

บทที่ 2 ทฤษฎี / งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ ได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลองการใช้มัลติมีเตอร์ สำหรับการศึกษาาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ภายใต้เนื้อหาวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ชุดทดลอง เป็นสื่อการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถให้แก่ผู้เรียน โดยมีรายละเอียดการนำเสนอ และลำดับหัวข้อ คือ

- 2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2546)
- 2.2 การสอนปฏิบัติการทดลอง
- 2.3 องค์ประกอบการสอนปฏิบัติการทดลอง
- 2.4 ใบงานการทดลอง
- 2.5 การสร้างใบงานการทดลอง
- 2.6 การออกแบบการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลอง
- 2.7 เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดทดลอง
- 2.8 การสร้างเครื่องมือในการวัดและประเมินผล
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2546) [5]

2.1.1 หลักการ

1. เป็นหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ หลังมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อพัฒนากำลังคนระดับฝีมือให้มีความชำนาญเฉพาะด้าน มีคุณธรรม บุคลิกภาพ และเจตคติที่เหมาะสม สามารถประกอบอาชีพได้ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน และการประกอบอาชีพอิสระ สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจและสังคมทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับชาติ

2. เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้เลือกรเรียนได้อย่างกว้างขวาง เพื่อเน้นความชำนาญเฉพาะด้านการปฏิบัติงานจริง สามารถเลือกวิธีการเรียนตามศักยภาพและโอกาสของผู้เรียน ถ่ายโอนผลการเรียน สะสมผลการเรียน เทียบความรู้และประสบการณ์จากแหล่งวิทยาการ สถานประกอบการ และสถานประกอบอาชีพอิสระได้

3. เป็นหลักสูตรที่สนับสนุนการประสานความร่วมมือในการจัดการศึกษาร่วมกันระหว่างหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน

4. เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษา ชุมชน และท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรให้ตรงตามความต้องการและสอดคล้องกับสภาพชุมชนและท้องถิ่น

2.1.2 จุดหมาย

1. เพื่อให้มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพตรงตามมาตรฐานวิชาชีพ นำไปปฏิบัติงานอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเลือกวิถีการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสมกับตน สร้างสรรค์ความเจริญต่อชุมชน ท้องถิ่น และประเทศชาติ

2. เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่เรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต และการประกอบอาชีพ สามารถสร้างอาชีพ มีทักษะในการจัดการและพัฒนาอาชีพให้ก้าวหน้าเสมอ

3. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ มีความมั่นใจ และภูมิใจในวิชาชีพที่เรียน รักงาน รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี โดยมีความเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนเองและผู้อื่น

4. เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงาม ทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่นและประเทศชาติ อุทิศตนเพื่อสังคม เข้าใจและเห็นคุณค่าของศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น รู้จักใช้และอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดี

5. เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์ มีคุณธรรม จริยธรรม และวินัยในตนเอง มีสุขภาพอนามัยที่สมบูรณ์ ทั้งร่างกายและจิตใจ เหมาะสมกับงานอาชีพนั้น ๆ

6. เพื่อให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมืองของประเทศ และโลกปัจจุบัน มีความรักชาติ พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

2.1.3 หลักเกณฑ์การใช้หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546)

2.1.3.1 การเรียนการสอน

1. การเรียนการสอนตามหลักสูตรนี้ ผู้เรียนสามารถลงทะเบียเรียนได้ทุกวิธีเรียนที่กำหนด และนำผลการเรียนแต่ละวิธีมาประเมินผลร่วมกันได้ สามารถโอนผลการเรียนและขอเทียบความรู้ และประสบการณ์ได้ด้วย

2. การจัดการเรียนการสอนเน้นการปฏิบัติจริงโดยสามารถนำรายวิชาไปจัดฝึกในสถานประกอบการ ไม่น้อยกว่า 1 ภาคเรียน

2.1.3.2 เวลาเรียน

1. ในปีการศึกษาหนึ่ง ๆ ให้แบ่งภาคเรียนออกเป็น 2 ภาคเรียนปกติ ภาคเรียนละ 18 สัปดาห์ โดยมีเวลาเรียนและจำนวนหน่วยกิต ตามที่กำหนด และสถานศึกษาอาจเปิดสอนภาคเรียนฤดูร้อนได้อีกตามความเห็นสมควร ประมาณ 5 สัปดาห์
2. การเรียนในระบบชั้นเรียน ให้สถานศึกษาเปิดทำการสอนไม่น้อยกว่าสัปดาห์ละ 5 วัน คาบละ 60 นาที (1 ชั่วโมง)

2.1.4 หน่วยกิต

ให้มีจำนวนหน่วยกิต ตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า 102 หน่วยกิต การคิดหน่วยกิตถือเกณฑ์ ดังนี้

1. รายวิชาภาคทฤษฎี 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ตลอดภาคเรียนไม่น้อยกว่า 18 ชั่วโมง มีค่า 1 หน่วยกิต
2. รายวิชาที่ประกอบด้วยภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติให้บูรณาการเรียนการสอนกำหนด 2-3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ตลอดภาคเรียนไม่น้อยกว่า 36-54 ชั่วโมง มีค่า 1 หน่วยกิต
3. รายวิชาที่นำไปฝึกงานในสถานประกอบการ กำหนดเวลาในการฝึกปฏิบัติไม่น้อยกว่า 40 ชั่วโมง มีค่า 1 หน่วยกิต
4. การฝึกอาชีพในระบบทวิภาคี ใช้เวลาฝึกไม่น้อยกว่า 40 ชั่วโมง มีค่า 1 หน่วยกิต
5. การทำโครงการให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

2.1.5 โครงสร้าง

ผู้สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ จะต้องศึกษารายวิชาจากหมวดวิชาต่าง ๆ และเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรไม่น้อยกว่า 107 หน่วยกิต ดังโครงสร้างต่อไปนี้

1. หมวดวิชาสามัญ ไม่น้อยกว่า 28 หน่วยกิต
 - ก) วิชาสามัญทั่วไป 18 หน่วยกิต
 - ข) วิชาสามัญพื้นฐานวิชาชีพ 10 หน่วยกิต
2. หมวดวิชาชีพ ไม่น้อยกว่า 69 หน่วยกิต
 - ค) วิชาชีพพื้นฐาน 25 หน่วยกิต
 - ง) วิชาชีพสาขาวิชา 26 หน่วยกิต
 - จ) วิชาชีพสาขางาน 14 หน่วยกิต
 - ฉ) โครงการ 4 หน่วยกิต
3. หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า 10 หน่วยกิต
4. ฝึกงาน ไม่น้อยกว่า 1 ภาคเรียน

5. กิจกรรมเสริมหลักสูตร ไม่น้อยกว่า 200 ชั่วโมง
รวมไม่น้อยกว่า 107 หน่วยกิต

2.1.6 โครงการ

1. สถานศึกษาต้องจัดให้ผู้เรียนจัดทำโครงการในภาคเรียนที่ 6 ไม่น้อยกว่า 160 ชั่วโมง กำหนดให้มีค่า 4 หน่วยกิต
2. การตัดสินผลการเรียนและให้ระดับผลการเรียนให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับรายวิชาอื่น ๆ

2.1.7 การฝึกงาน

1. ให้สถานศึกษานำรายวิชาในหมวดวิชาชีพไปจัดฝึกในสถานประกอบการอย่างน้อย 1 ภาคเรียน
2. การตัดสินผลการเรียนและให้ระดับผลการเรียนให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับรายวิชาอื่น ๆ

2.1.8 การเข้าเรียน

พื้นความรู้และคุณสมบัติของผู้เรียน ให้เป็นไปตามระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยการจัดการศึกษาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ฉบับปรับปรุง 2546)

2.1.9 การประเมินผลการเรียน

ให้เป็นไปตามระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ฉบับปรับปรุง 2546)

2.1.10 กิจกรรมเสริมหลักสูตร

สถานศึกษาต้องจัดให้มีกิจกรรมเพื่อปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม ระเบียบ วินัยของตนเอง และส่งเสริมการทำงาน ใช้กระบวนการกลุ่มในการทำประโยชน์ต่อชุมชน ทะนุบำรุงขนบธรรมเนียม ประเพณีอันดีงาม โดยการวางแผน ลงมือปฏิบัติ ประเมินผลและปรับปรุงการทำงาน

2.1.11 การสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร

1. ประเมินผ่านรายวิชาในหมวดวิชาสามัญ หมวดวิชาชีพ และหมวดวิชาเลือกเสรี ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแต่ละประเภทวิชาและสาขาวิชา
2. ได้จำนวนหน่วยกิตสะสมครบตามโครงสร้างของหลักสูตรแต่ละประเภทวิชาและสาขาวิชา

3. ได้ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมไม่ต่ำกว่า 2.00
4. เข้าร่วมกิจกรรมและผ่านการประเมินทุกภาคเรียน
5. ประเมินผ่านมาตรฐานวิชาชีพสาขาวิชา

2.1.12 การแก้ไขและเปลี่ยนแปลงหลักสูตร

ให้เลขาธิการงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาเป็นผู้มีอำนาจในการเพิ่มเติม ปรับปรุง หรือยกเลิก ประเภทวิชา สาขางาน รายวิชา และโครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ฉบับปรับปรุง 2546)

2.2 การสอนปฏิบัติการทดลอง

การสอนภาคปฏิบัติในช่วงไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ นั้นมีความสำคัญมากเพราะเป็นการพัฒนาความสามารถของผู้เรียนจากการจัดประสบการณ์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาวิชา และการฝึกทักษะที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนไปสู่งานในช่วงไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ งานปฏิบัติการกิจกรรมที่ผสมผสานกันระหว่างความรู้ข้อมูลในศาสตร์ความสามารถทางสมอง (Intellectual Skill and Cognitive Strategies) ความสามารถทางกาย (Manipulative Skills) และเกิดแรงบันดาลใจ (Affective) ในการสร้างงานให้เป็นผลสำเร็จ กิจกรรมการเรียนการสอนที่สนับสนุนความสามารถเหล่านี้ ได้แก่ การสอนทดลอง ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ได้มีการพัฒนารูปแบบการสอนทดลองเพื่อนำมาใช้ในการสอนช่วงไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความรู้ ทักษะ ความสามารถ และประสบการณ์เป็นอย่างมาก โดยมีนักการศึกษาหลายท่าน ให้ความหมายของการสอนทดลองไว้ ดังนี้

ภพ เลหาไพบุลย์ [6] กล่าวว่า การทดลอง และการปฏิบัติการในห้องทดลอง เป็นส่วนสำคัญที่เน้นพัฒนาวิธีการทดลองและรูปแบบของการปฏิบัติการ เพื่อที่จะให้นักเรียนได้มีความเข้าใจเนื้อหาวิชาที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการ หรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว และเป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ เป็นการเน้นการหาแนวทางให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง หรือคิดค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง โดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลาง ในการเรียนการสอน นักเรียนจะเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองด้วยตนเอง เป็นผู้วางแผนการทดลอง การเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การสังเกต บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง แปลผลและการสรุปผล เป็นการช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง

ทศนา แฉมณี [7] อธิบายไว้ว่า วิธีสอนโดยใช้การทดลอง คือ กระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดโดยการให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาและ

สมมติฐานในการทดลองและลงมือทดลองปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลสรุปอภิปรายผลการทดลองและสรุปการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทดลอง

บุญชม ศรีสะอาด [8] ได้ให้ความหมายของการสอนปฏิบัติการทดลอง คือ การสอนที่ให้ผู้กระทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยการทำการทดลองปฏิบัติโดยผ่านการสังเกตการทดลองสภาพที่ควบคุมไว้ ทำผู้เรียนมีความฉลาดในการใช้เครื่องมือในการทำงานรู้จักสังเกตหาข้อมูลจากสถานการณ์จริงและสามารถสรุปผลจากการศึกษาค้นพบได้ถูกต้อง

ชูศักดิ์ เปลิยนภู [9] ได้ให้ความหมายของการสอนปฏิบัติการทดลอง (Laboratory Instruction) ไว้ว่าการทดลอง (Laboratory) เป็นการให้การศึกษาโดยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสัมผัส และได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ และวัสดุด้วยการลงมือปฏิบัติ เป็นงานที่ฝึกการประสานงานระหว่างข้อมูลทางวิชาการในศาสตร์ ความสามารถทางสมองหรือความคิดกับประสาทสัมผัสต่างๆ (Co-ordination between mental and perceptions) เป็นการให้ประสบการณ์หลายมิติที่พัฒนาความสามารถของมนุษย์หลายประการ

พิสิฐ เมธาภัทรและธีระพล เมธิกุล [10] ได้ให้ความหมายของการสอนปฏิบัติการทดลองไว้ว่าการทดลอง เป็นการให้การศึกษาโดยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสัมผัส และได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือและวัสดุด้วยการลงมือปฏิบัติ ประสบการณ์ที่ได้รับ เริ่มจากการวางแผน การออกแบบ การต่อวงจร การใช้เครื่องมือสำหรับการทดลอง การสังเกต การบันทึกข้อมูลทางเทคนิค การสรุปวิเคราะห์ผล ตลอดจนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับบุคคลในลักษณะต่าง ๆ ตั้งแต่การปรึกษาหารือระหว่างผู้ร่วมงานจนถึงการติดต่อเพื่อหาข้อมูลจากผู้อื่น การจัดการเรียนการสอนในการปฏิบัติการทดลองให้บรรลุเป้าหมายได้ จึงต้องมีการกำหนดสิ่งต่างๆ ให้สอดคล้อง เช่น บทบาทผู้สอน ลำดับขั้นตอนของการสอน และกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า การสอนปฏิบัติการทดลอง เป็นวิธีการสอนที่จัดรูปแบบประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้รับโอกาสฝึกทักษะให้เกิดความสามารถทั้งทางสมองและทางร่างกายจากการนำความรู้ในการเรียนภาคทฤษฎีไปสู่ภาคปฏิบัติเพื่อเป็นการพิสูจน์ข้อเท็จจริงสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องและชัดเจนหรืออาจทำให้เกิดความรู้ใหม่จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในการทดลองที่แตกต่างไปจากทฤษฎีที่กล่าวไว้พร้อมทั้งเป็นการสร้างกณินสัยและทัศนคติที่ดีต่อวิชาชีพช่างอุตสาหกรรม

2.3 องค์ประกอบการสอนปฏิบัติการทดลอง

ฟิลิฐ เมธาภัทรและธีระพล เมธิกุล [10] ได้จัดองค์ประกอบการสอนปฏิบัติการทดลอง ดังนี้

2.3.1 บทบาทของผู้สอนในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง

2.3.2 ลำดับขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลอง

2.3.3 ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง

2.3.1 บทบาทของผู้สอนในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง

การเรียนการสอนปฏิบัติการทดลองนี้ ถึงแม้จะกำหนดให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองก็ตาม แต่ผู้สอนก็ยังมีบทบาทต่อการสอนด้วย โดยผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้คอยดูแลช่วยเหลือผู้เรียนเมื่อผู้เรียนต้องการความช่วยเหลือ ผู้สอนจะมีบทบาทเพียงเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำคอยช่วยเหลือ และคอยสนับสนุนให้ผู้เรียนสนใจปฏิบัติการทดลอง โดยผู้สอนอยู่ในห้องที่ผู้เรียนทำการทดลองตลอดเวลา และควรยืนอยู่ในตำแหน่งที่ผู้เรียนทุกคนสามารถมองเห็นได้ทั่วถึง ผู้สอนไม่ควรมีบทบาทมากเกินไป ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำการค้นคว้า และปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมการสอนอย่างดี นอกจากการเตรียมตัวในการสอนแล้วผู้สอนต้องเตรียมผู้เรียน โดยสร้างแรงจูงใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากที่จะเรียน อยากที่จะทำการทดลอง ผู้สอนอาจจะสาธิตเทคนิค หรืออธิบายหลักการ วิธีการในการทำงานให้ผู้เรียนได้เข้าใจเสียก่อน แนะนำให้ผู้เรียนรู้จักใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการปฏิบัติการทดลองมาสรุปผล และประเมินผลการปฏิบัติงาน บทบาทของผู้สอนในกระบวนการเรียนการสอนที่มีการทดลอง แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre-Lab Discussion) ผู้สอนต้องพยายามเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทาง เพื่อให้ผู้เรียนจะได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ ในการทดลอง อาทิ ควรทำอะไรก่อน หรือไม่ควรทำอะไรตลอดจนเตือนเรื่องความปลอดภัย เป็นต้น

2. การให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment Period) ผู้สอนจะต้องดูแลให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้น สนับสนุนและเป็นที่ปรึกษาอยู่ด้วย มิใช่ปล่อยให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองกันตามลำพังฝ่ายเดียว

3. การอภิปรายภายหลังการทดลอง (Post-Lab Discussion) ผู้สอนจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้ข้อมูล หรือผลการทดลองที่รวบรวมได้ สรุปเป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่างๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาด (Error) ของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วย ผู้สอนจะมีบทบาทเพียงผู้ที่คอยให้คำแนะนำคอยช่วยเหลือ และคอยสนับสนุนให้ผู้เรียนสนใจทำปฏิบัติการทดลอง ผู้สอนไม่ควรมีบทบาทมากเกินไป ควรปล่อยให้ผู้เรียนทำการค้นคว้าทดลองด้วยตนเอง

2.3.2 ลำดับขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลองการสอนปฏิบัติการทดลอง

เป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงและส่งเสริมการค้นพบด้วยตนเอง อาจเป็นการพิสูจน์สิ่งที่คนอื่นค้นพบไว้แล้ว ขณะเดียวกันก็เป็นการค้นคว้าสิ่งใหม่ๆ ไปด้วย เป็นการฝึกการใช้เครื่องมือ การสังเกต การเก็บรวบรวมข้อมูล การแปลความหมายและการเสนอข้อมูล ขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลองสามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นปฐมนิเทศและการสร้างแรงจูงใจ ผู้สอนจะเป็นผู้เสนอแนะสิ่งที่จะทำการทดลองโดยอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจในวิธีการทดลอง และแจกคำแนะนำในการทดลอง (Guide Sheets) การที่ให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจอย่างแจ่มแจ้งในสิ่งที่จะทำการทดลอง จะช่วยให้ผู้เรียนไม่เสียเวลาและจะทำการทดลองด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง
2. ขั้นปฏิบัติการ ผู้เรียนทุกคนอาจจะทำการทดลองในปัญหาเดียวกัน หรือแตกต่างกันก็ได้ การทดลองจะกินเวลานานเท่าใด ขึ้นอยู่กับลักษณะของการทดลอง และความแตกต่างระหว่างบุคคล ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำงานภายใต้การสนับสนุนของผู้สอน ความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นสิ่งที่ควรจะต้องนำมาพิจารณาในการมอบหมายงาน หรือเวลาในการทำงาน
3. ขั้นสรุปผล หลังจากทดลองเสร็จแล้ว จะเป็นขั้นสรุปผลการทดลอง ซึ่งอาจจะดำเนินการทดลองโดย อธิบายถึงธรรมชาติและความสำคัญของปัญหาที่แต่ละกลุ่ม หรือแต่ละคนได้ทำการทดลอง , รายงานข้อมูลหรือข้อค้นพบที่รวบรวมได้ , แสดงตัวอย่างที่ได้จากผลงาน , แสดงนิทรรศการผลงานพร้อมอธิบายประกอบ

2.3.3 ประเภทของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง

สำหรับการให้ผู้เรียนทำปฏิบัติการทดลองนั้น มีวิธีการปฏิบัติที่แตกต่างกัน จำแนกออกได้เป็น 5 รูปแบบ คือ

1. แบบดั้งเดิม (Conventional Type) เป็นการทดลองที่ให้ข้อมูล ให้ผู้เรียนปฏิบัติทดลองอย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีรูปแบบตั้งแต่การบอกวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการทดลอง การติดตั้งอุปกรณ์ กรรมวิธีการใช้เครื่องมือ ขั้นตอนของการวัดและการสังเกตผลการวัดค่าต่างๆ วิธีการบันทึกข้อมูล ตลอดจนการสรุปผลการทดลองประเภทนี้ มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียน ได้รู้จักวิธีการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ หลักการ หรือทฤษฎีบทต่างๆ ตลอดจนการสร้างความรู้ความคุ้นเคยกับกระบวนการทดลอง
2. แบบค้นคว้าด้วยตนเองอย่างมีแนวทาง (Structional Discovery) เป็นการทดลองที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง เพื่อหากฎเกณฑ์เกี่ยวกับหลักการหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น หรือศึกษาการทำงานของเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ตามขั้นตอนที่เหมาะสม การจัดการทดลองอาศัยหลักการของ Discovery Learning โดยผู้เรียนอาศัยความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ ในการค้นคว้าจนถึง Guide Discovery ซึ่งผู้เรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าภายใต้การควบคุมของผู้สอนอย่างใกล้ชิด ข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดลองประเภทนี้ แบ่งออกเป็นส่วนๆ คือข้อมูลสำหรับการเริ่มต้น

ข้อมูลที่ทำให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบเองในระหว่างการทดลองข้อมูลที่แนะนำให้ผู้เรียนปฏิบัติในขั้นสูงขึ้นไปอีก

3. แบบสืบสวนสอบสวน (Investigational Type) เป็นการทดลองที่มุ่งพัฒนาความสามารถของการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ในการทดลอง เพื่อหาข้อมูลพิสูจน์ข้อสงสัย หรือพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยปกติการทดลองประเภทนี้จะไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานอย่างสมบูรณ์ จะละทิ้งข้อมูลบางอย่างเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนจะค้นหาข้อมูลได้ เอกสารการทดลอง (Laboratory Sheet) ก็จะทำให้ข้อมูลบางอย่าง ซึ่งอาจจะเป็นส่วนประกอบของปัญหาในการดำเนินการต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการสืบสวนข้อเท็จจริงต่อไป

4. แบบแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นการทดลองที่มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเกิดความสามารถ ในการพัฒนาระบบการแก้ปัญหาให้กับตัวเอง ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆคือ กระบวนการของการวิเคราะห์ปัญหา กรรมวิธีในการตั้งสมมติฐานสำหรับปัญหาที่พบ การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบต่างๆ กระบวนการหาข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา การสรุปปัญหาวิธีการแก้ปัญหา และผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา ข้อมูลของการทดลองประเภทนี้ จะมีการกำหนดชื่อเรื่องของปัญหาให้ โดยมีรายละเอียดของปัญหาที่พอเหมาะคือไม่มากเกินไป จนเป็นการปิดโอกาสที่ผู้เรียนจะคิดหาทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง และไม่น้อยเกินไปจนผู้เรียนขาดแนวทางที่จะปฏิบัติได้ ต่อจากปัญหาและองค์ประกอบของปัญหา ก็ควรจะเป็นข้อมูลที่จะช่วยในการวางแผนแก้ปัญหา โดยพยายามให้ผู้เรียนสร้างระบบการแก้ปัญหาหลายๆวิธี และคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสม

5. แบบโครงการ (Project Type) เป็นการทดลองที่มีลักษณะเปิดกว้าง ในรูปแบบของสถานการณ์จำลองที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาตามองค์ประกอบของความกว้างของเนื้อหา และขอบเขตของเวลาที่จำกัดภายใต้การควบคุมดูแลของผู้สอน แต่องค์ประกอบภายในยังเป็นงานที่มีขั้นตอนย่อยที่อยู่ในรูปแบบของการทดลองแบบต่างๆ หลายรูปแบบ ตั้งแต่ Discovery จนถึง Problem Solving การทดลองชนิดนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ประสบการณ์หลายด้านกับผู้เรียน ตั้งแต่การแสวงหาข้อมูลในลักษณะของการศึกษาและสำรวจสถานะของงานที่จะทำการออกแบบวงจร และการทดลองเบื้องต้นในรูปแบบต่างๆ แล้วนำผลของการทดลองนั้นมาประยุกต์รวมกันเป็นผลงานรวมที่มีความหมายในตัวเอง การทำการทดลองลักษณะนี้มีวิธีการดำเนินการหลายรูปแบบตั้งแต่การสร้าง แก๊ซโดยอาศัยเครื่องมือที่มีจากโรงงาน และห้องปฏิบัติการจนถึงงานแก้ปัญหาระดับสูง อย่างไรก็ตามการทดลองแบบนี้ก็เป็นงานพื้นฐานนำไปสู่งานโครงการที่ใหญ่ขึ้น

2.4 ใบงานการทดลอง

ชูศักดิ์ เปลียนภู [9] กล่าวว่าใบงานการทดลอง (Laboratory Sheet) หมายถึงเอกสารที่ใช้เป็นคำสั่งให้ปฏิบัติงาน หรือเป็นคำแนะนำให้ผู้เรียนให้สามารถดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ใบงานที่ใช้กันอยู่ในสถาบันการศึกษา จะมีทั้งใบงานการทดลองที่ผู้สอนสร้างขึ้นมาใช้เอง

และประเภทใบงานการทดลองที่ผลิตโดยบริษัทผู้สร้างอุปกรณ์สำหรับการทดลองโดยเฉพาะ หรือจากผู้ผลิตตำราเอกสารสอนเป็นอาชีพ

2.4.1 รูปแบบใบงานการทดลอง

รูปแบบใบงานการทดลองแบบให้ข้อมูลในการทดลอง (Conventional Format) ใบงานการทดลองประเภทนี้ จะให้ข้อมูลละเอียดในการดำเนินงาน แต่ละขั้นตอนโดยตลอด ผู้ปฏิบัติการทดลองทำตามขั้นตอนที่กำหนดให้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เวลาในการคิดหาวิธีการทดลองด้วยตนเอง ใบงานการทดลองประกอบด้วย วัตถุประสงค์และขอบเขตการทดลอง ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการดำเนินการโดยละเอียด มีขั้นตอนการทดลองที่เหมาะสม คำถามให้ผู้ปฏิบัติใช้ความคิดไตร่ตรองดำเนินการทดลอง

2.4.2 ข้อมูลหลักของใบงานการทดลองแบบให้ข้อมูลในการทดลอง

รูปแบบของใบงานการทดลองที่จะสร้างครั้งนี้ เป็นแบบให้ข้อมูลการทดลองซึ่งใช้กับการสอนปฏิบัติการทดลองแบบให้ข้อมูลในการทดลอง (Conventional Type) ที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ในวงการอาชีวศึกษา ดังนั้นรูปแบบของใบงานควรประกอบด้วยข้อมูลหลัก 5 ประการดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไป (Introductory Information) หมายถึงข้อมูลที่แจ้งให้ผู้เรียนได้รู้เรื่องทั่วไปในการปฏิบัติการทดลองเป็นข้อมูลชี้แนะและสร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติการทดลอง ได้แก่ วัตถุประสงค์ของการทดลอง , ความจำเป็นและขอบเขตของงานการทดลอง , การวางแผนงาน

2. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง (Background Information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยเป็นหลักในการวางแผนดำเนินงาน และเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจและปรับปรุงตนเองในสิ่งที่ขาด เพื่อพัฒนาความรู้ให้พร้อมก่อนลงมือปฏิบัติการทดลอง ความรู้ดังกล่าวนี้ได้แก่ , ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง, ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน, ความรู้ในเนื้อหาวิชา

3. ข้อมูลสำหรับดำเนินการ (Procedural Information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินงาน ตามขั้นตอนของการดำเนินงานที่เป็นจริงตามที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานย่อยตั้งแต่การวางแผนงานจริงจากการวิเคราะห์เนื้อหา การกำหนดวงจรและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จนกระทั่งถึงวิธีการเก็บข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงาน

4. ข้อมูลสำหรับการสรุปผลลัพธ์ (Conclusion Information) คือข้อมูลหรือคำแนะนำให้ผู้ปฏิบัติแสดงผลลัพธ์ที่ได้อย่างมีระบบ และสามารถสรุปผลของการทดลองได้ตามรูปแบบที่เหมาะสม ข้อมูลภายในงานจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำรายงาน และสรุปผลการทดลองได้ ลักษณะข้อมูลดังกล่าว อาจจะเป็นคำถามให้คิด หรือหัวข้อที่ให้ผู้เรียนหาข้อมูลมาสนับสนุน

5. ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Assessment Information) คือข้อมูลที่เป็นคำถามใช้ในการตรวจสอบความรู้ ความสามารถและความเข้าใจ ในเรื่องที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติงาน ลักษณะของคำถามอาจแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ คำถามในเนื้อหาที่ทำการทดลองคำถามประเภทนำไปใช้งาน

2.4.3 องค์ประกอบของใบงานการทดลอง

ใบงานการทดลองที่ใช้สำหรับการสอนปฏิบัติการทดลองแบบให้ข้อมูลในการทดลอง

(Conventional Type) จะมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ชื่อเรื่อง แสดงถึงขอบเขตของการปฏิบัติการทดลองนั้น
2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แสดงถึงสิ่งที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียนหลังจากการปฏิบัติการทดลองนั้นสิ้นสุดลง
3. เนื้อหาแสดงถึงภาพรวมของเรื่องที่ต้องการศึกษา คืออะไร ทำงานได้อย่างไร และมีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
4. ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน แสดงถึงผู้ที่ปฏิบัติงานที่กำหนดได้นั้น จะต้องมีความรู้ความสามารถอย่างใดมาก่อน จึงจะปฏิบัติงานนั้นได้ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตราย หรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้ปฏิบัติงานได้
5. ชนิดและจำนวนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ
6. วงจรการทดลอง แสดงถึงลักษณะงานของการทดลองนั้น
7. ข้อควรระวัง แสดงถึงสิ่งที่ต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องมือ และอันตรายต่อผู้ปฏิบัติการทดลอง
8. ลำดับขั้นตอนปฏิบัติการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการดำเนินงานที่เป็นจริงตามที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถจากการปฏิบัติงาน
9. ตารางบันทึกข้อมูลการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการทดลองที่ต้องบันทึกลงในแบบฟอร์ม เพื่อนำผลไปสรุปต่อไป
10. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง แสดงถึงข้อสรุปที่ได้จากการทดลองนั้นและการวิจารณ์ผลการทดลองที่ได้ว่าสัมพันธ์กับทฤษฎีหรือไม่ได้ค้นพบอะไรจากการทดลองนั้น
11. คำถามเป็นคำถามในเรื่องเกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติการทดลอง โดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลในการปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอน เป็นการทดสอบความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติการทดลอง

2.5 การสร้างใบงานการทดลอง

ข้อมูลหลักที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ 5 ข้อมูลด้วยกัน การจัดสรรข้อมูลเหล่านี้ให้เหมาะสมกับองค์ประกอบต่างๆ ของใบงานการทดลองที่ใช้กับการสอนปฏิบัติการทดลองแบบ Conventional Type นั้นควรจัดแสดงให้เห็นด้วยตารางเพื่อสะดวกต่อการหาข้อมูลต่างๆ มาสร้างใบงานการทดลอง

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลและที่มาขององค์ประกอบของใบงานการทดลอง

องค์ประกอบ	ข้อมูล					แหล่งที่มา		
	1	2	3	4	5	C	T	O
1. ชื่อเรื่อง	X					X		
2. วัตถุประสงค์	X							X
3. เนื้อหา		X				X		
4. ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน		X					X	X
5. ชนิดและจำนวนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ		X					X	
6. วงจรการทดลอง			X				X	
7. ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง			X				X	
8. ตารางบันทึกข้อมูล			X				X	
9. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง				X			X	
10. คำถาม					X	X	X	

หมายเหตุ

- | | |
|---|---|
| 1 = ข้อมูลทั่วไป
(Introductory Information) | 5 = ข้อมูลสำหรับการประเมินผล
(Assessment Information) |
| 2 = ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง
(Background Information) | C = ใบวิเคราะห์เนื้อหา
(Content Analysis Sheet) |
| 3 = ข้อมูลสำหรับดำเนินการ
(Procedural Information) | T = ใบวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานย่อย
(Task Analysis Sheet) |
| 4 = ข้อมูลสำหรับการสรุปผลลัพท์
(Conclusion Information) | O = ใบวิเคราะห์วัตถุประสงค์
(Objective Analysis Sheet) |

2.5.1 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง

งานการทดลองนั้น เริ่มต้นจากการสร้างใบงาน การสร้างอุปกรณ์การทดลอง การประเมินผล จนกระทั่งถึงขั้นการสร้างคู่มือใบงานการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์เนื้อหาที่จะสร้างใบงาน การศึกษารายละเอียดของเนื้อหาในการทดลอง เกี่ยวกับเรื่องใดก็ตาม ผู้สร้างใบงานทดลองควรทราบรายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาเป็นอย่างดี และเขียนออกมาเป็นภาษาเขียน จะทำให้ผู้สร้างเห็นความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอด (Concept) และหลักการ (Principle) ภายในเนื้อหาเหล่านั้นได้เป็นอย่างดี และมองเห็นขั้นตอนของการทดลองที่ควรจะเป็นได้อย่างชัดเจน จนสามารถกำหนดจุดสำคัญของการสอน (Teaching Point) ที่เหมาะสมได้

2. การตั้งชื่อใบงาน การตั้งชื่อเรื่องของใบงานการทดลองจะกระทำหลังจากวิเคราะห์เนื้อหาแล้ว ซึ่งจะได้ประเด็นสำคัญของเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการทดลอง ควรตั้งชื่อเรื่องที่มองเห็นภาพพจน์ของงานการทดลองและมีลักษณะท้าทายหรือชวนให้ศึกษา

3. การวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานย่อย การดำเนินงานขั้นนี้ทำเพื่อหาข้อมูลสำหรับเขียนใบงานตามรูปแบบของใบงานแบบให้ข้อมูลในการทดลอง (Conventional Format) ทำให้ได้มาซึ่งองค์ประกอบของใบงานดังที่แสดงไว้ในตารางแสดงข้อมูลและที่มาขององค์ประกอบของใบงานการทดลอง

4. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลอง การกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลองกระทำหลังจากวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานแล้ว ซึ่งจะได้ความรู้และทักษะที่ใช้ในการทำงานว่ามีอะไรบ้างจึงจะทำให้ผู้เรียนบรรลุผลตามเป้าหมายในการทำงานนั้น ความรู้และทักษะจะนำไปใช้ในการเขียนใบงานได้ 2 กรณี คือ ความรู้และทักษะที่ใช้ในการทำงาน นำไปกำหนดเป็นความรู้และความสามารถก่อนเรียน, ความรู้และทักษะที่จะได้รับการทำงานนำไปกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่หวังจะให้ผู้เรียนได้รับ

5. เขียนใบงานการทดลอง ข้อมูลที่ใช้ในการเขียนใบงานการทดลอง จะได้จากใบวิเคราะห์เนื้อหา ใบวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงาน และใบวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน เอกสารต่างๆเหล่านี้จะให้ข้อมูลเพื่อเขียนองค์ประกอบของใบงานแบบให้ข้อมูลในการทดลอง ซึ่งมีแนวทางการเขียนดังนี้ ชื่อเรื่องแสดงถึงขอบเขตของการปฏิบัติการทดลองนั้น , วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แสดงถึงสิ่งที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียนหลังจากการปฏิบัติการทดลอง นั้นสิ้นสุดลง, เนื้อหาแสดงถึงภาพรวมของเรื่องที่ต้องการศึกษา คืออะไร ทำงานได้อย่างไร และมีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง, ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน แสดงถึงผู้ที่ปฏิบัติงานที่กำหนดได้นั้น จะต้องมีความรู้ความสามารถอย่างใดมาก่อน จึงจะปฏิบัติงานนั้นได้ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตราย หรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้ปฏิบัติงานได้, ชนิดและจำนวนวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ, วงจรการทดลอง แสดงถึงลักษณะงานของการทดลองนั้น, ข้อควรระวัง แสดงถึงสิ่งที่ต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องมือและอันตรายต่อผู้ปฏิบัติการทดลอง, ลำดับขั้นตอน

ปฏิบัติการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการดำเนินงานที่เป็นจริงตามที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถจากการปฏิบัติงาน, ตารางบันทึกข้อมูลการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการทดลองที่ต้องบันทึกลงในแบบฟอร์ม เพื่อนำผลไปสรุปต่อไป, สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง แสดงถึงข้อสรุปที่ได้จากการทดลองนั้นและการวิจารณ์ผลการทดลองที่ได้ว่าสัมพันธ์กับทฤษฎีหรือไม่ได้ค้นพบอะไรจากการทดลองนั้น, คำถามเป็นคำถามในเรื่องเกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติการทดลอง โดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลในการปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอน เป็นการทดสอบความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติการทดลอง

6. การสร้างอุปกรณ์ทดลอง
7. การทดลองเบื้องต้น
8. การสร้างคู่มือใบงานการทดลอง

2.6 การออกแบบการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลอง

วัลลภ จันทร์ตระกูล[11] ได้อธิบายขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลองดังนี้

2.6.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการนำชุดทดลองไปใช้ในการสอน

การนำชุดทดลองไปใช้ในการสอน ควรกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน ซึ่งการออกแบบสร้างจะสำเร็จผลตามเป้าหมาย และใช้ได้จริงจะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆประกอบ ได้แก่ สภาพการในการเรียนการสอน, ศึกษาข้อมูลด้านวิชาการ และกลุ่มผู้เรียน จากนั้นก็นำไปใช้เขียนวัตถุประสงค์เป็นข้อๆและกำหนดขอบเขตคุณลักษณะของชุดทดลองที่จะออกแบบสร้าง สุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง

2.6.2 กำหนดหน้าที่ (Function) ของชุดทดลอง

จากคำบรรยายคุณลักษณะของชุดทดลองที่กำหนดขึ้นในข้อที่ 2.5.1 นำมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำพื้นฐาน (Basic Term) ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงรายการหน้าที่ต่างๆของชุดทดลอง ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่

2.6.3 การศึกษาปัจจัยที่จะทำให้ชุดทดลองทำงานได้ตามรายการหน้าที่

ในขั้นนี้เป็นการคิดค้นสิ่งที่ทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ ที่กำหนดโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของวัสดุ สิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสั้นๆ หรือ ภาพสเกตต่างๆ เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์มากที่สุด ชิ้นส่วนที่คิดค้นขึ้นมาควรพิจารณาถึงการประกอบ ความยากง่ายในการผลิตและค่าใช้จ่าย

2.6.4 การวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนของอุปกรณ์

จากการเลือกในข้อที่ 2.5.3 นำมาเลือกหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยพิจารณาเกณฑ์กำหนดเรื่อง ประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษา และราคา

2.6.5 การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ

เมื่อเลือกชิ้นส่วนได้แล้วจะต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบคร่าวๆหรือเป็นภาพงานชิ้นง่ายๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในตอนนี้จะต้องมีการทดลองซึ่งต้องทดลองกลไกหน้าที่ อุปกรณ์บางอย่าง การทำชุดทดลองต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางเทคนิค ค้นหาข้อมูล บางอย่าง เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการ

2.6.6 การเขียนแบบ

เพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไปงานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญมาก แบบงานจะเป็นข้อมูล สำหรับดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดทดลองจะต้องมีแบบทั้งแบบภาพประกอบและการแยก ชิ้น

2.6.7 การเตรียมเอกสารประกอบ

อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไปจะต้องจัดเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้จะได้ใช้ อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์

2.7 เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดทดลอง

การพัฒนาชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เรื่องการใช้งานมัลติมิเตอร์ สำหรับ การศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชา ช่างอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ คำอธิบายรายวิชา 2104-2204 วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ตามหลักสูตรประกาศนียบัตร วิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546) ศึกษาเนื้อหาทั้งทฤษฎีและปฏิบัติที่มีหลักการ เกี่ยวข้องกับวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ดังต่อไปนี้

2.7.1 มัลติมิเตอร์(Multimeters)

มัลติมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดที่มีประโยชน์มาก เพียงแต่ปรับหมุนสวิตช์ตำแหน่งบนตัวมิเตอร์โดยไม่ ยากและรวดเร็ว ก็สามารถตั้งเป็นโวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ หรือ โอห์มมิเตอร์ นอกจากนี้มิเตอร์ที่ เลือกแต่ละแบบก็สามารถเลือกพิสัยการวัดได้หลายระยะ และเลือกไฟกระแสสลับ(AC) หรือไฟ

กระแสตรง(DC)ได้ มัลติมิเตอร์ บางชนิดมีคุณสมบัติการวัดเพิ่มเติม เช่น วัดค่าความจุ วัดความถี่ และทดสอบทรานซิสเตอร์ได้เป็นต้น

2.7.1.1 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

ดิจิตอลมิเตอร์แทบทุกชนิดใช้กำลังงานจากแบตเตอรี่ จึงไม่มีการกินกำลังจากวงจรที่ทดสอบ นั่นหมายความว่าในพิสัยแรงดันกระแสตรงมีความต้านทาน สูงมาก ปกติเรียกว่าอิมพีแดนซ์ด้านเข้าประมาณ $1\text{M}\Omega$ หรือสูงกว่า เช่น $10\text{M}\Omega$ และจะไม่เกิดผลต่อวงจรที่ทำการทดสอบ พิสัยการวัดธรรมดาทั่วไปสำหรับมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลค่าที่ให้นี้เป็นค่าที่อ่านได้สูงสุดในแต่ละพิสัยแรงดัน DC: 200mV, 2000mV, 20V, 200V, 600V. แรงดัน AC: 200V, 600V. กระแส DC: 200 μ A, 2000 μ A, 20mA, 200mA, 10A พิสัย 10A ปกติไม่ผ่านฟิวส์ และต้องต่อวัดกับช่องเสียบแยกต่างหาก ความต้านทาน : 200 Ω , 2000 Ω , 20k Ω , 200k Ω , 2000k Ω , มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลจะมีพิสัยเฉพาะสำหรับ ทั้งนี้ เพราะค่าพิสัยความต้านทานของมิเตอร์แบบนี้ไม่สามารถใช้ทดสอบไดโอดและอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอื่นๆได้

มัลติมิเตอร์ถือว่าเป็นเครื่องมือวัดที่จำเป็นสำหรับงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ เพราะว่าเป็นเครื่องมือที่ใช้ค่าพื้นฐานทางไฟฟ้าคือ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบหรือการตรวจซ่อมวงจรต่าง ๆ ก็จำเป็นต้องวัดค่าเหล่านั้นทั้งสิ้น มัลติมิเตอร์เป็นการรวม Voltmeter Ammeter และ Ohmmeter ไว้ในตัวเดียวกัน และใช้มูฟเมนต์ (Movement) ตัวเดียวจึงเรียก “VOM” (Volt-Ohm-Milliammeter)

นอกจากนี้ VOM ยังสามารถนำไปวัดค่าอื่น ๆ ได้อีก เช่น วัดอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ (hFE) วัดค่าความดัง (Decibel: dB) ฯลฯ



รูปที่ 2.1 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

2.7.1.2 มัลติมิเตอร์แบบแอนะล็อก

มัลติมิเตอร์แบบแอนะล็อกจะกินกำลังเล็กน้อยจากวงจรที่ทดสอบ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความไวอย่างน้อย $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ไม่งั้นมันแล้วอาจจะมีผลทำให้วงจรที่ทดสอบผิดปกติและ ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง

แบตเตอรี่ภายในมิเตอร์มีไว้สำหรับพิสัยการวัดความต้านทาน ใช้ได้นานเป็นปี แต่ต้องไม่ให้สายมิเตอร์แตะกัน หากตั้งพิสัยการวัดความต้านทานไว้ เพราะจะทำให้แบตเตอรี่หมด และเพื่อป้องกันแบตเตอรี่หมดเร็ว เมื่อเลิกใช้งานควรปรับตั้งไว้ที่ตำแหน่งอื่นๆหรือตำแหน่งปิด พิสัยการวัดธรรมดาทั่วไปสำหรับมัลติมิเตอร์แบบแอนะล็อก

แรงดัน DC: 0.5V, 2.5V, 10V, 50V, 250V, 1000V.

แรงดัน AC: 10V, 50V, 250V, 1000V.

กระแส DC: $50\mu\text{A}$, 2.5mA, 25mA, 250mA.

ความต้านทาน: $\times 1\Omega$, $\times 10\Omega$, $\times 1\text{k}\Omega$, $\times 10\text{k}\Omega$

ในกรณีที่ไม่มีตำแหน่งปิด(0ff) ขอเสนอให้ตั้งมัลติมิเตอร์แบบแอนะล็อกไว้ที่พิสัยการวัดแรงดันกระแสตรง เช่น 10V เมื่อเลิกใช้งาน เพราะโอกาสที่จะเสียหายอันเกิดจากการวัดผิดพลาดพิสัยนี้มีน้อยกว่า และใช้ได้เลยในการวัดครั้งต่อไป เนื่องจากพิสัยนี้จะถูกใช้มากที่สุด

สำหรับมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลแล้วจะต่างออกไปคือค่าความต้านทานทุกพิสัยการวัดแรงดันกระแสตรงจะคงที่ อย่างน้อยก็ $1\text{M}\Omega$ (ส่วนมาก $10\text{M}\Omega$) ซึ่งมากพอสำหรับการวัดทดสอบได้กับ วงจรทุกรูปแบบ

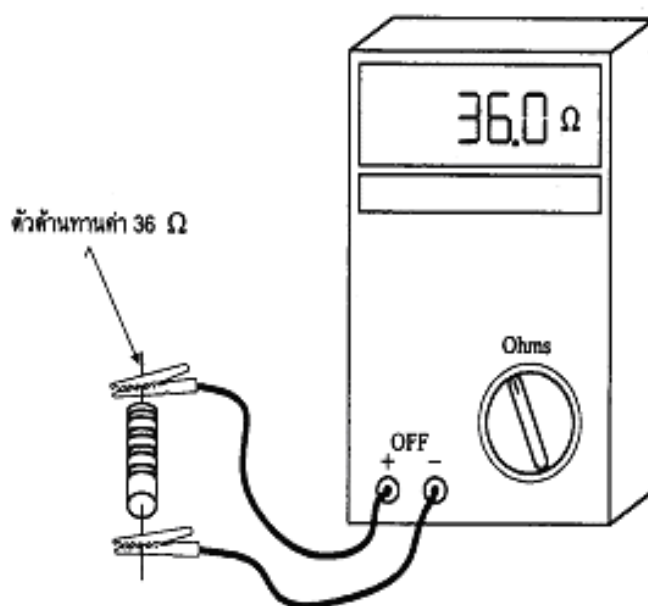


รูปที่ 2.2 มัลติมิเตอร์แบบแอนะล็อก

2.7.2 การวัดความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์

การวัดความต้านทานของอุปกรณ์จะต้องไม่วัดในวงจร เพราะจะได้ค่าที่ไม่ถูกต้องแม้จะตัดแหล่งจ่ายกำลังออกหรืออาจทำให้มัลติมิเตอร์เสียหายได้ เทคนิคการใช้มิเตอร์แต่ละแบบจะต่างกันจึงขอแยกอธิบายวิธีปฏิบัติดังนี้

2.7.2.1 การวัดความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล



รูปที่ 2.3 วิธีการวัดความต้านทานโดยใช้โอห์มมิเตอร์แบบดิจิตอล

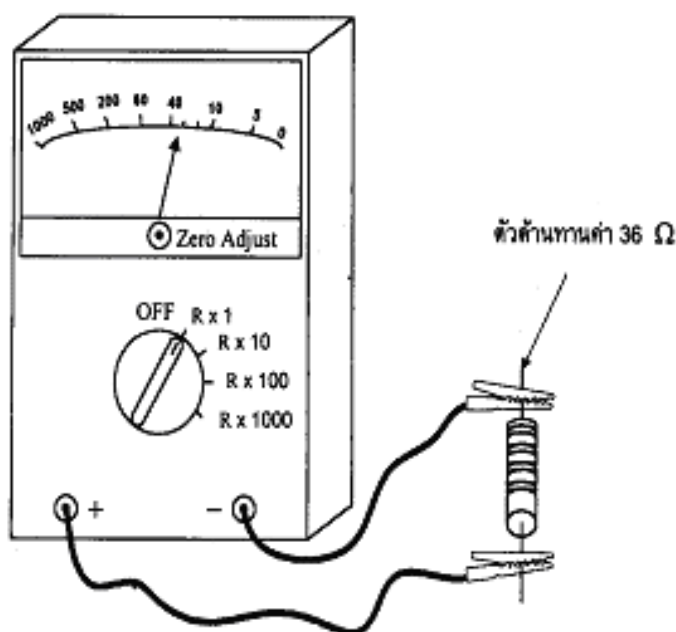
ก. พยายามวัดความต้านทานให้สูงกว่าความต้านทานที่คาดว่าจะวัด สังเกตว่าหน้าปัดมิเตอร์จะแสดงอาการเกินสเกล

ข. เอาสายวัด(โพรบ)มิเตอร์แตะกัน มิเตอร์จะอ่านได้ศูนย์ ถ้าอ่านไม่ได้ศูนย์ ให้บิดสวิตช์ไปตั้ง ค่าศูนย์ (Set Zero) หากมิเตอร์มีการปรับค่าศูนย์ได้

ค. ต่อสายวัดคร่อมอุปกรณ์ ต้องต่อสัมผัสให้แน่นเพื่อจะได้อ่านค่าที่ถูกต้อง

2.7.2.2 การวัดความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์แบบแอนะล็อก

สเกลค่าความต้านทานของมิเตอร์แบบแอนะล็อกจะอยู่ข้างบนสุด เป็นสเกลที่ไม่ปกติเพราะต้องอ่านค่าย้อนหลังและไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้อ่านไม่ค่อยสะดวก



รูปที่ 2.4 วิธีการวัดความต้านทานโดยใช้โอห์มมิเตอร์แบบแอนาล็อก

ก. ตั้งพิสัยการวัดความต้านทานของมิเตอร์ที่เหมาะสมควรเลือกพิสัยที่เราคาดว่าความต้านทานที่วัดได้จะอยู่ใกล้ๆกลางสเกล ตัวอย่าง เช่น จากสเกลข้างล่าง หากจะวัดความต้านทานประมาณ $50\text{k}\Omega$. ให้เลือกพิสัย $\times 1\text{k}\Omega$

ข. แตะสายวัดเข้าด้วยกันแล้วปรับปุ่ม "0 Ω ADJ" จนกระทั่งเข็มชี้ที่ศูนย์ (ทางด้านขวา) หากไม่สามารถปรับให้เข็มชี้ศูนย์ได้แสดงว่าแบตเตอรี่ในมิเตอร์หมดต้องเปลี่ยนใหม่

ค. ต่อโพรบวัดคร่อมอุปกรณ์ที่ต้องต่อสัมผัสให้แน่นเพื่อจะได้อ่านค่าที่ถูกต้อง การอ่านสเกลความต้านทานแอนาล็อก

2.7.3 การวัดความต้านทาน (Resistant measuring circuit)

การวัดค่าความต้านทานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะต้องวัดในสถานะที่ไม่มีแรงดันไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่วงจรภายในของมิเตอร์จะต้องมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ภายในเพื่อกำหนดค่ากระแส ของวงจร การวัดความต้านทานจึงเป็นการนำเอาความต้านทานที่ต้องการทราบค่า ไปกำหนดการไหลของกระแสในวงจร เพื่อกำหนดการอ่าน ขั้วแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ตรงข้ามกับขั้วภายนอกของมิเตอร์

2.7.4 วงจรส่วนการวัดความต้านทาน

จากการที่ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ทำให้ค่ากระแสที่กำหนดในเบื้องต้นของการวัดสภาวะ 0 โอห์ม ไม่แน่นอนตามสภาพของแบตเตอรี่ จึงต้องมีวงจรส่วนที่กำหนดค่ากระแสเริ่มต้นที่เรียกว่า การปรับ 0 โอห์ม (0 W ADJ) ซึ่งจะต้องปรับค่า 0 โอห์ม ทุกครั้งก่อนการวัดค่าความต้านทานใดๆ หรือเมื่อเปลี่ยนย่านการวัดความต้านทานย่านใหม่ แสดงการปรับค่าเริ่มต้นที่ 0 โอห์ม ก่อนวัดค่าความต้านทานการอ่านค่าความต้านทาน ให้ดูรายละเอียดจากขีดแถบบนสุด อ่านจากขวามาซ้าย ค่าที่อ่านได้จะตรงข้ามกับลักษณะของเข็มที่ขึ้น เช่น เข็มมีเตอร์ขึ้นมาก จะอ่านได้ค่าความต้านทานน้อย โดยมีรายละเอียดแต่ละช่วงบนหน้าปัดดังนี้

1. ตำแหน่ง X 1 ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ $0\ \Omega$ - $2\ \text{k}\Omega$ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทานระหว่าง $0\ \Omega$ - $100\ \Omega$ มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัดดังนี้

ตั้งแต่ 0 – 2 อ่านค่าช่องละ $0.2\ \Omega$

ตั้งแต่ 2 – 20 อ่านค่าช่องละ $0.5\ \Omega$

ตั้งแต่ 10 – 20 อ่านค่าช่องละ $1\ \Omega$

ตั้งแต่ 20 – 50 อ่านค่าช่องละ $2\ \Omega$

ตั้งแต่ 50 – 100 อ่านค่าช่องละ $5\ \Omega$

2. ตำแหน่ง X 10 ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ $0\ \Omega$ - $20\ \Omega$ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทานระหว่าง $10\ \Omega$ - $1\ \text{k}\Omega$ มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัด ดังนี้

ตั้งแต่ 0 – 2 อ่านค่าช่องละ $2\ \Omega$

ตั้งแต่ 2 – 20 อ่านค่าช่องละ $5\ \Omega$

ตั้งแต่ 10 – 20 อ่านค่าช่องละ $10\ \Omega$

ตั้งแต่ 20 – 50 อ่านค่าช่องละ $20\ \Omega$

ตั้งแต่ 50 – 100 อ่านค่าช่องละ $50\ \Omega$

3. ตำแหน่ง X 100 ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ $0\ \Omega$ - $20\ \text{k}\Omega$ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทานระหว่าง $100\ \Omega$ - $10\ \text{k}\Omega$ มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัดดังนี้

ตั้งแต่ 0 – 2 อ่านค่าช่องละ $20\ \Omega$

ตั้งแต่ 2 – 20 อ่านค่าช่องละ $50\ \Omega$

ตั้งแต่ 10 – 20 อ่านค่าช่องละ $100\ \Omega$

ตั้งแต่ 20 – 50 อ่านค่าช่องละ $200\ \Omega$

ตั้งแต่ 50 – 100 อ่านค่าช่องละ $500\ \Omega$

4. ตำแหน่ง X 1k ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ $0\ \Omega$ - $20\ k\Omega$ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทานระหว่าง $1K\Omega$ - $2\ M\Omega$ มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัดดังนี้

ตั้งแต่ 0 – 2 อ่านค่าช่องละ 200 Ω

ตั้งแต่ 2 – 20 อ่านค่าช่องละ 500 Ω

ตั้งแต่ 10 – 20 อ่านค่าช่องละ 1 $k\Omega$

ตั้งแต่ 20 – 50 อ่านค่าช่องละ 2 $k\Omega$

ตั้งแต่ 50 – 100 อ่านค่าช่องละ 5 $k\Omega$

ตั้งแต่ 100 – 200 อ่านค่าช่องละ 20 $k\Omega$

5. ตำแหน่ง X 10K ใช้วัดค่าความต้านทานตั้งแต่ $0\ \Omega$ - $20\ M\Omega$ แต่นิยมใช้วัดค่าความต้านทานระหว่าง $10K\Omega$ - $2\ M\Omega$ มีรายละเอียดแต่ละช่วงหน้าปัดดังนี้

ตั้งแต่ 0 – 2 อ่านค่าช่องละ 2 Ω

ตั้งแต่ 2 – 20 อ่านค่าช่องละ 5 $k\Omega$

ตั้งแต่ 10 – 20 อ่านค่าช่องละ 10 $k\Omega$

ตั้งแต่ 20 – 50 อ่านค่าช่องละ 20 $k\Omega$

ตั้งแต่ 50 – 100 อ่านค่าช่องละ 50 $k\Omega$

ตั้งแต่ 100 – 200 อ่านค่าช่องละ 200 $k\Omega$

ตั้งแต่ 200 – 300 อ่านค่าช่องละ 500 $k\Omega$

ตั้งแต่ 300 – 350 อ่านค่าช่องละ 1 $M\Omega$

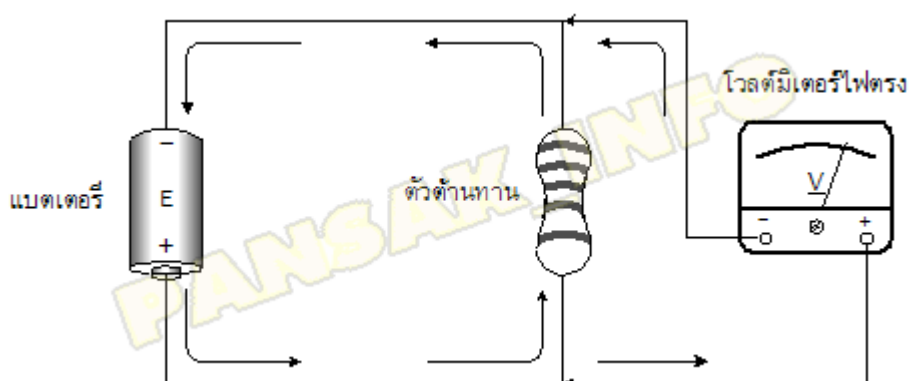
ตั้งแต่ 500 – 1K อ่านค่าช่องละ 5 $M\Omega$

ตั้งแต่ 1K – 2K อ่านค่าช่องละ 10 $M\Omega$

2.7.5 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. voltage measuring circuit)

เป็นการเอาแรงดันไฟฟ้าดีซี จากตำแหน่งที่วัด มาเป็นตัวกำหนดค่าของกระแสภายในวงจรของมิเตอร์ โดยมีสวิตช์เลือกตำแหน่งเพื่อกำหนดค่าความต้านทานที่เหมาะสมของการวัดค่าแต่ละตำแหน่ง มีโครงสร้างของวงจรและรายละเอียดการอ่านดังนี้

การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จะต้องเอามิเตอร์ไปต่อในลักษณะขนานกับวงจร โดยสายบวก จะต้องจับที่แรงไฟฟ้าบวก และสายลบ จะต้องจับที่แรงไฟฟ้าลบ



รูปที่ 2.5 การวัดแรงดันไฟตรง

2.7.5.1 ลำดับขั้นตอนการใช้ดีซีโวลต์มิเตอร์

- ก. ต่อดีซีโวลต์ในขณะวัดค่าแรงดันคร่อมขานานกับโหลด
- ข. ตั้งย่านใช้งานของมิเตอร์ในย่าน DCV
- ค. ปรับสวิตช์ตั้งย่านการวัดให้ถูกต้อง ถ้าหากไม่ทราบแรงดันไฟที่จะทำการวัด ให้ตั้งย่านวัดที่ตำแหน่งสูงสุด (1,000V) ไว้ก่อน แล้วปรับลดย่านให้ต่ำลงทีละย่านจนกว่าเข็มมิเตอร์จะชี้ค่าที่อ่านได้ง่ายและถูกต้อง
- ง. ในตำแหน่งที่วัดด้วยดีซีโวลต์มิเตอร์ไม่ขึ้น แต่ขณะแตะสายวัดขั้วบวกเข้าไปหรือขณะดึงสายวัดขั้วบวกออกมา เข็มมิเตอร์จะกระดิกเล็กน้อยเสมอแสดงว่าจุดวัดนั้นเป็นแรงดันไฟสลับ (ACV)
- จ. การวัดแรงดันไฟตรงในวงจร จะต้องต่อสายวัดให้ถูกต้อง โดยนำสายวัดขั้วลบ (-COM) สอดำจับที่ขั้วลบของแหล่งจ่าย นำสายวัดขั้วบวก (+) สีแดงของมิเตอร์ไปวัดแรงดันตามจุดต่างๆ



รูปที่ 2.6 การใช้มิเตอร์แบบแอนะล็อกวัดแรงดันไฟฟ้าตรง



รูปที่ 2.7 การใช้จิจิตอลมิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง

2.7.5.2 ลักษณะการวัดแรงไฟกระแสตรงแบบต่าง ๆ

การวัดแรงดันตกคร่อมเป็นการวัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วทั้งสองของตัวอุปกรณ์ที่ต้องการทราบค่าแรงดันไฟฟ้าการวัดค่าแรง ไฟตำแหน่งต่าง ๆ ของวงจร จะเอาสายมิเตอร์เส้นหนึ่ง จับที่ขั้วแรงไฟขั้วหนึ่งคงที่ แล้วเอาสายอีกเส้นไปวัดที่ตำแหน่งอื่น ๆ ตามที่ต้องการ การอ่านค่าให้ดูขีดแฉวงล่างแถบสะท้อน อ่านจากซ้ายไปขวา แถว DCV, A มีรายละเอียดดังนี้

ก. ตำแหน่ง 0.1 วัดแรงไฟได้สูงสุด 0.1 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 10 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 0.002 โวลต์

ข. ตำแหน่ง 0.5 วัดแรงไฟได้สูงสุด 0.5 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 50 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 0.01 โวลต์

ค. ตำแหน่ง 2.5 วัดแรงไฟได้สูงสุด 2.5 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 0.05 โวลต์

ง. ตำแหน่ง 10 วัดแรงไฟได้สูงสุด 10 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 10 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 0.02 โวลต์

จ. ตำแหน่ง 50 วัดแรงไฟได้สูงสุด 50 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 50 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 1 โวลต์

ช. ตำแหน่ง 250 วัดแรงไฟได้สูงสุด 250 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 5 โวลต์

ซ. ตำแหน่ง 1000 วัดแรงไฟได้สูงสุด 1000 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 10 (x 1000) อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 20 โวลต์

2.7.6 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. voltage measuring circuit)

เป็นการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จะมีหลักการทำงานเหมือนกับวัดไฟฟ้าดีซี เพียงแต่มีฟิวคอยล์ ไม่สามารถทำงานกับไฟเอซีได้ ดังนั้นส่วนวงจรไฟฟ้าภายในของการวัดไฟเอซีจะต้องมีวงจรเรียงกระแสเพื่อแปลงไฟเอซีให้เป็นไฟดีซีก่อน

2.7.6.1 การต่อวัดและการอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์ไฟสลับ

โวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดแรงดันไฟสลับคลื่นไซน์ ไม่ว่าจะวัดแรงดันความถี่สูงหรือต่ำอย่างไรก็ตาม แรงดันไฟสลับที่วัดออกมาเป็นแรงดันอาร์เอ็มเอส (RMS) เหมือนกัน

ก. การนำโวลต์มิเตอร์ไฟสลับไปวัดแรงดันไฟสลับในวงจรต่างๆ จะต้องต่อโวลต์มิเตอร์พร้อมกับวงจรหรืออุปกรณ์นั้นๆ และไม่ต้องคำนึงขั้ววัด ซึ่งต่างจากโวลต์มิเตอร์ไฟตรงซึ่งต้องคำนึงถึงขั้วที่วัด ลักษณะการต่อโวลต์มิเตอร์ไฟสลับวัดไฟสลับ

ข. การตั้งย่านวัดหากไม่ทราบค่าแรงดันที่ทำการวัดควรตั้งย่านให้สูงไว้ก่อน เมื่อวัดค่าแล้วเข็มชี้ไม่บ่ายเบนจึงค่อยๆ ลดย่านวัดลงจนอยู่ในย่านที่เหมาะสม



รูปที่ 2.8 การใช้แอนะล็อกมิเตอร์วัดแรงดันไฟสลับ



รูปที่ 2.9 การใช้ดิจิตอลมิเตอร์วัดแรงดันไฟสลับ

การวัดแรงดันไฟเอชียโดยมีอุปกรณ์เรียงกระแส จะได้แรงฟูล์ซีที่มีลักษณะเป็นคลื่น มิเตอร์จะอ่านค่าได้เป็นค่าเฉลี่ย ย่อด้วย V.R.M.S (Voltage root mean square) เป็นแรงฟูล์ที่ต่างจากการวัดด้วยออสซิลโลสโคปอ่านได้เป็นโวลต์พีค (V_p = Volt peak) และ โวลต์พีคทูพีค (V_{p-p} = Volt peak to peak)

V_{rms} คือ แรงฟูล์เอชียที่อ่านได้จากการวัดด้วยมิเตอร์

V_p คือ แรงฟูล์เอชียที่อ่านได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคป เพียงครึ่งคลื่น

V_{p-p} คือ แรงฟูล์เอชียที่อ่านได้จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคป เต็มคลื่น โดยวัดจากยอดถึงยอด

2.7.6.2 ลักษณะการวัดแรงฟูล์กระแสสลับแบบต่าง ๆ

ก. ตำแหน่ง 2.5 วัดแรงฟูล์เอชียได้สูงสุด 2.5 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 0.05 โวลต์

ข. ตำแหน่ง 10 วัดแรงฟูล์เอชียได้สูงสุด 10 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 10 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 0.2 โวลต์

ค. ตำแหน่ง 50 วัดแรงฟูล์เอชียได้สูงสุด 50 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 50 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 1 โวลต์

ง. ตำแหน่ง 250 วัดแรงฟูล์เอชียได้สูงสุด 250 โวลต์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 5 โวลต์

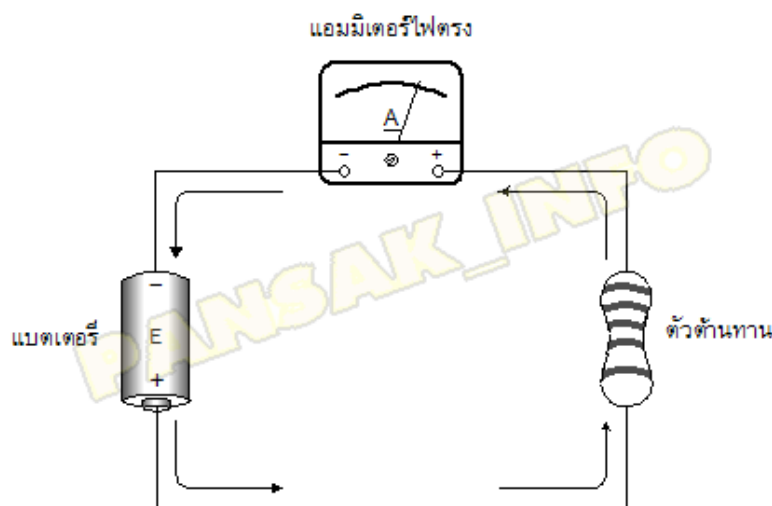
จ. ตำแหน่ง 1000 วัดแรงไฟเอชี่ได้สูงสุด 1000 โวลต์ให้อ่านเลขบนหน้าปัด แถวเลข 10 ($\times 100$) อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 20 โวลต์

2.7.7 การวัดไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. current measuring circuit)

มัลติมิเตอร์ทั่ว ๆ ไป จะมีความสามารถในการวัดกระแสไฟตรง (กระแสดีซี) ได้เพียงอย่างเดียว ถึงแม้ว่ามัลติมิเตอร์จะมีความสามารถในการรับกระแสสูงสุดเพียง 50 ไมโครแอมป์ แต่ก็สามารถทำให้วัดกระแสได้สูงกว่า โดยการกำหนดค่าตัวต้านทานในวงจรที่นำมาต่อขนานกับมัลติมิเตอร์ แต่ในลักษณะของการวัด จะต้องนำมิเตอร์ไปอันดับกับวงจรไฟฟ้า ที่ต้องการทราบค่ากระแส มิเตอร์ทั่ว ๆ ไป ถูกออกแบบให้วัดกระแสดีซีไม่สูงมาก ส่วนมากจะวัดได้ไม่เกิน 250 มิลลิแอมป์ หรือ 0.25 แอมป์

2.7.7.1 การต่อแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง

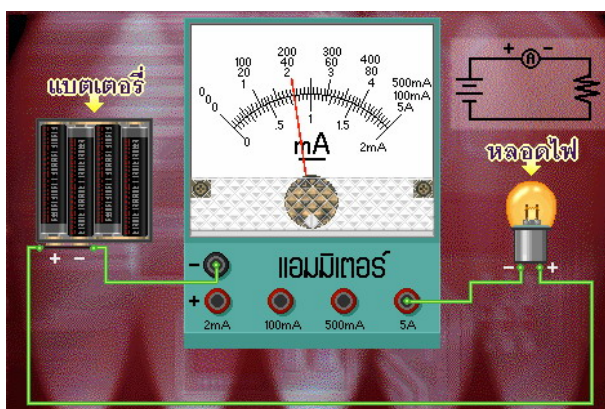
แอมป์มิเตอร์ไฟตรงเป็นมิเตอร์วัดปริมาณการไหลของกระแสไฟตรงที่ไหลอยู่ในวงจรไฟฟ้า การวัดกระแสที่ไหลในวงจรไฟฟ้า เหมือนกับการวัดกระแสน้ำที่ไหลผ่านไปในพื้นที่ การวัดดังกล่าวต้องตัดวงจรไฟฟ้าออก และใช้มิเตอร์ต่อแทรกเข้าไป ต่อมิเตอร์วัดน้ำวัดการไหลของน้ำ และต่อแอมมิเตอร์วัดการไหลของกระแส การต่อมิเตอร์วัดปริมาณทั้งสองต้องต่อแบบอนุกรม (Series) กับวงจรที่ต้องการวัดเสมอ ลักษณะการต่อแอมมิเตอร์เข้าวงจรไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การต่อแอมมิเตอร์ไฟตรงวัดกระแสในวงจรไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.10 แสดงการต่อแอมมิเตอร์ไฟตรงวัดกระแสในวงจรไฟฟ้า ตัวแอมมิเตอร์ต้องต่อแบบอนุกรมกับวงจรไฟฟ้า สิ่งที่ต้องระมัดระวังในการต่อแอมมิเตอร์เข้าวงจรคือ เรื่องขั้วต่อของแอมมิเตอร์ไฟตรงที่จะต่อเข้าวงจร ต้องมีขั้วเหมือนกับขั้วของแหล่งจ่ายแรงดัน ใช้หลักการต่อวัดค่า

ดังนี้ โกลั้วบท่อบวก โกลั้วบท่ลบ หมายถึงการต่อแอมมิเตอร์เข้าวงจรไฟฟ้า ต้องต่อให้ขั้วบวกของแอมมิเตอร์ใกล้กับขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง และต่อให้ขั้วลบของแอมมิเตอร์ใกล้กับขั้วลบของแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง จากรูปจะเห็นว่าด้านขวาของแอมมิเตอร์ใกล้ขั้วบวกของแบตเตอรี่ต้องใช้ขั้วบวกของแอมมิเตอร์ต่อ และด้านซ้ายของแอมมิเตอร์ใกล้ขั้วลบของแบตเตอรี่ใช้ขั้วลบของแอมมิเตอร์ต่อ การต่อผิดขั้วทำให้แอมมิเตอร์ไฟตรงวัดค่าไม่ได้ และอาจทำให้แอมมิเตอร์ไฟตรงชำรุดเสียหายได้



รูปที่ 2.11 การใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง

ถ้าต้องการวัดกระแสดีซี ส่วนมากจะใช้มิเตอร์ที่วัดกระแสเฉพาะ ซึ่งเรียกว่า แคลมป์มิเตอร์ (Clamp meter) หรือ คลิปแอมป์ (Clip amp)

2.7.7.2 การอ่านค่าบนหน้าปัด

ให้ดูจากสเกลแถวเดียวกับการอ่าน DCV/DCA มีรายละเอียดดังนี้

ก. ตำแหน่ง 50 μA วัดกระแสดีซีได้สูงสุด 50 ไมโครแอมป์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 50 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 1 ไมโครแอมป์

ข. ตำแหน่ง 2.5 mA วัดกระแสดีซีได้สูงสุด 2.5 มิลลิแอมป์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 0.5 มิลลิแอมป์

ค. ตำแหน่ง 25 mA วัดกระแสดีซีได้สูงสุด 25 มิลลิแอมป์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 0.5 มิลลิแอมป์

ง. ตำแหน่ง 250 mA (25A) วัดกระแสดีซีได้สูงสุด 250 มิลลิแอมป์ ให้อ่านเลขบนหน้าปัดแถวเลข 250 อ่านรายละเอียดบนหน้าปัด ช่องละ 5 มิลลิแอมป์

2.7.8 ออสซิลโลสโคป OSCILLOSCOPE



รูปที่ 2.12 ออสซิลโลสโคป

2.7.8.1 การปรับออสซิลโลสโคปให้พร้อมใช้งานลำดับขั้นตอนการทดลอง

การตั้งค่าเริ่มต้นให้แก่ออสซิลโลสโคป โดยการตั้งที่สวิตช์ควบคุมการทำงานดังต่อไปนี้

ก. ส่วนควบคุมการแสดงผล

1. ปุ่มควบคุมความสว่าง (Intensity) หมุนทวนเข็มนาฬิกาจนสุด จากนั้นหมุนย้อนกลับไปที่ ระยะทางครึ่งหนึ่งของระยะในตอนแรก
2. ปุ่มควบคุมความคมชัด (Focus) หมุนทวนเข็มนาฬิกาจนสุด จากนั้นหมุนย้อนกลับไปที่ ระยะทาง ครึ่งหนึ่งของระยะในตอนแรก
3. ปุ่มค้นหาภาพ (Beam-Finder) ทิ้งไว้ตามเดิม

ข. ส่วนควบคุมทางแกนตั้ง

1. สวิตช์เลือกโหมดการทำงานทางแกนตั้ง (Vertical Mode Switches) ตั้งไว้ที่ตำแหน่ง Both และ Chop
2. ปุ่มควบคุมการเลื่อนภาพทางแกนตั้ง (Ch. 1 and Ch. 2 Position Controls) หมุนทวนเข็มนาฬิกา จนสุด จากนั้นหมุนย้อนกลับไปยังระยะทางครึ่งหนึ่งของระยะในตอนแรก
3. ปุ่มปรับอัตราขยายทางแกนตั้ง (Ch. 1 and Ch. 2 Vertical Attenuator) ตั้งไว้ที่ตำแหน่ง 1 Volt/Div
4. ปุ่มปรับค่าต่อเนื่อง (Ch. 1 and Ch. 2 Vertical Attenuator Variable Controls) ตั้งไว้ที่ตำแหน่ง Cal โดยหมุนตามเข็มนาฬิกาจนสุด (หมุนตามทิศทางของลูกศร)
5. สวิตช์เลือกการคับปลิงสัญญาณเข้า (Ch. 1 and Ch. 2 Input Coupling switches) ตั้งไว้ที่ ตำแหน่ง DC

ค. ส่วนควบคุมทางแกนนอน

1. ปุ่มเลื่อนภาพทางแกนนอน (Horizontal Position Control) หมุนทวนเข็มนาฬิกาจนสุด จากนั้น หมุนย้อนกลับไปยังระยะทางครึ่งหนึ่งของระยะในครั้งแรก

2. ปุ่มควบคุมโหมดการทำงานทางแกนนอน (Horizontal Mode Controls) ตั้งไปที่ตำแหน่ง No Delay

3. ปุ่มปรับเวลาในการกวาดภาพ (Horizontal Attenuator) ตั้งไปที่ตำแหน่ง 1 ms/DIV

4. ปุ่มปรับค่าต่อเนื่อง (Horizontal Attenuator Variable Controls) ตั้งไปที่ตำแหน่ง CAL โดย หมุนตามเข็มนาฬิกาจนสุด (หมุนตามทิศทางของลูกศร)

ง. ส่วนควบคุมสัญญาณตรีกเกอร์

1. ปุ่มปรับช่วงเวลาหยุดพัก (Var Holdoff) ตั้งไปที่ตำแหน่ง Normal

2. สวิตช์เลือกโหมดการตรีกเกอร์ (Trigger Mode Switch) ตั้งไปที่ตำแหน่ง Auto

3. สวิตช์ปรับความลาด (Trigger Slope Switch) ตั้งไปที่ตำแหน่งเลือกค่าสัญญาณช่วง

บวก

4. ปุ่มปรับระดับตรีกเกอร์ (Trigger Level control) หมุนทวนเข็มนาฬิกาจนสุด จากนั้น หมุนย้อนกลับไปยังระยะทางครึ่งหนึ่งของระยะในครั้งแรก

5. สวิตช์เลือกแหล่งสัญญาณตรีกเกอร์ (Trigger Source Switch) ตั้งไปที่ตำแหน่ง Ch.1

จ. เปิดสวิตช์ Power ของออสซิลโลสโคป

ซึ่งจากการตั้งค่าเริ่มต้นให้แก่ออสซิลโลสโคปตามขั้นตอน จะทำให้ปรากฏเส้นสัญญาณในแกนนอนบนจอภาพ 2 เส้น จากนั้นให้ทำการปรับความสว่าง ความคมชัด และตำแหน่งของเส้นสัญญาณ โดยใช้ปุ่มควบคุม Beam-Finder, Position, Intensity และ Focus ตามความ เหมาะสม

การตั้งค่าเริ่มต้นของเส้นสัญญาณอ้างอิง (Ground Reference Trace) เส้นสัญญาณที่ปรากฏในจอออสซิลโลสโคปในแกนนอนนั้น อาจปรากฏที่ตำแหน่งใดๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดเส้นสัญญาณ 0 โวลต์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งสวิตช์เลือกการคับปลิ่งสัญญาณเข้าไปที่ตำแหน่งกราวด์ (Ground) ซึ่งที่ตำแหน่งนี้ จะเป็นการ ตัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าใดๆ ที่จะผ่านโพรบเข้ามายังวงจรลดทอนสัญญาณภายในออสซิลโลสโคป และ จะต้องต่อแรงดันไฟ 0 โวลต์ เข้าที่อินพุตแทน

2. ใช้ปุ่มควบคุมการเลื่อนภาพ (Position) ของ Ch. 1 ปรับเส้นสัญญาณให้อยู่ในระดับ $\frac{1}{4}$ ส่วน จาก เส้นแบ่งหน้าจอด้านบน

3. ใช้ปุ่มควบคุมการเลื่อนภาพ (Position) ของ Ch. 2 ปรับเส้นสัญญาณให้อยู่ในระดับ $\frac{1}{4}$ ส่วน จาก เส้นแบ่งหน้าจอด้านล่าง ซึ่งเส้นสัญญาณที่ได้

4. ปรับตำแหน่งสวิตช์เลือกการคับปลิ่งสัญญาณเข้าไปที่ DC

2.7.8.2 ประโยชน์ของออสซิลโลสโคป สรุปได้ดังนี้

- 1) วัดแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าของสัญญาณ
- 2) วัดค่าเวลา คาบเวลา หรือความถี่ของสัญญาณ
- 3) ใช้วัดผลต่างทางเฟสของสัญญาณ 2 สัญญาณ
- 4) ใช้ตรวจสอบองค์ประกอบของวงจร และรูปร่างของสัญญาณ
- 5) ใช้ตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์
- 6) ใช้ประกอบกับเครื่องมืออื่นๆ หรือดัดแปลงไปใช้งานในด้านอื่นๆ

2.7.8.3 ข้อควรระวังในการใช้ออสซิลโลสโคป มีดังนี้

- 1) หลีกเลี่ยงการใช้ออสซิลโลสโคปในบริเวณที่ถูกแสงแดดโดยตรง มีอุณหภูมิและความชื้นสูง รวมทั้งในบริเวณที่มีฝุ่นละอองมากหรือมีการสั่นสะเทือนอาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องได้
- 2) หลีกเลี่ยงการใช้งานในบริเวณที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าหรือใกล้แหล่งจ่ายไฟขนาดใหญ่ อาจได้รับอิทธิพลจากสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้รูปคลื่นบนจอภาพผิดไปได้
- 3) ไม่ควรวางสิ่งของหรือใช้ผ้าคลุมเครื่อง เพราะจะไปขัดขวางการระบายความร้อนของตัวเครื่อง อาจทำให้เครื่องชำรุดได้ ควรวางเครื่องในที่ที่มีการระบายความร้อนได้ดี
- 4) สัญญาณด้านเข้าที่ป้อนเข้าที่ขั้วต่อ INPUT ต้องมีค่าไม่เกิน 300Vpeak ไม่ควรเพิ่มความสว่างของเส้นแสงให้มากเกินไปจะทำให้ผิวที่ฉาบสารเรืองแสงของหลอด CRT เสื่อมได้ง่าย
- 5) ในกรณีที่ต้องเปลี่ยนฟิวส์ใหม่ ไม่ควรใช้ฟิวส์ที่มีขนาดต่างจากที่กำหนด อาจจะทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้
- 6) การเก็บรักษาเครื่องควรเก็บอย่างระมัดระวังให้ห่างจากสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูงเกินไป และห่างจากบริเวณที่มีการสั่นสะเทือนและมีสนามแม่เหล็ก นอกจากนี้ควรมีการทำความสะอาดจอภาพเป็นครั้งคราวโดยใช้ผ้าเช็ดเบา ๆ เพื่อให้ใช้เครื่องได้เป็นเวลานานผู้ใช้ควรปฏิบัติตามคำแนะนำในคู่มือการใช้ที่ให้มาพร้อมกับเครื่อง

2.7.8.4 สายวัดหรือโพรบ

โพรบ (Probe) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ร่วมกับออสซิลโลสโคป เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้นำสัญญาณจากภายนอกเข้าสู่ออสซิลโลสโคป โพรบถูกออกแบบให้สามารถนำสัญญาณความถี่สูงและป้องกันสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อม โพรบยังทำหน้าที่เป็นตัวลดทอนสัญญาณ โดยทั่วไปโพรบจะมีสวิตช์เลือกการลดทอนสัญญาณได้ 2 ค่า คือ $\times 1$ และ $\times 10$ ที่ตำแหน่ง $\times 1$ ไม่มีการลดทอนสัญญาณ ที่

ตำแหน่ง $\times 10$ มีการลดทอนสัญญาณลง 10 เท่า การใช้โพรบต้องนำไปต่อกับขั้วต่อ input ก่อนใช้โพรบ ต้องทำการปรับแต่งโพรบโดยนำขอเกี่ยวที่ปลายโพรบไปเกี่ยวที่ขั้วทดสอบ CAL 0.6 V ที่ขั้วนี้จะให้สัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 1 kHz แรงดัน 0.6V ถ้าโพรบอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน จะได้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ไม่ผิดเพี้ยนบนจอภาพ

2.7.8.5 การวัดเบื้องต้น

การวัดเบื้องต้นสำหรับออสซิลโลสโคป ได้แก่ การวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ คาบและความถี่ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำหรับการวัดปริมาณอื่น ๆ ดังนี้

- 1) การวัดแรงดันไฟ (voltage measurement)
- 2) การวัดเวลา (time measurement)
- 3) การวัดความถี่ (frequency measurement)

2.7.8.6 การวัดแรงดันไฟตรง

- 1) โยกสวิตช์การเชื่อมต่อ AC GND DC ไปที่ตำแหน่ง GND จะปรากฏเส้นภาพบนจอ ตั้งสวิตช์เลือก VOLTS/DIV ให้พอเหมาะ จากนั้นปรับปุ่ม POSITION ให้เส้นภาพเลื่อนไปยังระดับอ้างอิง
- 2) โยกสวิตช์การเชื่อมต่อ AC GND DC ไปที่ตำแหน่ง DC ต่อสัญญาณที่จะวัดเข้ากับขั้วต่อ input CH1 นำสัญญาณเข้าโดยผ่านโพรบ ปรับปุ่ม LEVEL จนเส้นภาพอยู่นิ่ง เส้นภาพจะเลื่อนไปจากเดิมโดยแรงดันไฟตรง ซึ่งเลื่อนขึ้นไป 5 ช่อง (ในกรณีที่ปรากฏเส้นภาพแสดงว่าตั้งค่า VOLTS/DIV น้อยไป ให้ปรับค่าสูงขึ้นจนได้เส้นภาพ)

- 3) หาแรงดันไฟตรง ได้จาก

$$\text{แรงดันไฟตรง} = \text{จำนวนช่อง (div)} \times \text{ระดับอ้างอิง} \times \text{ความไวทางแนวตั้ง (V/div)} \times$$

การลดทอนของโพรบ

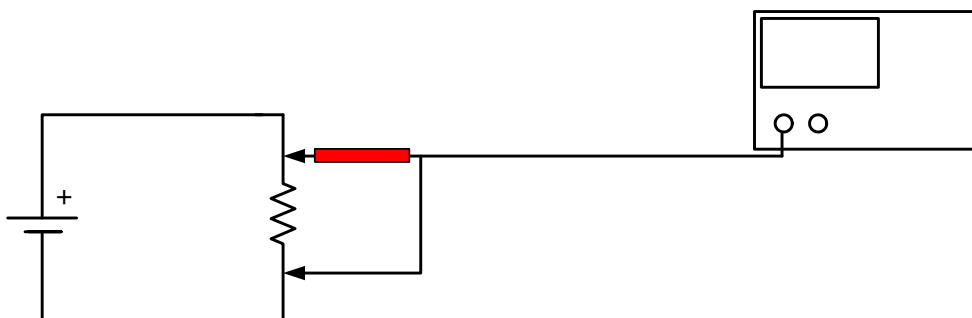
$$\text{สมมติตั้งค่าความไว} = 50 \text{ mV/div}$$

$$\text{การทดสอบของโพรบ} = \times 1 \text{ ดังนั้น}$$

$$\text{แรงเคลื่อนไฟฟ้า DC} = 4.5 \text{ div} \times 50 \text{ mV/div} \times 1 = 225 \text{ mV}$$

$$\text{แต่ถ้าใช้โพรบที่ตั้งการลดทอนไว้ที่} \times 10 \text{ แรงดันไฟตรงจะเป็น } 10 \text{ เท่าของ } 225 \text{ mV}$$

$$\text{นั่นคือ แรงดันไฟตรง} = 4.5 \text{ div} \times 50 \text{ mV/div} \times 10 = 2.25 \text{ V}$$



รูปที่ 2.13 การใช้ฮอสซิลโลสโคปวัดแรงดันไฟตรง

2.7.8.7 การวัดแรงดันไฟสลับ

ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) โยกสวิตช์เลือกการเชื่อมต่อ AC GND DC ไปที่ AC ในกรณีที่แรงดันไฟตรง DC ผสมอยู่ด้วย แรงดันนี้จะถูกตัดออกไป เหลือแต่แรงดันไฟสลับ AC อย่างเดียว ปรับสวิตช์เลือกความไวทางแนวตั้ง (VOLTS/DIV) และสวิตช์เลือกอัตราการกวาด TIME/DIV ให้พอเหมาะสมกับแอมพลิจูดและความถี่ของสัญญาณที่จะวัด ต่อสัญญาณที่จะวัดเข้ากับขั้วต่อ input CH1 ปรับปุ่ม LEVEL จนกระทั่งปรากฏรูปคลื่นอยู่นิ่งบนจอภาพ

2) หาแรงดันไฟจากยอดถึงยอด V p-p

$V_{p-p} = \text{จำนวนช่อง} \times \text{ความไวทางแนวตั้ง} \times \text{การลดทอนของโพรบ}$

จำนวนช่อง = 4 ช่อง ถ้าความไวทางแนวตั้งอยู่ที่ 0.1 V/div และการลดทอนของโพรบตั้งไว้ที่ $\times 10$ ดังนั้น $V_{p-p} = 4 \text{ div} \times 0.1 \text{ V/div} \times 10 = 4 \text{ V}$

หมายเหตุ ค่าแรงดันไฟสลับ (รูปคลื่นไซน์) ที่อ่านได้จากฮอสซิลโลสโคปจะไม่เท่ากับค่าที่วัดได้จากเอซีโวลต์มิเตอร์ เพราะค่าที่ได้จากฮอสซิลโลสโคปเป็นค่า V p-p ส่วนค่าที่วัดได้จากเอซีโวลต์มิเตอร์เป็นค่า V rms การเปลี่ยนค่าแรงดันไฟสลับจาก V p-p เป็น V rms



รูปที่ 2.14 การใช้ฮอสซิลโลสโคปวัดแรงดันไฟสลับ

2.7.8.8 การวัดคาบเวลา

เราสามารถหาคาบหรือช่วงเวลาระหว่างสองจุดใด ๆ บนสัญญาณที่กำลังตรวจสอบได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) ปรับสวิตช์เลือก TIME/DIV ไปอยู่ที่ตำแหน่งที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความถี่ของสัญญาณที่กำลังตรวจสอบ โดยให้ช่วงระหว่างสองจุดที่ต้องการ
- 2) นับจำนวนช่องระหว่างจุด ช่วงเวลาระหว่างสองจุดใด ๆ หาได้จากสมการ
 ช่วงเวลาระหว่างสองจุด = ความไวทางแกนนอน $\times$ จำนวนช่องระหว่างสองจุด
 ตัวอย่าง จุด 2 จุดห่างกัน 2 ช่อง ถ้าสวิตช์เลือก TIME/DIV ตั้งไว้ที่ 2 ms/div ดังนั้นช่วงเวลาระหว่างจุด P และ Q $t = 2 \text{ ms/div} \times 2 \text{ div} = 4 \text{ ms}$
- 3) อาศัยหลักการเดียวกันนี้ อาจหาคาบ (period) T ของรูปคลื่นได้
 เนื่องจาก คาบ = ช่วงเวลาระหว่างสองจุดที่มีเฟสตรงกัน

2.7.8.9 การวัดความถี่

เราอาจวัดความถี่ของสัญญาณที่ต้องการตรวจสอบได้ 2 วิธี

ก. หาความถี่จากความสัมพันธ์

จากหัวข้อ 2 การวัดเวลา เราสามารถวัดคาบ (T) ของสัญญาณได้ ส่วนกลับของคาบ T คือความถี่ f ของสัญญาณ เช่น คาบของสัญญาณที่ต้องการตรวจสอบ ความถี่ f จะมีค่าดังนี้

ข. หาความถี่จากรูปลิสซาจูส (Lissajou's Figures)

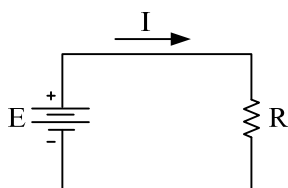
การหาความถี่โดยวิธีนี้ต้องอาศัยเครื่องกำเนิดสัญญาณ (signal generator) ซึ่งให้สัญญาณที่ทราบความถี่ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) ปิดสวิตช์เลือก TIME/DIV ในทิศทวนเข็มนาฬิกาจนสุดที่ x-y
- 2) ต่อสัญญาณที่ต้องการวัด สมมติมีความถี่ $f(y)$ เข้าออกสวิตช์โคลปทางเข้าต่อ input CH1 และสัญญาณที่ทราบความถี่ $f(x)$ จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้าทางเข้าต่อ input CH2 จะเกิดเส้นภาพที่มีรูปร่างต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่าง $f(y)$ และ $f(x)$ ดังรูป 12 รูปเหล่านี้เรียกว่า ลิสซาจูส
- 3) เนื่องจากเราทราบค่า $f(x)$ ดังนั้นจึงหา $f(y)$ ได้ เช่น บนจอภาพปรากฏรูปคลื่นตรงกับรูปขวามือสุดของแถวบน และ $f(x)$ ซึ่งอ่านค่าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณได้เท่ากับ 100 Hz ดังนั้น

2.7.8 กฎของโอห์ม

ความสัมพันธ์ ระหว่างกระแสไฟฟ้า เรียกว่า เคอร์เรนท์ (Current) ใช้ตัวย่อ I แรงดันไฟฟ้า เรียกว่า โวลต์เตจ (Voltage) ใช้ตัวย่อ E หรือ V และความต้านทานไฟฟ้า เรียกว่า รีซิสเตอร์ (Resistor) ใช้

อักษรย่อ R ซึ่งกล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้า ($I \propto E$) และจะแปรผกผันกับความต้านทาน ($I \propto \frac{1}{R}$) สามารถเขียนเป็นสูตรคำนวณได้ดังนี้



รูปที่ 2.15 วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น

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

เมื่อ I คือ ค่ากระแสไฟฟ้า (Current) มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

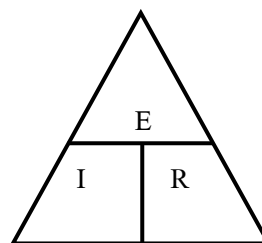
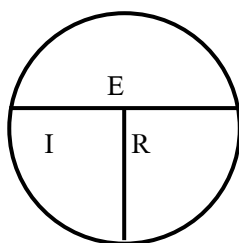
E คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

R คือ ค่าความต้านทาน (Resistor) มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

จากสมการที่ (1) จะได้

$$E = IR$$

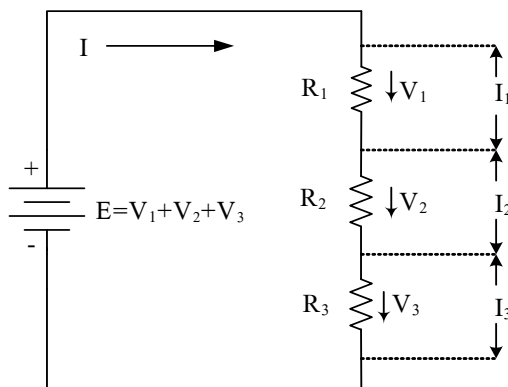
และ $R = \frac{E}{I}$



รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ของโอห์ม

2.7.8.1 วงจรอนุกรม

คือวงจรที่ประกอบด้วย องค์ประกอบตั้งแต่สองตัวขึ้นไปต่อเรียงกัน โดยใช้ปลายของตัวที่หนึ่งต่อกับต้นตัวของที่สอง ปลายตัวที่สองต่อต้นตัวของที่สาม เรียงไปตามลำดับกัน โดยมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเพียงเส้นเดียว ทางเดียว



รูปที่ 2.17 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

ก. นิยามของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

1) ค่าความต้านทานรวมของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม มีค่าเท่ากับ ผลรวมของความต้านทานทุกตัวรวมกัน

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

2) กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว เป็นกระแสไฟฟ้าเดียวกัน และมีเท่ากัน

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$$

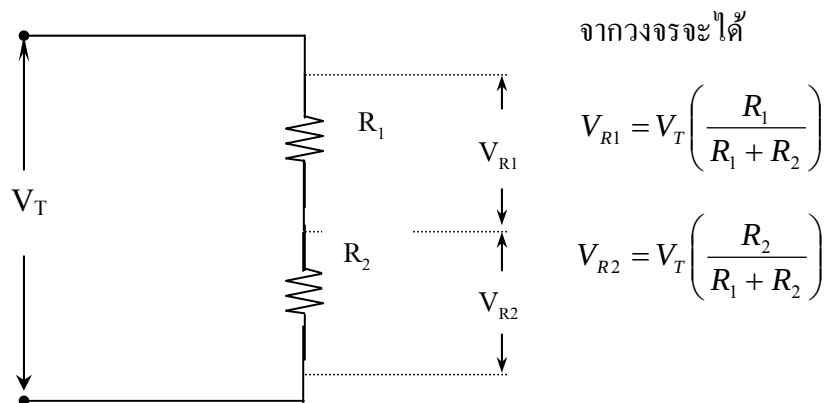
3) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ในวงจรรวมกัน จะเท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่ายให้กับวงจร

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$$

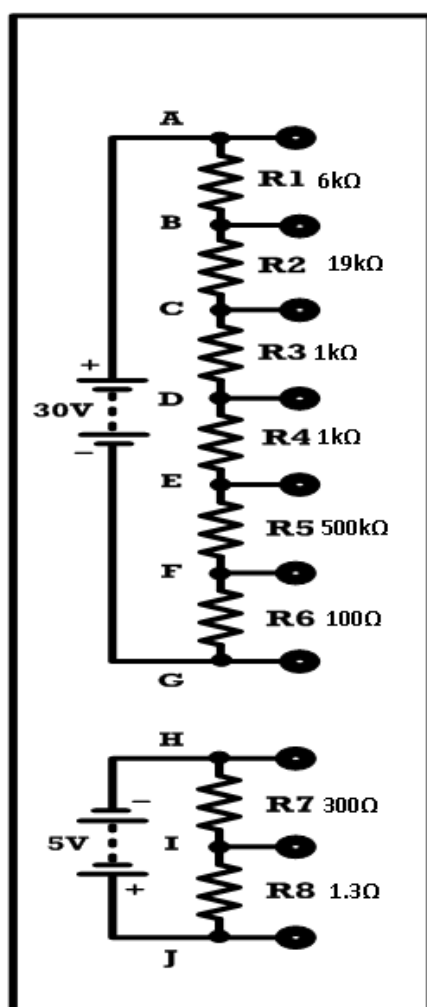
ข. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

ใช้หลักการของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เพื่อแบ่งแรงดันให้กับวงจรไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ต้องการใช้แรงดัน ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจะเห็นว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้ามีการแบ่งแรงดันไปให้กับตัวต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร และแรงดันไฟฟ้าที่ถูกแบ่งไปนี้จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร ซึ่งสามารถแบ่งเป็นดังนี้

1) วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า



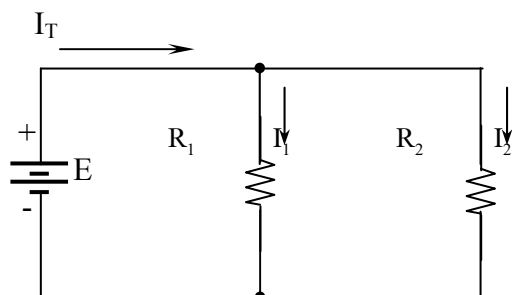
รูปที่ 2.18 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.19 วงจรแบ่งแรงดันในหน้าปัดชุดฝึกเครื่องวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2.7.8.2 วงจรขนาน

การแบ่งกระแสไฟฟ้าใช้ได้ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานทั่วไปที่นิยมใช้กันมาก

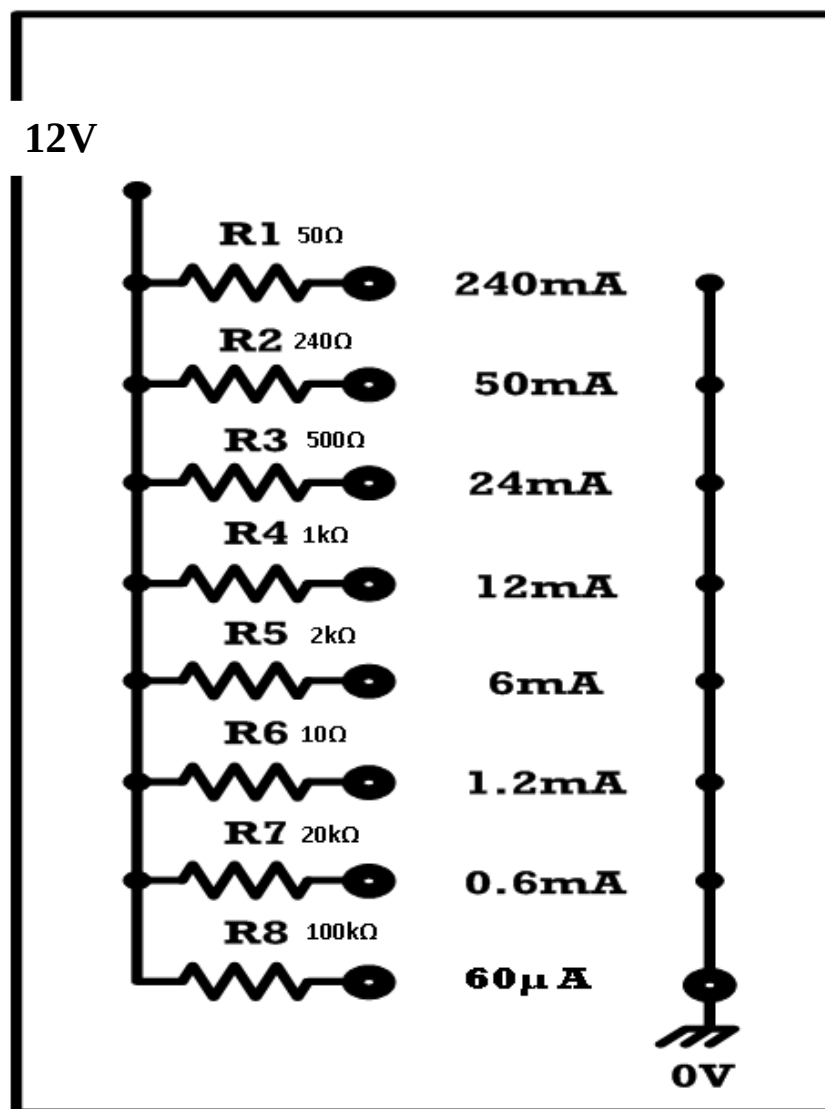


รูปที่ 2.20 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

จากวงจรรูปที่ 2.20 จะได้

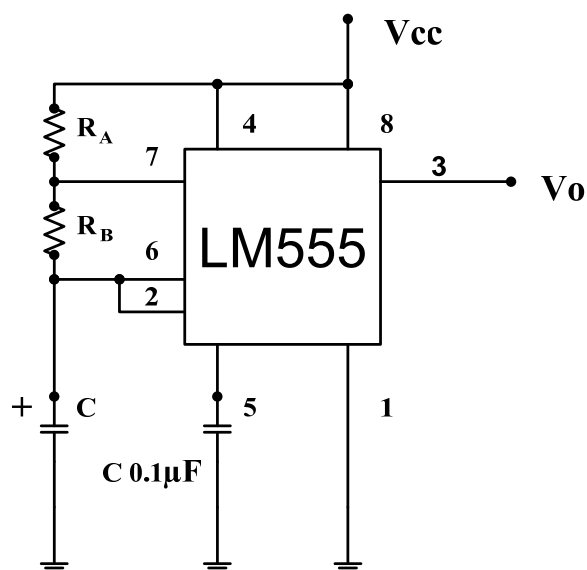
โดย
$$I_1 = \frac{E}{R_1}$$

และ
$$I_2 = \frac{E}{R_2}$$



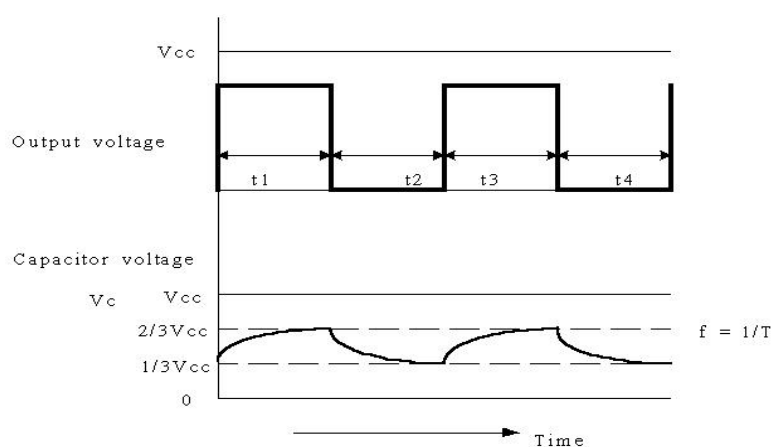
รูปที่ 2.21 วงจรแบ่งกระแสที่ใช้ในชุดฝึกเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2.7.9 วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอซี 555



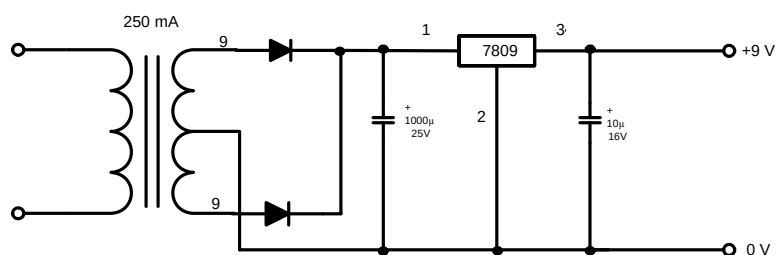
รูปที่ 2.22 วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ 555

วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรจรมัลติไวเบรเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมา โดยไม่ต้องมีการกระตุ้นจากสัญญาณจากภายนอก บางครั้งเรียกว่า วงจรฟรีรันนิง (Free running Circuits) คาบเวลาที่ได้ขึ้นกับค่าอุปกรณ์ RC ที่ต่อกับวงจร โดยลักษณะทั่วไปแล้วจะนำไปใช้เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เพื่อเป็นตัวป้อนให้กับวงจรอื่นๆ ลักษณะของวงจร ความสัมพันธ์ของการกำเนิดความถี่และตัวอย่าง คาบเวลาที่ได้จากวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอซี 555

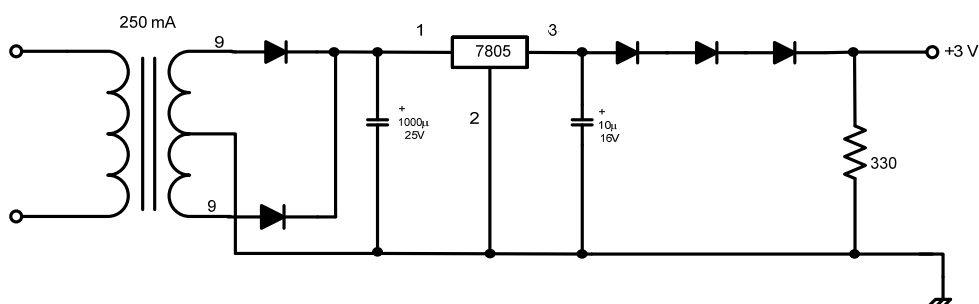


รูปที่ 2.23 ตัวอย่างแสดงคาบเวลาของวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

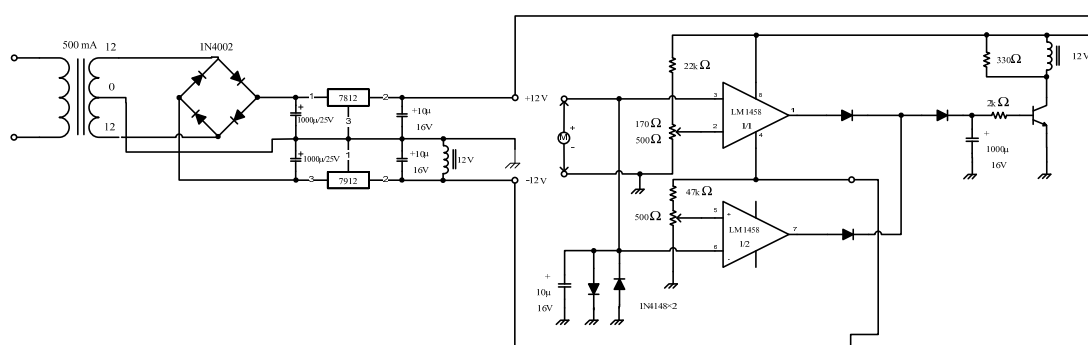
2.7.10 วงจรเรียงกระแสและวงจรป้องกันมิเตอร์



รูปที่ 2.24 วงจรจ่ายแรงดันให้โอห์มมิเตอร์ย่าน $\times 10k$

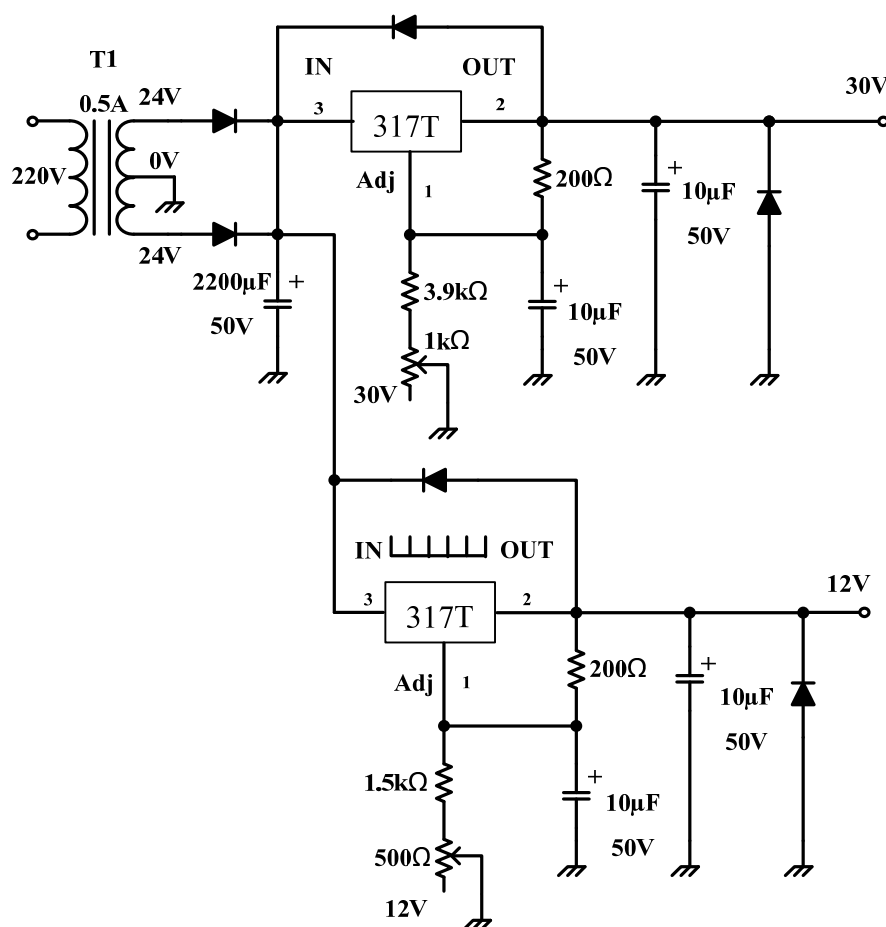


รูปที่ 2.25 วงจรจ่ายแรงดันให้โอห์มมิเตอร์ย่าน $\times 1, \times 10, \times 1k$

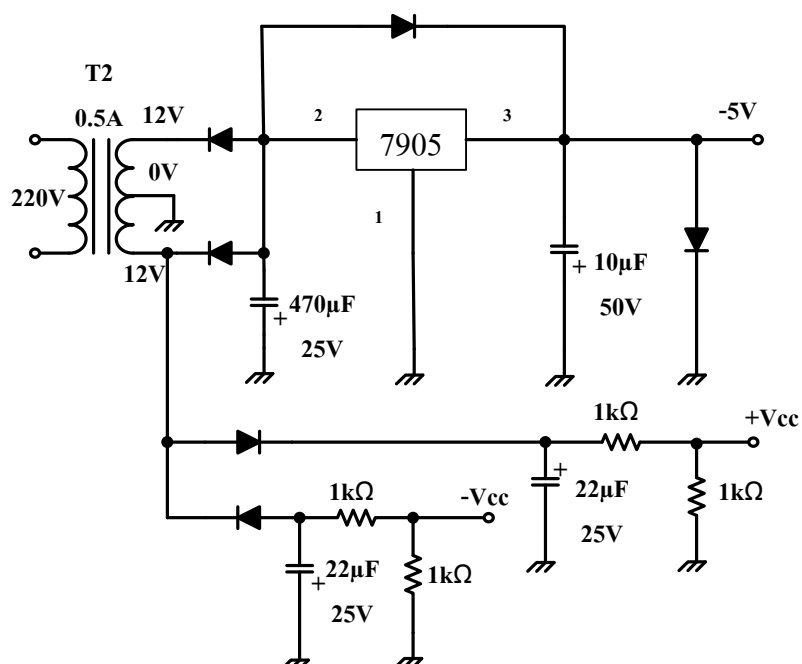


รูปที่ 2.26 วงจรป้องกันมัลติมิเตอร์

2.7.11 วงจรจ่ายไฟเลี้ยงให้กับชุดฝึกเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 2.27 วงจรจ่ายไฟเลี้ยง 12V และ 30V ให้กับชุดฝึกเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 2.28 วงจรจ่ายไฟเลี้ยง 5V และ -5V ให้กับชุดฝึกเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2.8 การสร้างเครื่องมือในการวัดและประเมินผล

การตรวจสอบความรู้ของผู้เรียนที่ได้รับจากการเรียนการสอนแบบทดลองเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินผลโดยภาพรวมของการวิจัย ซึ่งมีความต้องการแบบทดสอบหรือเครื่องมือวัดผลที่ดีมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยจากการอธิบายของ สุมาลี จันทรชลอ [12] ที่ว่า การวัดและประเมินผล (Measurement and Evaluation) เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากการเรียนการสอน แต่ต้องมีความสัมพันธ์ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และกับการเรียนการสอน กล่าวคือ การวัดผลต้องวัดจากวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และวัดในสิ่งที่ผู้สอนได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผลจากการวัดจะให้ข้อมูลแก่ผู้สอนและบุคคลที่เกี่ยวข้องเพื่อการปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเรียนการสอนและเพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์เพียงใดในขณะเดียวกันวัตถุประสงค์ และกิจกรรมการเรียนการสอนก็เป็นสิ่งกำหนดรูปแบบของการวัดให้เหมาะสมด้วย

สุมาลี ยังได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบให้มีคุณภาพว่า ผู้สอนต้องเข้าใจทั้งจุดประสงค์ และเนื้อหาที่จะวัดต้องรู้ถึงกระบวนการคิดในการปฏิบัติ รู้ระดับความสามารถของผู้เรียน ความสามารถในการอ่านและการใช้ศัพท์ของผู้สอบ รู้จักลักษณะเด่นและข้อบกพร่องของข้อสอบแต่ละชนิดเพื่อนำไปใช้ให้เหมาะสม ซึ่งมีข้อควรพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ข้อสอบควรใช้ประเมินจุดประสงค์ที่สำคัญของการสอน ที่สามารถสอบวัดได้โดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน
2. ข้อสอบควรสะท้อนให้เห็นทั้งวัตถุประสงค์ที่เป็นเนื้อหา และจุดประสงค์ที่เป็นกระบวนการสำคัญที่เน้นในหลักสูตร
3. ข้อสอบควรสะท้อนให้เห็นถึงจุดประสงค์ในการวัด เช่น วัดประเมินความแตกต่างระหว่างบุคคล หรือวัดเพื่อแยกแยะผู้ที่ได้เรียนรู้
4. ข้อสอบควรมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้อ่าน และมีความยาวที่พอเหมาะจากความสำคัญของการวัด และประเมินผลดังกล่าว

ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหลักการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้ ระดับของจุดประสงค์ของการศึกษาตาม Taxonomy ของบลูม (Bloom's Taxonomy) จุดประสงค์ของการสอนแบ่งเป็น 3 โดเมนหลัก ได้แก่

1. ด้านความรู้ความคิด (Cognitive Domain) เป็นจุดประสงค์ที่เกี่ยวกับการระลึก หรือนึกถึงสิ่งที่เรียนไปแล้วได้ และพัฒนาความสามารถทางเชาว์ปัญญาและทักษะต่าง ๆ
2. ด้านความรู้สึก (Affective Domain) เป็นจุดประสงค์เกี่ยวกับความสนใจ ทศนคติ ค่านิยม และพัฒนาการของความซาบซึ้ง

3. ด้านทักษะการปฏิบัติ (Psychomotor Domain) เป็นจุดประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกาย หรือการปฏิบัติทักษะต่าง ๆ

งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ชุดทดลองเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นสื่อประกอบการสอนแบบทดลองซึ่งเชื่อว่าจะมีส่วนช่วยในการเสริมความรู้การเรียนรู้ภาคทฤษฎีในชั้นเรียน ทำให้ผู้เรียนมีระดับความสามารถทางด้านความรู้ความเข้าใจยิ่งขึ้น จึงได้ให้ความสำคัญสำหรับวัตถุประสงค์ทางด้านนี้เป็นหลักโดยศึกษาระดับของพฤติกรรมแต่ละขั้นเพื่อใช้สร้างแบบทดสอบดังนี้

1. ระดับความรู้ความจำ เป็นการวัดความสามารถขั้นต่ำสุด การถามเพื่อวัดเกี่ยวกับการให้ระลึกถึง (recall) ทั้งในสิ่งที่เฉพาะเจาะจงและทั่วไป ประลึกถึงวิธีการและกระบวนการ รูปแบบโครงสร้าง ฯลฯ เป็นการจำประสบการณ์ต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการสอนของครู จากการบอกเล่า จากตำราหรือสิ่งแวดลอม จุดประสงค์ในระดับความรู้ความจำนี้เมื่อพิจารณาในแง่ของกระบวนการทางจิตวิทยา จัดเป็นการจำประเภทต่าง ๆ เช่น ความคุ้นเคยกับคำที่มีความหมายต่าง ๆ ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี และโครงสร้าง

2. ระดับความรู้ความเข้าใจ เป็นการวัดความสามารถที่สูงกว่าความรู้ความจำ แต่ผู้ตอบยังคงมีความรู้ความจำ เป็นพื้นฐานมาก่อนจึงมีความเข้าใจ คำถามจะไม่ถามจากตำราหรือสิ่งที่สอนได้ แต่โยนความรู้ที่เรียนมาสัมพันธ์กับคำถามแล้วเปลี่ยนเป็นคำตอบใหม่ ภาษาหรือสำนวนใหม่ รูปแบบใหม่ ความสามารถในการระดับนี้แบ่งเป็น 3 ด้านได้แก่ ความสามารถในการแปลความ ตีความ และขยายความ

2.1 การแปลความได้แก่

- การแปลคำที่ไม่ใช่การแปลตามพจนานุกรม แต่ต้องแปลโดยคำนึงถึงบริบทของข้อความตามท้องเรื่อง
- การแปลข้อความจากภาษาหนึ่งเป็นอีกภาษาหนึ่ง จากร้อยแก้วเป็นร้อยกรอง จากภาษาที่ยากเป็นภาษาที่ง่ายเป็นต้น
- การแปลภาพสัญลักษณ์ การ์ตูน สถิติต่าง ๆ โดยที่ไม่มีข้อมูลบอกกันตรง ๆ
- การถามตัวอย่าง โดยนักเรียนมีความรู้และหลักการตัวอย่างจากเรื่องที่เรียนสามารถให้ตัวอย่างที่ใช้หลักการเดิมแต่เป็นตัวอย่างที่ต่างไปจากที่ได้เรียนมา
- การเปรียบเทียบหรือเปรียบเทียบ หรืออุปมาอุปไมย

3. ระดับการนำไปใช้ เป็นการวัดความสามารถในการนำเอาความรู้ ความเข้าใจ มาประยุกต์ใช้หรือแก้ปัญหาในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม การเขียนคำถามในระดับนี้อาจเขียนถามความสอดคล้องระหว่างหลักวิชาและการปฏิบัติ ถามข้อยกเว้นของหลักวิชาและปฏิบัติ ถามให้อธิบายหลักวิชาถามให้แก้ปัญหา ถามเหตุผลของการปฏิบัติ

4. ระดับวิเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการแยกแยะหรือแจกแจงรายละเอียดของเรื่องราว ความคิด การปฏิบัติออกเป็นระดับย่อย ๆ โดยอาศัยหลักการหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อค้นพบ

ข้อเท็จจริง และคุณสมบัติบางประการ คำถามระดับการวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

4.1 การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญของเรื่องราวเหตุการณ์ ว่าส่วนใดสำคัญหรือไม่สำคัญ

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะย่อย 2 คุณลักษณะขึ้นไป

4.3 การวิเคราะห์หลักการ เป็นการค้นหาโครงสร้าง หลักการของเรื่อง วัตถุประสงค์ และการกระทำ เพื่อศึกษาว่าสิ่งเหล่านั้นสัมพันธ์กันโดยใช้หลักการใดเป็นสื่อเชื่อมโยง

5. ระดับสังเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการรวมและผสมผสานรายละเอียดปลีกย่อยของข้อมูล สร้างเป็นสิ่งที่แตกต่างจากเดิม ความสามารถดังกล่าวเป็นพื้นฐานของการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คำถามระดับนี้แบ่งเป็น 3 ประเภทได้แก่

5.1 การสังเคราะห์ข้อความ เป็นความสามารถในการแสดงออกเพื่อการสื่อสารโดยนำความรู้ประสบการณ์มาประสมประสานเพื่อสื่อสารกับบุคคลอื่น ในรูปของการพูดการเขียน หรือการแสดง

5.2 การสังเคราะห์แผนงาน เป็นความสามารถในการกำหนดแนวทาง และขั้นตอนของการปฏิบัติงาน สร้างแผนงานเค้าโครงของงานหรือโครงการเพื่อให้งานนั้นดำเนินอย่างมีประสิทธิภาพ บรรลุจุดประสงค์หรือมาตรฐานที่กำหนด

5.3 การสังเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการวัดความสามารถในการค้นหาความสำคัญและหลักการต่าง ๆ มาผสมผสานให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีความสัมพันธ์แบบสมเหตุสมผลแต่แปลกไปจากเดิม เป็นการปรับปรุงแก้ไข หรือสร้างสรรค์งาน

6. ระดับการประเมินค่า เป็นการวัดความสามารถในการสรุปค่าหรือตีราคาเกี่ยวกับ เรื่องราว ความคิด พฤติกรรม ว่าดี-เลว เหมาะ-ไม่เหมาะ เพื่อจุดประสงค์บางประการอ้างอิงมีหลักเกณฑ์โดยมีเกณฑ์เป็น 2 ลักษณะคือ

6.1 การประเมินโดยเกณฑ์ภายใน เป็นการประเมินโดยใช้ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ปรากฏในเรื่องเป็นหลักในการพิจารณา อย่างสมเหตุสมผล โดยให้ประเมินภาพรวมหรือประเมินเป็นส่วน ๆ ก็ได้ แนวการประเมินอาจประเมินความถูกต้องหรือความสอดคล้องของเรื่อง ความสมบูรณ์ของข้อมูล ความเหมาะสมของวิธีการปฏิบัติและสมเหตุสมผลของผลสรุป

6.2 การประเมินโดยเกณฑ์ภายนอก เป็นการตีคุณค่า ราคา ของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์อื่น ๆ ที่อยู่นอกเรื่องที่กำหนดแต่มีความสัมพันธ์กับเรื่องมาเป็นหลักในการวินิจฉัยในการกำหนด เกณฑ์ภายนอกต้องพิจารณาใช้เกณฑ์ที่เหมาะสมกับสิ่งที่จะประเมิน และต้องพิจารณาถึงมาตรฐานของสังคม การประเมินชนิดนี้ได้แก่การประเมินโดยสรุปตามเกณฑ์ภายนอกที่กำหนดให้ การประเมินโดยเปรียบเทียบของ 2 สิ่งในประเภทเดียวกัน การประเมินมาตรฐานและประเมินความเด่นด้อย

2.8.1 การสร้างแบบทดสอบในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุรางค์ โคว์ตระกูล [13] อธิบายไว้ว่า การวัดและประเมินผลของการศึกษาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด เพราะนอกจากการวัดผลและการประเมินผลช่วยให้ทั้งครูและนักเรียน รวมทั้งผู้บริหาร การศึกษาทราบว่า การเรียนการสอนได้มีผลตามความคาดหวังหรือไม่แล้ว การวัดและประเมินผลเป็น สิ่งที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อชีวิตของนักเรียนทั้งปัจจุบันและอนาคต ผลจากการประเมินผลจะบอกให้ นักเรียนทราบว่าตนเก่งปานกลางหรืออ่อน เมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนอื่นๆ ในห้อง

ภัทธา นิคมานนท์ [14] แบบทดสอบคือ เครื่องมือวัดผลทางการศึกษาที่สำคัญและใช้มากที่สุดในด้าน การศึกษา ซึ่งเป็นชุดคำถามหรือกลุ่มงานใด ๆ ที่สร้างขึ้นแล้วนำไปใช้ได้ให้แสดงพฤติกรรมออกมา โดยผู้สอนสามารถสังเกตและวัดได้ หลังจากการเรียนการสอนสิ้นสุดลงแล้วจำเป็นต้องมีการวัดและ ประเมินผลดูว่า ผู้เรียนบรรลุ วัตถุประสงค์ของการเรียนที่วางไว้หรือไม่เพียงใด

2.8.1.1 ข้อสอบแบบตัวเลือก เป็นข้อสอบปรนัยที่นิยมใช้กันมากกว่าข้อสอบปรนัยแบบอื่น

ข้อสอบประเภทนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ

1. ตอนนำ หรือ ตัวคำถาม (Stem)
2. ตัวเลือก (Choices หรือ Options) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ
 - ตัวถูก (Correct Choice)
 - ตัวลวง (Decoys หรือ Distracters)

ข้อสอบแบบตัวเลือกที่ดีนั้น ตัวเลือกทุกตัวจะมีน้ำหนักพอ ๆ กัน ถ้าดูเผิน ๆ หรือไม่มีความรู้ในข้อนั้น จริงจะเห็นว่าถูกหมดทุกข้อ และในการสอบแต่ละครั้ง ตัวเลือกแต่ละตัวจะมีโอกาสถูกเลือกพอ ๆ กัน สำหรับข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีลักษณะถูกหรือผิดอย่างเด่นชัดทำให้ข้อสอบขาดคุณค่า และขาด คุณลักษณะความเป็นปรนัยอันเป็นคุณสมบัติสำคัญของข้อสอบประเภทนี้

2.8.1.2 หลักในการเขียนข้อสอบประเภทเลือกตอบ

1. เขียนตัวคำถาม หรือตอนนำให้อยู่ในรูปประโยคคำถามที่สมบูรณ์ การถามด้วยประโยค คำถามที่สมบูรณ์จะช่วยให้คำถามมีความหมายเฉพาะเจาะจงยิ่งขึ้น ผู้สอบอ่านแล้วสามารถเข้าใจทันที ว่าผู้ถามต้องการให้ตอบในแง่ใด จะต้องพ่วงความคิดไปในทิศทางใด การเขียนตอนนำทั้งทำไว้คล้าย ให้เติมความมักทำให้คำถามไม่กระชับ เกิดปัญหาในการที่จะมีคำตอบหลายแง่มุม บางทีผู้ตอบต้อง กลับไปอ่านข้อความซ้ำเพราะข้อความไม่ต่อเนื่องเพื่อจะเลือกตัวเลือกที่รับกับคำถามในกรณีนี้ตัว เลือกใช้คำที่ไปรับกับคำถามพอดี จะเป็นการเสนอแนะคำตอบด้วย หากจำเป็นจริงๆ ที่จะต้องเขียน ตอนนำแบบต่อความก็ควรเขียนเป็นข้อความที่อ่านได้ความติดต่อกับทุกตัวเลือก

2. เน้นเรื่องที่ถามให้ชัดเจนและตรงจุด คำถามประเภทที่คลุมเครือ ทำให้ผู้สอบเกิดความลังเลในการตอบ ไม่ทราบว่าคำถามในแง่ใดแน่ คำถามที่มีลักษณะต่อความมีโอกาสทำให้คลุมเครือได้ง่าย การเขียนตอนนำให้เป็นคำถามจะช่วยให้ชัดเจนขึ้น

3. ใช้ภาษาให้เหมาะกับระดับผู้สอบ ข้อสอบที่ดีควรให้ยากด้วยเนื้อหาของมันเอง ไม่ใช่ยากที่ภาษา ส่วนการใช้หรือการใช้คำพูดพลิกแพลง เพราะเราไม่ได้มุ่งวัดความสามารถด้านภาษา ยกเว้นแต่ข้อสอบมีจุดหมายเช่นนั้น โดยเฉพาะ การใช้คำยากในข้อคำถามหรือตัวเลือกรจะทำให้ข้อสอบยากขึ้นโดยไม่จำเป็น อาจทำให้ข้อสอบขาดความเที่ยงตรง และมีความเชื่อมั่นต่ำได้

4. คำถามควรสั้น และชัดเจน การเขียนคำถามแบบยาว ๆ วกวนไปมาอาจทำให้ข้อสอบขาดความเที่ยงตรงตามสภาพไป เพราะจะกลายเป็นการทดสอบการอ่านหนังสือเร็วแล้วจับใจความ แทนที่จะทดสอบความรู้ความเข้าใจ หรือความสามารถทางวิชาการ

5. พยายามหลีกเลี่ยงการใช้คำถามปฏิเสธหรือปฏิเสธซ้อน การใช้คำถามปฏิเสธทำให้ผู้สอบต้องคิดย้อนกลับโดยไม่จำเป็น อาจทำให้เกิดความเข้าใจผิดได้ง่าย แต่ถ้ามีความจำเป็นจะต้องใช้จริง ๆ ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ หรือพิมพ์ด้วยอักษรเอน หรือตัวหนัก ให้ต่างจากข้อความทั่วไปเพื่อให้เห็นชัดขึ้น หรือใช้คำที่มีความหมายเชิงปฏิเสธแทน

6. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิดได้แก่ คำประเภท “ถูกทุกข้อ” “ไม่มีข้อใดถูก” “ยังสรุปได้ไม่แน่นอน” การใช้ตัวเลือกแบบนี้อาจเนื่องมาจากผู้ออกข้อสอบไม่สามารถหาตัวลงที่เหมาะสมได้ หรือคิดว่าอาจเป็นตัวถูก หรือตัวลงที่ดี การใช้ตัวเลือกปลายเปิดด้วยเหตุผลที่ผู้ออกข้อสอบไม่สามารถหาตัวลงหรือตัวถูกได้นั้นมักทำให้ข้อคำถามนั้นด้วยคุณภาพลงด้วยการแนะนำคำตอบด้วยตัวเลือกนั้น ข้อสอบที่เหมาะสมจะใช้ตัวเลือกปลายเปิดควรเป็นคำถามที่เกี่ยวกับเรื่องราว หรือเหตุการณ์ที่ยังหาข้อสรุปไม่ได้ หรือที่ยังเป็นปัญหาโต้แย้งกันอยู่ ตัวเลือกปลายเปิดนอกจากจะใช้ได้ดีกับเรื่องราวที่ไม่มีข้อยุติแล้ว ยังเหมาะที่จะใช้กับวิชาประเภทคำนวณอีกด้วย ตัวเลือก “ถูกทุกข้อ” จะใช้ได้ดีกับข้อที่มีคำตอบที่เป็นไปได้หลายข้อ เช่นการคำนวณหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าของสมการหลายชั้น ตัวเลือก “ไม่มีข้อใดถูก” สามารถใช้ลงผู้ที่ไม่แม่นยำในการคำนวณคำตอบข้อนั้น ๆ เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องไม่ได้ก็จะเอนเอียงมาตอบตัวเลือก “ไม่มีข้อใดถูก” ถ้าหากจำเป็นต้องใช้ตัวเลือกปลายเปิดแล้ว ก็ควรใช้หลาย ๆ ข้อจะได้ไม่เป็นการแนะนำคำตอบ และต้องจัดให้ตัวเลือกปลายเปิดนั้นเป็นทั้งตัวถูก และตัวผิดพอ ๆ กันกับตัวเลือกอื่น

7. ใช้คำถามให้คํมงานสอบ ข้อสอบที่ดีไม่ควรถามด้านความจำมากนัก แต่จะพยายามถามให้คิดลึกซึ้งลงไป และไม่ใช้ข้อความที่พลิกแพลงจนกลายเป็นข้อสอบวัดความสามารถด้านภาษาไป ข้อสอบที่ถามไม่คํมงานสอบจะไม่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่การวัดเท่าที่ควร เช่น ข้อคำถามที่ง่ายมากทุกคน หรือเกือบทุกคนตอบถูกหมด หรือข้อที่ยากมาก ไม่มีใครตอบถูกเลยทำให้ไม่ทราบว่าใครเก่งกว่าใคร การถามเนื้อหาที่ไม่จำเป็น ถือว่าเป็นการถามที่ไม่คํมงานสอบเช่นกัน

8. ข้อสอบมีคำตอบเดียว ในการเขียนคำถาม มีบ่อย ๆ ที่ผู้ออกข้อสอบไม่ได้พิจารณาตัวลงให้ดี เมื่อผู้สอบทำข้อสอบจึงมักมีปัญหาที่มีข้อถูกมากกว่า 1 ตัวอยู่บ่อย ๆ

9. เขียนตัวถูก-ผิด ให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ การเขียนตัวถูก และตัวลวงควรคำนึงถึงความจริง และความเป็นไปได้ตามเนื้อหานั้น ๆ ด้วยการใช้ตัวลวงโดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องตามหลักวิชาการอาจเป็นการแนะนำคำตอบให้เด่นชัดขึ้น ข้อควรคำนึงในการเขียนตัวลวงมีดังต่อไปนี้

9.1 หลีกเลี่ยงการใช้คำศัพท์เทคนิคที่ไม่มีในสาขาวิชานั้น

9.2 ตัวลวงผิดตามหลักการ และข้อเท็จจริงของเนื้อหานั้น ตัวลวงที่ดีควรมีผู้เลือกตอบ และผู้ที่เลือกตอบควรเป็นผู้ที่ไม่แม่นยำในเนื้อหานั้นจริงอาจเข้าใจผิด หรือเกิดความผิดพลาดในการคิดโดยไม่เจตนาได้ โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ ตัวลวงควรได้มาจากการคำนวณโดยวิธีที่ผิด ๆ ที่มักเกิดขึ้นกับนักเรียนซึ่งครูอาจสังเกตได้ในขณะการเรียนการสอนการใช้ตัวเลือกจากคำตอบของนักเรียนทั้งที่เป็นตัวถูก และตัวผิดจะทำให้ข้อสอบมีคุณภาพสูงกว่าข้อสอบที่ใช้ตัวเลือกจากที่ครูสร้างขึ้นทั้งค่าความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่นและค่าอำนาจจำแนก นอกจากนี้ข้อสอบที่ใช้ตัวเลือกที่ได้จากคำตอบของนักเรียนยังยากกว่าข้อสอบที่ได้ตัวเลือกจากครูสร้างเองอีกด้วย

9.3 คำตอบควรถูกต้องตามหลักวิชา บางครั้งตัวเลือกนั้นอาจเป็นคำตอบถูกแต่เมื่อพิจารณาโดยเฉพาะสาขาวิชาแล้วอาจไม่เกี่ยวข้องกันเลย

10. เขียนตัวเลือกให้เป็นอิสระจากกัน พยายามอย่าให้ตัวเลือกทั้งที่เป็นตัวถูก และตัวผิดก้าวท้าวกัน หรือมีความหมายสืบเนื่องสัมพันธ์กัน หรือครอบคลุมตัวเลือกอื่น ๆ ซึ่งทำให้เหมือนกับมีตัวเลือกน้อยลง และมีคำตอบที่ถูกต้องหลายข้อ

11. เรียงลำดับตัวเลือกที่เป็นตัวเลข ข้อสอบที่มีคำตอบเป็นตัวเลข เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เกี่ยวกับ วัน เดือน ปี หรือจำนวนต่าง ๆ ควรจัดเรียงลำดับกัน อาจเรียงจากมากไปน้อย หรือน้อยไปมาก ก็ได้ เพื่อช่วยให้ผู้สอบหาคำตอบง่ายขึ้น ไม่เกิดการสับสน

12. พยายามใช้รูปภาพช่วย การใช้รูปภาพเป็นตัวสถานการณ์ หรือคำถาม ตัวลวงจะช่วยคลายความเครียดให้ผู้สอบได้มาก โดยเฉพาะในชั้นเด็กตอนต้น การใช้รูปภาพนอกจากจะคลายความเครียดได้แล้ว ยังช่วยให้เข้าใจคำถามง่ายขึ้น และยังช่วยทำให้ข้อสอบน่าสนใจยิ่งขึ้น ข้อสำคัญรูปภาพที่ใช้ควรเขียนให้ชัดเจน สวยงาม น่าดู และถูกต้อง ไม่ทำให้ผู้สอบมองแล้วเข้าใจผิดได้

13. หลีกเลี่ยงคำถามที่แนะนำคำตอบคำถามที่ใช้แล้วที่มีเงาให้ผู้สอบสามารถตัดตัวลวงออกได้โดยไม่ต้องใช้ความคิด หรือชี้นำให้ผู้สอบเลือกคำตอบได้ง่ายขึ้น ถือว่าเป็นคำถามที่ชี้แนะคำตอบคำถามที่มีลักษณะแนะนำคำตอบมีดังนี้

13.1 ตัวคำตอบใช้คำที่ซ้ำกับคำถาม หรือใช้คำที่เกี่ยวข้องกัน

13.2 ออกคำถามซ้ำกัน ได้แก่คำถามสิ่งเดียวกันแต่ใช้ถ้อยคำต่างกัน ซึ่งผู้สอบอาจค้นพบคำตอบจากข้ออื่น ๆ ในข้อสอบฉบับเดียวกันได้ [12]

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาสื่อการทดลองและใบงานประกอบการทดลองรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในวิชาทางด้านสื่อสาร และระบบดิจิทัลที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ คือ

อโนชา รุ่งโรจน์วัฒนศิริ [15] ได้สร้างชุดทดลองวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ เรื่องการอินเตอร์เฟส พร้อมใบงานการทดลองขึ้น แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเวลาที่ใช้ในการทดลอง โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรม สาขาไฟฟ้า ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ จังหวัดเชียงใหม่ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ เรื่องการอินเตอร์เฟส ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่า เกณฑ์กำหนด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย

จิระวัฒน์ ใจอ่อนนุ่ม [16] ได้สร้างชุดทดลองวงจรดิจิทัล ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาสำหรับการทดลอง 15 การทดลอง โดยทำการทดลองหาประสิทธิภาพ และ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ชุดทดลองนี้มีเนื้อหาของการทดลองตรง ตามเนื้อหาของหลักสูตร คือ เรื่อง พีชคณิตบูลีน และการออกแบบวงจรลอจิก แผนผังคาร์โนห์ การเข้ารหัสและการถอดรหัส และฟลิปฟล็อปกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาแผนกช่างไฟฟ้า ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 4 (หลักสูตร 4 ปี) ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี รวม 27 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 12 คน และกลุ่มควบคุม 15 คน กลุ่มทดลองสอนโดยใช้ชุดทดลองวงจรดิจิทัล กลุ่มควบคุมสอนโดยวิธีการสอนแบบปกติ การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม ได้จากแบบทดสอบวัดพุทธิพิสัย และทักษะพิสัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน สูงกว่าเกณฑ์ผ่านของหลักสูตร และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่า เกณฑ์กำหนด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย

อรอนงค์ วิริยานุรักษ์นกร [17] ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์และออกแบบวงจรดิจิทัล ตามหลักสูตรวิศวกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2543 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนและหลังเรียน โดยใช้ชุดการสอนวิชา การวิเคราะห์และออกแบบวงจรดิจิทัล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดการสอนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาการวิเคราะห์และออกแบบดิจิทัล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่ ลงทะเบียนเรียนวิชาการวิเคราะห์และออกแบบดิจิทัล (Digital Circuit Analysis and Design) ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ภาควิชาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 40 คน วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหา

ประสิทธิภาพของชุดการสอนด้วยค่า E_1/E_2 และวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้ชุดการสอนด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.60/80.71 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด อีกทั้งชุดการสอนที่สร้างขึ้นนี้ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาการวิเคราะห์และออกแบบวงจรดิจิทัลได้

สุรพล ปันตันทอง [18] ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้าง และหาประสิทธิภาพของ ชุดประกอบการปฏิบัติการเครื่องมือวัดดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ โดยวิธีดำเนินการวิจัยได้สร้างชุดประกอบ การปฏิบัติการเครื่องมือวัดดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชาช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครอบคลุมเนื้อหา จำนวน 8 เรื่อง ให้นักศึกษาทำการประกอบ และทำแบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่างที่ทำการวิจัยได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาเขตตาก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จำนวน 20 คน ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบ หลัง การประกอบ และคะแนนการทำแบบทดสอบรวมหลังจากเรียน ครบทุกเรื่องของนักศึกษา ผลการวิจัยปรากฏว่า การเรียนด้วยชุดประกอบ การปฏิบัติการเครื่องมือวัดดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ร้อยละ 81.875/82.625 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์กำหนดร้อยละ 80/80 ตามสมมติฐานของการวิจัย

ฉลอง นพคุณ [19] ได้พัฒนาแผนและสื่อการเรียนรู้ เรื่อง วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าแผนและสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.88/83.83 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ และนักเรียนมีเจตคติต่อแผนและสื่อการเรียนรู้ เรื่อง วงจรไฟฟ้าเบื้องต้นอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก โดยสรุปแผนและสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และผู้เรียนมีเจตคติต่อแผนและสื่อการเรียนรู้ในระดับเห็นด้วยมาก

นิรันทร สมปู้ [20] ได้พัฒนาแผนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (PL) เรื่อง วงจรความต้านทานไฟฟ้า วิชา วงจรไฟฟ้า 1 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า แผนการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.26/82.50 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ และมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7147 แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 71.47 และนักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนตามแผนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (PL) เรื่อง วงจรความต้านทานไฟฟ้า วิชา วงจรไฟฟ้า 1 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยสรุป การพัฒนาแผนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (PL) เรื่อง วงจรความต้านทานไฟฟ้า วิชา วงจรไฟฟ้า 1 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 มี

ประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น ช่วยให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์เดิม มีการปฏิสัมพันธ์กัน โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษา ทำให้เกิดการขยายตัวของเครือข่ายความรู้ออกไปอย่างกว้างขวาง

นิรันดร์ นวลอินทร์ [21] ได้พัฒนาแผนการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกทักษะเรื่องคำสั้งภาษาปาสกาลเบื้องต้น วิชาหลักการเขียนโปรแกรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยการอาชีพ เลิงนกทา ผลการศึกษาพบว่า แผนการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.75/88.95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และมีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.67 แสดงว่านักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 67 นักศึกษามีความพึงพอใจต่อแผนการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกทักษะโดยรวมและรายข้ออยู่ในระดับมาก โดยสรุป แผนการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเหมาะสม ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และมีความพึงพอใจในระดับมาก จึงควรส่งเสริมให้ครูนำแผนดังกล่าวไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนต่อไป

สุพจน์ ธุระการ [22] ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกประสบการณ์รายวิชาปฏิบัติงานยานยนต์ 1 สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ ระบบทวิภาคี วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น ผลการศึกษาพบว่า ชุดฝึกประสบการณ์รายวิชาปฏิบัติงานยานยนต์ 1 มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 91.14/80.24 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ นักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกประสบการณ์รายวิชาปฏิบัติงานยานยนต์ 1 มีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.86 แสดงว่านักศึกษามีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 86.00 นักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกประสบการณ์รายวิชาปฏิบัติงานยานยนต์ 1 มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก สรุปได้ว่า ชุดฝึกประสบการณ์ที่พัฒนาขึ้นมีผลทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจได้เป็นอย่างดี จนบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ถือว่าเป็นชุดฝึกที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้

จากเอกสารที่ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับวิธีการสอนปฏิบัติการทดลอง และการออกแบบสร้างสื่อการสอนประเภทชุดทดลอง ประกอบกับรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง พบว่าสื่อประเภทชุดทดลองช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์กำหนด

ผู้วิจัยได้นำหลักการดังกล่าวไปดำเนินการออกแบบและสร้างชุดทดลองเรื่องการพัฒนาชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลองหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด