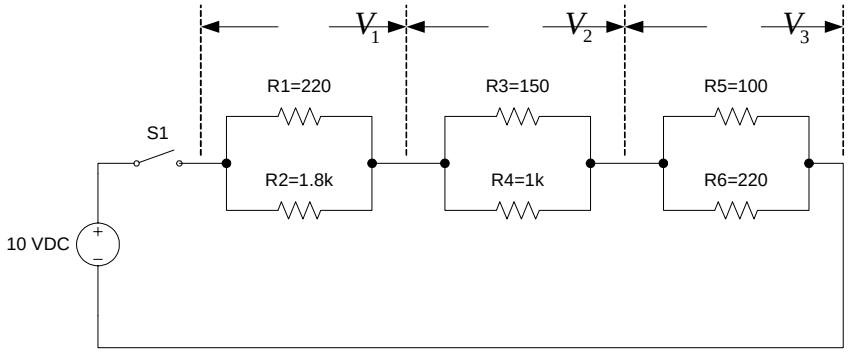
ค) 2.6 V.

ง) 3.8 V.

จ) 4.2 V.

ฉ) 6.9 V.

4.4 จากรูปถ้าปิดสวิทช์ S1 แล้ว วัดค่า V_1 ได้เท่าไร?



ก) 1.74 V.

ข) 2.23 V.

ค) 3.30 V.

ง) 4.96 V.

จ) 5.06 V.

4.5 จากรูปข้อ 4.2 ถ้าปิดสวิทช์ S1 แล้ว วัดค่า V_2 ได้เท่าไร?

ก) 1.74 V.

ข) 2.23 V.

ค) 3.30 V.

ง) 4.96 V.

จ) 5.06 V.

4.6 จากรูปข้อ 4.2 ถ้าปิดสวิทช์ S1 แล้ว วัดค่า V_3 ได้เท่าไร?

ก) 1.74 V.

ข) 2.23 V.

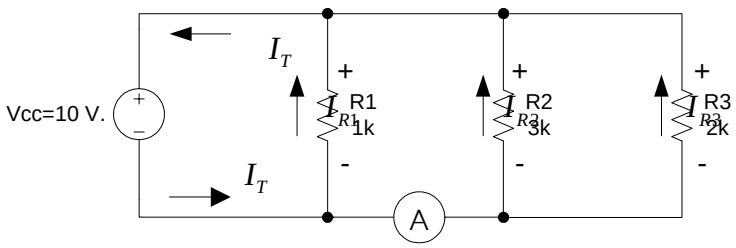
ค) 3.30 V.

ง) 4.96 V.

จ) 5.06 V.

การทดลองที่ 5 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

5.1 จากรูปผลรวมของกระแส I_{R1}, I_{R2} และ I_{R3} จะได้เท่าไร?



ก) 3.33 *mA.*

ข) 5 *mA.*

ค) 8.33 *mA.*

ง) 10 *mA.*

จ) 18.33 *mA.*

5.2 จากรูปกระแสที่จุด A มีค่าเท่าไร?

ก) 3.33 *mA.*

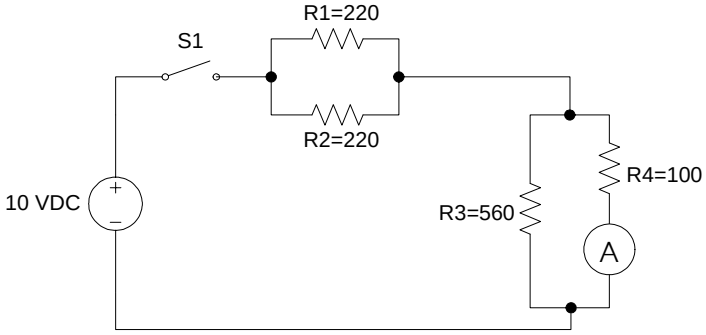
ข) 5 *mA.*

ค) 8.33 *mA.*

ง) 10 *mA.*

จ) 18.33 *mA.*

5.3 จากรูปเมื่อปิดสวิทช์ S1 วัดกระแส I_{R4} ได้เท่าไร?



ก) 33.6 *mA.*

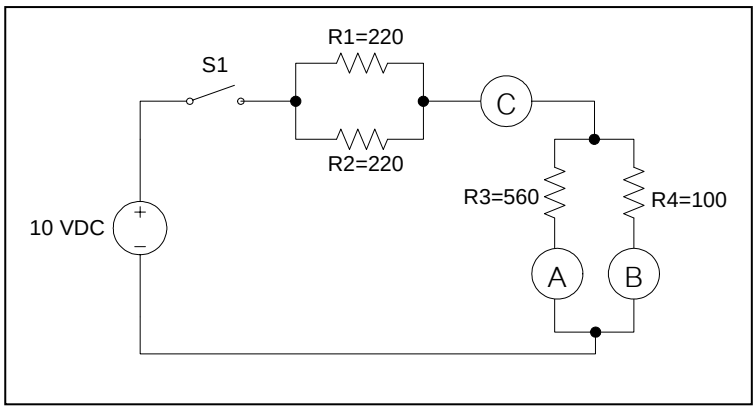
ข) 45.4 *mA.*

ค) 37.4 *mA.*

ง) 42.8 *mA.*

จ) 56.2 *mA.*

5.4 จากรูปถ้าปิดสวิทช์ S1 แล้ววัดกระแสไหลในวงจรที่จุด C จะได้เท่าไร?



ก) 7.77 *mA.*

ข) 23.56 *mA.*

ค) 34.53 *mA.*

ง) 43.50 *mA.*

จ) 51.32 *mA.*

5.5 จากรูปข้อที่ 5.2 ถ้าปิดสวิทช์ S1 แล้ววัดกระแสไหลในวงจรที่จุด A จะได้เท่าไร?

ก) 7.77 *mA.*

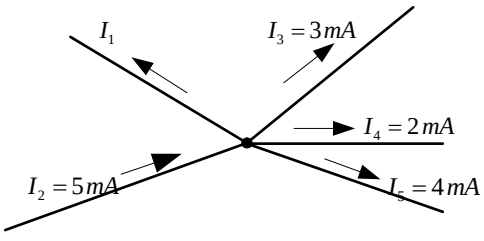
ข) 23.56 *mA.*

ค) 34.53 *mA.*

ง) 43.50 *mA.*

จ) 51.32 *mA.*

5.6 จากรูปกระแส I_1 มีค่าเท่าไร?



ก) 2 *mA.*

ข) -3 *mA.*

ค) 3 *mA.*

ง) -4 *mA.*

จ) 4 *mA.*

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of Item Object Congruence or I.O.C)

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of Item Object Congruence or I.O.C)

แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบทดสอบปรนัย มี 5 ตัวเลือก นำมาใช้ทดสอบกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ก่อนและหลังเรียนเพื่อวัดความรู้

ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ Simple Items Analysis (SIA) ซึ่งเขียนโดย ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ

ตารางที่ 14 แสดงค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SIA

	ข้อที่/วัตถุประสงค์	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	ค่า IOC
1	เพื่อให้สามารถเข้าใจความหมายของสัญลักษณ์อุปกรณ์ทางไฟฟ้าได้	0	1	0	0.33
2		1	1	1	1
3		1	1	0	0.66
4		1	1	0	0.66
5		-1	1	0	0
6		-1	1	0	0
7	เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องมือวัดพื้นฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง	1	1	0	0.66
8		1	1	1	1
9		1	1	1	1
10		1	0	0	0.33
11		-1	1	0	0
12		1	1	0	0.66
13	เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องมือวัดพื้นฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง	1	1	0	0.66
14		1	1	0	.066
15		-1	1	0	0
16		1	1	0	0.66
17		1	1	0	0.66
18		1	1	0	0.66

19	เพื่อให้สามารถหาความสัมพันธ์ของ	-1	1	1	0.33
20	ผลรวมแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดต่าง ๆ	1	1	1	1
21	และแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ สามารถ	0	1	0	0.33
22	พิสูจน์สูตรความสัมพันธ์ของกฎ	1	1	0	0.66
23		0	1	0	0.33
24	แรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จากผลการ	0	1	0	0.33
25	สามารถหาความสัมพันธ์ของผลรวม	-1	1	1	0.33
26	กระแสที่ไหลเข้าและไหลออกจากโหนด	-1	0	1	0
27	ต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าได้ สามารถพิสูจน์	0	1	1	0.66
28		0	0	1	0.33
29	สูตรความสัมพันธ์ของกฎกระแสไฟฟ้า	0	1	1	0.66
30	ของเคอร์ชอฟฟ์จากผลการทดลองได้	1	0	-1	0

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนานจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability)

ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability)

ตารางที่ 15 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม TAP

	ข้อที่/วัตถุประสงค์	p (.20 - .80)	r (>.20)	IOC (>.50)	ข้อที่เลือก
1		0.78	0.58	0.33	-
2	เพื่อให้สามารถเข้าใจความหมาย	0.78	0.48	1	ข้อที่ 1
3	ของสัญลักษณ์อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	0.67	0.31	0.66	ข้อที่ 2
4	ได้	0.78	0.58	0.66	ข้อที่ 3
5		0.22	0.05	0	-
6		0.44	-0.19	0	-
7		0.78	0.32	0.66	ข้อที่ 4
8		0.44	-0.14	1	-
9	เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องมือวัด	0.33	0.25	1	ข้อที่ 5
10	พื้นฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง	0.89	0.67	0.33	-
11		0.11	0.17	0	-
12		0.67	0.73	0.66	ข้อที่ 6
13		0.67	0.63	0.66	ข้อที่ 7
14		0.11	-0.18	.066	-
15	เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องมือวัด	0.89	-0.03	0	-
16	พื้นฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง	0.44	0.47	0.66	-
17		0.56	0.63	0.66	ข้อที่ 8
18		0.22	0.78	0.66	ข้อที่ 9
19	เพื่อให้สามารถหาความสัมพันธ์	0.22	0.36	0.33	-
20	ของผลรวมแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม	0.56	0.58	1	ข้อที่ 10
21	โหลดต่าง ๆ และแหล่งจ่าย	0.22	0.78	0.33	-
22	แรงดันไฟฟ้าได้ สามารถพิสูจน์	0.33	0.71	0.66	ข้อที่ 11
23	สูตรความสัมพันธ์ของกฎ	0.44	0.56	0.33	-
24		0.33	0.80	0.33	-
25	สามารถหาความสัมพันธ์ของ	0.33	0.67	0.33	-

26	ผลรวมกระแสที่ไหลเข้าและไหล	0.22	-0.06	0	-
27	ออกจากโหนดต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าได้ สามารถพิสูจน์สูตรความสัมพันธ์ของกฎกระแสไฟฟ้า	0.56	0.63	0.66	ข้อที่ 12
28		0.11	0.03	0.33	-
29		0.67	0.17	0.66	-
30		0.78	-0.05	0	-
	ค่าความเชื่อมั่น KR-20		0.805		

ภาคผนวก ฉ

ผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 16 ผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ลำดับที่	ประเภทกลุ่ม	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ผลการจัดกลุ่ม
1	1	7	11	4	1
2	1	2	11	9	3
3	1	5	11	6	2
4	1	5	11	6	2
5	1	11	12	1	1
6	1	7	10	3	1
7	1	11	12	1	1
8	1	8	11	3	1
9	1	8	12	4	1
10	1	7	11	4	1
11	1	2	11	9	3
12	1	4	10	6	2
13	1	4	11	7	2
14	1	2	9	7	2
15	1	8	12	4	1
16	1	2	9	7	2
17	1	7	10	3	1
18	1	8	12	4	1
19	1	2	11	2	1
20	1	9	12	3	1
21	1	7	12	5	1
22	1	5	11	6	2
23	1	11	12	1	1
24	1	4	10	6	2
25	1	8	11	3	1
26	1	6	12	6	2

27	1	7	12	5	1
28	1	8	10	2	1
29	1	10	11	1	1
30	1	10	12	2	1
31	1	11	12	1	1
32	1	7	11	4	1
33	1	9	12	3	1
34	1	8	11	3	1
35	1	7	10	3	1
36	1	10	11	1	1
37	1	10	12	2	1
38	1	7	11	4	1
39	2	8	10	2	1
40	2	10	11	1	1
41	2	10	11	1	1
42	2	6	11	5	1
43	2	2	10	8	3
44	2	6	7	1	1
45	2	5	8	3	1
46	2	10	12	2	1
47	2	7	10	3	1
48	2	6	9	3	1
49	2	5	10	5	1
50	2	5	9	4	1
51	2	11	12	1	1
52	2	9	10	1	1
53	2	6	9	3	1
54	2	10	12	2	1
55	2	2	5	3	1
56	2	9	10	1	1

57	2	8	10	2	1
58	2	10	11	1	1
59	2	5	9	4	1
60	2	5	8	3	1
61	2	7	9	2	1
62	2	8	9	1	1
63	2	9	10	1	1
64	2	11	12	1	1
65	2	10	11	1	1
66	2	4	8	4	1
67	2	6	10	4	1
68	2	8	10	2	1
69	2	9	10	1	1
70	2	6	9	3	1
71	2	7	9	2	1
72	2	10	11	1	1
73	2	5	8	3	1
74	2	10	11	1	1
75	2	7	10	3	1
76	2	4	11	7	2

หมายเหตุ	ประเภทกลุ่ม	1	กลุ่มทดลอง
		2	กลุ่มควบคุม
	ผลการจัดกลุ่ม	1	คะแนนอยู่ระหว่าง 0-5 คะแนน
		2	คะแนนอยู่ระหว่าง 5-7 คะแนน
		3	คะแนนอยู่ระหว่าง 7-10 คะแนน
		4	คะแนนอยู่ระหว่าง 10-12 คะแนน

ภาคผนวก ช

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในขณะศึกษา

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในขณะศึกษา

1. นฤดล ดามพ์สุกรี รังสรรค์ วงศ์สรรค์ และทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์. (2552). ระบบปฏิบัติการจริงสำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้. **ใน การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 1** . (หน้า 97-102). กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ ประเทศไทย.

2. นฤดล ดามพ์สุกรี สถิตโชค โพธิ์สะอาด ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์ และรังสรรค์ วงศ์สรรค์. (2552). ผลสัมฤทธิ์ของการศึกษาทางปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้. **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี Suranaree Journal of Social Science** 3 (5): 67-83

ประวัติผู้เขียน

นายนฤดล ดามพ์สุกรี เกิดเมื่อวันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2515 ที่อำเภอเมืองจังหวัดชัยภูมิ เริ่มเข้าศึกษาระดับอนุปริญญา สาขาบริหารธุรกิจ และระดับปริญญาตรีสาขาการจัดการทั่วไป ที่คณะการจัดการ วิทยาลัยครูนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2539 และเข้ารับการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขานิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2550 เริ่มทำงานในตำแหน่งเจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อปี พ.ศ. 2540 และย้ายไปปฏิบัติงานที่ส่วนประชาสัมพันธ์ และโครงการพัฒนาและผลิตสื่อการศึกษา ในตำแหน่งนักเทคโนโลยีการศึกษา จากการทำงานเกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อนำมาใช้ในการผลิตสื่อเพื่อการเรียนการสอน จึงทำให้เกิดแรงจูงใจที่จะศึกษาต่อในระดับปริญญาโทด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมุ่งการวิจัยเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อประโยชน์ทางด้านการเรียนการสอน

ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งนักเทคโนโลยีการศึกษา ฝ่ายผลิตสื่อคอมพิวเตอร์ ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี