การพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพชุดการสอนทดลองการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์

สุมาลี จันทร์ชลอ [1]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
สุชิน ชินสีห์ [2]
วิทยาลัยสารพัดช่างนครราชสีมา

รับเมื่อ 4 ธันวาคม 2549 ตอบรับเมื่อ 16 กรกฎาคม 2550

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์เรื่องการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย (1) ชุดทดลองและโปรแกรมภาษา PIC BASIC ร่วมกับใบงาน การรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (3) แบบสอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับชุดทดลอง ใบงานการทดลองและวิธีการเรียนด้วยชุดทดลอง PIC Microcontroller กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์และแผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยสารพัดช่างนครราชสีมา จำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบก่อนเรียนและทดสอบหลังการเรียนด้วยชุดทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่าที (t-test) และวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนด้วย E_1/E_2

ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller มีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ประสิทธิภาพของชุดทดลองการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller ที่สร้างขึ้นมีค่าร้อยละ 87.33 /82.92

คำสำคัญ : การสอนทดลอง / การสร้างชุดทดลอง / ปิกไมโครคอนโทรลเลอร์

---

[1] *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี*

[2] *อาจารย์*

A Development and Study Efficiency of Experimental Kit on Interfacing for PIC Microcontroller

Sumalee Chanchalor [1]
King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkmod, Toongkru, Bangkok 10140
Suchin Chinsri [2]
Nakhonratchasima Poly-technic College

Received 4 December 2006 ; accepted 16 July 2007

Abstract

Objectives of this research were to construct and study efficiency of experimental kit on interfacing for PIC microcontroller. Researching Tools were as follows: 1.) Experimental kit and worksheet on the interfacing for PIC, 2.)Test and 3.) Questionnaire on satisfaction towards the experimental kit, worksheet and the study by the experimental kit on the interfacing for PIC microcontroller. Sample group was 30 students who were studying in the second year of high vocational education in the field of Electronic and the field of Electrical from Nakhonratchasima Poly-technical College. They were tested before and after the experiment. Data were analyzed to compare pretest and posttest score by t-test and to find the efficiency of the kit by E1/E2. The results of the research revealed that students who studied by the experimental kit on interfacing for PIC microcontroller had the post test score higher than the pre test score at significant level of 0.01. The efficiency of the experimental kit on the interfacing for PIC microcontroller was at 87.33 /82.92.

Keywords : Laboratory Instruction / Experimental Kit Construction / PIC Microcontroller

[1] *Associate Professor, Department of Electrical Technology Education, Faculty of Industrial Technology Education and Technology.*

[2] *Lecturer.*

1. ความสำคัญของปัญหาวิจัย

การจัดการศึกษาช่างอุตสาหกรรมด้วยการสอนทดลอง (Laboratory Instruction) เป็นวิธีสำคัญที่เน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์เพื่อฝึกทักษะเบื้องต้น การทดลองปฏิบัติทำให้ผู้เรียนได้พิสูจน์หลักการหรือทฤษฎีซึ่งเป็นประสบการณ์กับการทำงาน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้จากทฤษฎีเข้ากับกระบวนการเรียนทดลอง ทำให้มีความรู้ในศาสตร์อย่างแท้จริงเป็นการฝึกใช้สติปัญญาไหวพริบ และ เป็นการพัฒนากิจนิสัยที่ดีของช่าง เสริมสร้างทัศนคติที่ดีต่องาน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สัมผัสกับเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ มองเห็นขั้นตอนการทำงานรวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างหลักการและ กฎเกณฑ์ในเรื่องที่นำมาศึกษา เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม กระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสคิด ได้เสนอความเห็น และแก้ปัญหาจริง เป็นการพัฒนา ความรู้ ทักษะความสามารถและประสบการณ์ที่คงทนให้กับผู้เรียน การออกแบบการทดลองที่ดีจะกระตุ้นคุณลักษณะที่ดีให้เกิดแก่ผู้เรียนหลายด้าน เช่น รู้จักคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถในการสื่อสาร ฝึกการประยุกต์ ได้ค้นพบความรู้อย่างวิทยาศาสตร์ บูรณาการข้อมูลอย่างครบถ้วน สามารถคิดได้อย่างอิสระ และได้ทำงานเป็นกลุ่ม [1] การทดลองบางอย่างอาจเน้นการสาธิตหลักการ หรือฝึกเทคนิคบางประการ บางการทดลองทำให้ผู้เรียนเข้าใจความคิดรวบยอดมากขึ้น [2]

การสอนทดลองโดยวิธีจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม จะทำให้ผู้เรียนนำทฤษฎี ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ปฏิบัติเพื่อให้เกิดประสบการณ์ตรง แต่ถ้าผู้สอนไม่สามารถจัดสภาพแวดล้อมของการทดลองให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ รวมทั้งการสอนโดยใช้สื่อการทดลองหรือชุดทดลองที่ขาดประสิทธิภาพจะไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้และทำให้สิ้นเปลืองวัสดุทดลอง

สื่อการสอนประเภทชุดทดลองเป็นสื่อชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประกอบการสอน ผู้สอนอาจออกแบบโดยนำประสบการณ์นอกห้องเรียนมาประยุกต์ในสื่อ เพื่อนำเสนอให้เป็นการเรียนรู้ในห้องเรียนได้ การออกแบบสื่อการสอนที่ดีต้องพิจารณาความเหมาะสมกับวัยและสอดคล้องกับความมุ่งหมายของการนำไปใช้ การออกแบบที่ดีจะทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจง่าย มีขนาดที่เหมาะสมตามสภาพการใช้งาน และมีองค์ประกอบที่กลมกลืนสอดคล้องกันตามสภาพการใช้งานและการผลิตสื่อ[3,4] มีสีสันดึงดูดใจผู้เรียนและราคาไม่แพงเกินไป ถ้าจะผลิตสื่อเองต้องคุ้มกับเวลาและการลงทุน [4] หลักการออกแบบสื่อการสอนประเภทชุดทดลองให้มีความเหมาะสมจะต้องคำนึงถึง [5]

1. ออกแบบให้สามารถใช้ได้กับบุคคลที่มีความสามารถหลายแบบ (Equitable use)

2. มีแนวทางการใช้ที่หลากหลายตามความสามารถของแต่ละบุคคล (Flexibility in use)

3. สามารถเรียนรู้ได้ง่าย หลีกเลี่ยงสิ่งที่ซับซ้อนโดยไม่จำเป็น (Simple and intuitive)

4. ให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการเรียนรู้เพื่อผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ (perceptible information)

5. ทนทาน รองรับความผิดพลาดของผู้เรียนที่มีทักษะต่างกันได้มาก (Tolerance for error)

6. ใช้ได้สะดวกโดยไม่ต้องใช้ความพยายามทางกายภาพมาก (Low physical effort)

7. มีขนาดเหมาะสม (Suitable size and space)

8. สร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน (Student interaction)

9. สร้างบรรยากาศของการเรียน (Instruction environment)

การพัฒนาโมเดลสำหรับการสอน มีขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปประยุกต์ใช้ และการประเมินผล [6]

อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์อื่น เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดความสะดวกในการทำงานและความประหยัดในด้านค่าใช้จ่ายของต้นทุนการผลิตจากวัสดุอุปกรณ์ ค่าแรงงาน และระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนทดลองวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะภาคปฏิบัติ มักเกิดปัญหาจากสิ่งแวดล้อมในการปฏิบัติการทดลอง ได้แก่ ความไม่พร้อมของเครื่องมืออุปกรณ์ เนื่องจากวิชานี้เป็นรายวิชาใหม่ที่ถูกบรรจุในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2546 ทำให้ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ยังขาดแคลน ผู้สอนต้องใช้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์มาประกอบบนเบรดบอร์ด (Breadboard) ด้วยตนเอง ทำให้

เสียเวลาประกอบมาก นอกจากนี้ผู้สอนบางคนอาจไม่เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์สาระ เนื้อหา การเตรียมอุปกรณ์หรือไม่สามารถหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการทดลองได้ทำให้ต้องประสพปัญหาการเตรียมอุปกรณ์ในการเลือกซื้อและจัดหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับเนื้อหาการเรียนและทักษะที่ต้องการฝึกตามวัตถุประสงค์ จึงใช้เวลานานในการจัดหรือจัดได้ไม่สอดคล้องกับเวลาและทักษะที่จะฝึกผู้เรียน

สาเหตุสำคัญอีกประการที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ดี เนื่องมาจากประสิทธิภาพของสื่อการเรียนและความขาดแคลนของชุดทดลองในภาคปฏิบัติ ชุดทดลองเป็นสื่อสำคัญที่ถูกนำมาใช้หลังจากการเรียนภาคทฤษฎีและนำไปขยายผลความรู้ด้วยการเรียนภาคปฏิบัติ โดยการจัดประสบการณ์ในสถานการณ์จำลอง เพื่อให้โอกาสผู้เรียนได้รับการฝึกทักษะทางสมองและร่างกายพร้อมกันจากการเรียนปฏิบัติการทดลอง การขาดสื่อการเรียนการสอนเป็นปัญหาสำคัญของการจัดการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถลำดับเหตุการณ์ / ไม่สามารถสร้างความคิดรวบยอดในสิ่งที่มองเห็นด้วยตาเปล่าไม่ได้ ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้สาระได้อย่างชัดแจ้ง การพัฒนาความรู้ จะใช้เพียงการฟังจากผู้สอนเพียงอย่างเดียวคงไม่พอ จะต้องมีการสอนภาคปฏิบัติ มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถและได้ฝึกปฏิบัติจริงอย่างมีประสิทธภาพ

การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ต้นแบบนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ใช้ Chip # PIC 16F877/877A เป็นสื่อในการเรียนการสอนเนื่องจากภายใน Chip # PIC 16F877/877A ประกอบด้วยรีจิสเตอร์จำนวนมาก มีวงจร A/D ขนาด 8 บิตและ10 บิตอยู่ภายในมีหน่วยความจำภายใน 8 KB ซึ่งเพียงพอสำหรับการเขียนโปรแกรมในการใช้งาน มีพอร์ตอินพุตเอ้าท์พุตจำนวน 33 พอร์ต แต่ละพอร์ตจ่ายกระแสได้ 20 มิลลิแอมป์ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีวงจรขับกระแสภายนอก ไอซี Chip# PIC 16F877/877A สามารถติดต่อสื่อสารได้ทั้งแบบอนุกรมและขนาน สามารถทำงานด้วยความเร็วสูงถึง 20 MHz สามารถโปรแกรมได้ 100,000 ครั้ง มีราคาถูก และมีจำหน่ายทั่วไปในร้านค้าอะไหล่อิเล็กทรอนิกส์ ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียน การสอน และคาดหวังว่าจะช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนสูงขึ้น ผู้เรียนจะมีความรู้และสามารถในการประยุกต์เนื้อหาวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งานด้านต่างๆ เช่นการควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน หุ่นยนต์, ยานยนต์, ในงานอุตสาหกรรม, รักษาความปลอดภัย, การเกษตรกรรม และการอนุรักษ์พลังงาน ช่วยลดเวลาในการต่อวงจร เพื่อผู้เรียนจะได้มีเวลาสำหรับศึกษาสาระสำคัญของเนื้อหาได้มากขึ้น ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นเป็นต้นแบบในการพัฒนาสื่อการสอน ทดลองอื่นๆ เสริมสร้างความก้าวหน้าทางวิชาการ การพัฒนาชุดการสอนที่มีราคาถูกยังเป็นประโยชน์ทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะในสถานศึกษาที่มีงบประมาณจำกัด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและศึกษาประสิทธิภาพของชุดการสอนทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เรื่อง การรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller
2. เพื่อปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น

3. ขอบเขตของการวิจัย

ชุดการสอนทดลองวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เรื่องการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller สร้างจากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์และสาขาวิชาช่างไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และใช้ประกอบกับใบงานการทดลองที่สร้างขึ้น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาและนำไปทดลองหาประสิทธิภาพ ดำเนินการ 2 ขั้นตอนคือ 1.) การวิเคราะห์และออกแบบชุดการสอนทดลอง 2.) การหาประสิทธิภาพของชุดการสอนทดลอง

1. การวิเคราะห์และออกแบบชุดการสอนทดลอง การออกแบบชุดทดลอง และใบงานการทดลอง เริ่มจากการวิเคราะห์เนื้อหา วัตถุประสงค์ จากคำอธิบายรายวิชา รวมทั้งมาตรฐานรายวิชา

การวิเคราะห์เนื้อหาสาระวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหัวข้อย่อย 6 หัวข้อ ได้แก่ 1.) ศึกษาและปฏิบัติโครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 2.) ลักษณะสัญญาณและกระบวน การทำงาน 3.) การรับ-ส่งขอมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก 4.) ชุดคำสั่งและการเขียนโปรแกรม 5.) การวัดและทดสอบวงจรใชงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 6.) การประยุกต์ใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากหัวข้อดังกล่าวสามารถตั้งชื่อกลุ่มเนื้อหาได้ 5 เรื่อง โดยหัวข้อ 1,4 และ 6 ใช้ชื่อเดิม หัวข้อที่ 2, 3 และ 5 จัดเป็น 2 กลุ่มเนื้อหา คือ การต่อวงจรและใช้เครื่องมือวัดทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก และจัดสาระรายละเอียดจากส่วนที่ไม่สามารถจัดในกลุ่มที่กล่าวมาแล้วเป็นกลุ่มใหม่ คือ กลุ่มการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลการวิเคราะห์งาน จาก วัตถุประสงค์ ทักษะที่เกี่ยวข้อง ความรู้ที่ต้องใช้ประกอบในการปฏิบัติงาน ลำดับขั้นตอนการทำงานและเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นในการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้ผลตามเป้าหมาย พบว่า หน่วยการเรียนเรื่องการต่อวงจรและใช้เครื่องมือวัดทดสอบการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller มีความเชื่อมโยงกับสาระส่วนใหญ่ในหลักสูตรวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นหัวข้อที่มีความสำคัญและเชื่อมโยงเกี่ยวข้องกับเนื้อหาส่วนอื่นๆ ทุกส่วนของรายวิชา ถ้าผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลองในเรื่องนี้ได้ดีจะสามารถศึกษาหน่วยการเรียนอื่นๆ ในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ดีด้วย การสร้างชุดทดลองนี้จึงได้คัดเลือกเรื่องการต่อวงจรและใช้เครื่องมือและวัดทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller มาศึกษาและเขียนใบงานการทดลองเพื่อนำไปใช้กับชุดฝึกทดลอง เนื้อหาย่อยของเรื่องที่เลือกได้นำมาวิเคราะห์เนื้อหาที่เกี่ยวข้องดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller

เรื่อง	หัวข้อ	เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง
3	การรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก	- พอร์ตที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูล
		- การรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
		- การรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C
		- การรับข้อมูลจากสวิตซ์ แมตริกสวิตซ์
		- การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ
		- การรับส่งข้อมูลกับ EEPROM
		- การส่งข้อมูลเพื่อแสดงผล เช่นLE ,LCD,ฯลฯ
		- การส่งข้อมูลเพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้า
		- การรับ-ส่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอล
		- การรับ-ส่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อก

รายละเอียดเนื้อหาจากหัวข้อและเนื้อหาย่อยกลุ่มในเนื้อหาของวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การต่อวงจรและใช้เครื่องมือวัดทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller เนื้อหาย่อยได้แก่การรับข้อมูลจากสวิตซ์และแมตริกสวิตซ์ / การส่งข้อมูลเพื่อแสดงผล LED / การส่งข้อมูลเพื่อแสดงผล 7-segment / การส่งข้อมูลเพื่อแสดงผล LCD / การส่งเสียงออกที่ PIEZO / การส่งข้อมูลเพื่อควบคุมรีเลย์ / การส่งข้อมูลเพื่อควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง / การส่งข้อมูลเพื่อควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ / การอ่าน / เขียน

ข้อมูลที่ EEPROM / การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ ตรวจจับอุณหภูมิ / การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับแสง / การรับส่งข้อมูลอนาล็อกและดิจิตอล

การสร้างชุดทดลองการรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีเรื่องการออกแบบและการสร้างสื่อการสอนประเภทชุดทดลอง ดำเนินการออกแบบชุดทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISIO กำหนดเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน ร่วมกับใบงานการทดลอง ชุดทดลองนี้ประกอบด้วยวงจรการทดลอง 15 วงจรตามที่วิเคราะห์ในส่วนแรก ลำดับการสร้างชุดทดลองที่ใช้สำหรับการวิจัยมีดังนี้

1. วิเคราะห์เนื้อหาวิชาควบคู่กับการสร้างใบงานการทดลองและชุดทดลอง

2. ออกแบบวงจรที่จะใช้ในชุดทดลองและตรวจสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบ

3. ออกแบบลายวงจร (PCB) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

4. นำแผ่นวงจรที่พิมพ์ด้วยกระดาษไปถ่ายฟิล์มที่โรงพิมพ์

5. สร้างเฟรมสำหรับพิมพ์วงจรด้วยซิลสกรีน

6. พิมพ์วงจรด้วยการซิลสกรีนลงบนแผ่นทองแดง

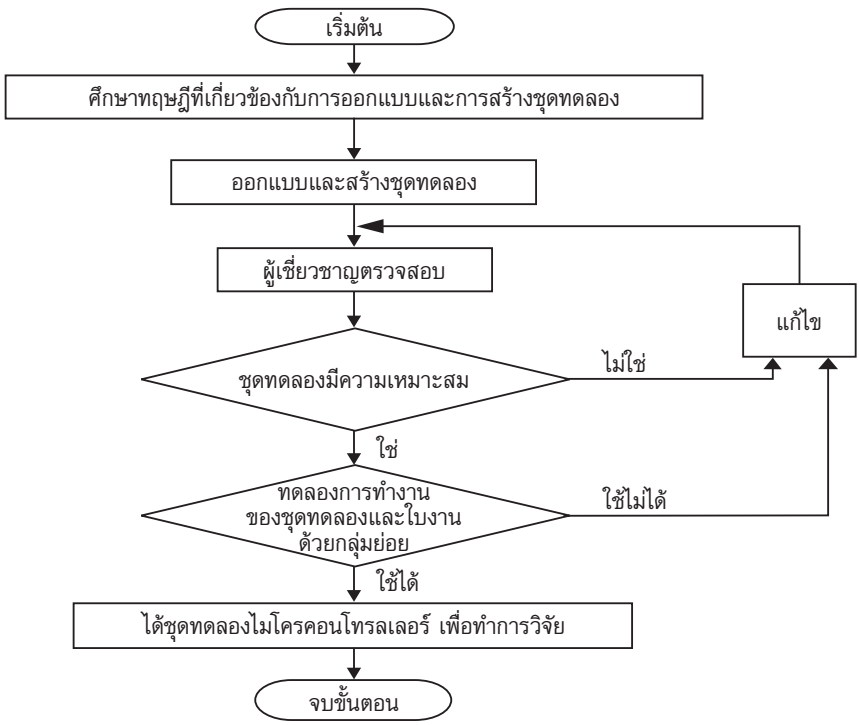
7. นำแผ่นทองแดงที่พิมพ์ลายวงจรไปกัดในกรดเกลือจะได้ลายวงจรที่พร้อมใช้งาน

8. พิมพ์ตำแหน่งอุปกรณ์ด้านตรงกันข้ามกับลายวงจร

9. เจาะแผ่นวงจรพิมพ์และตรวจสอบเพื่อประกอบอุปกรณ์

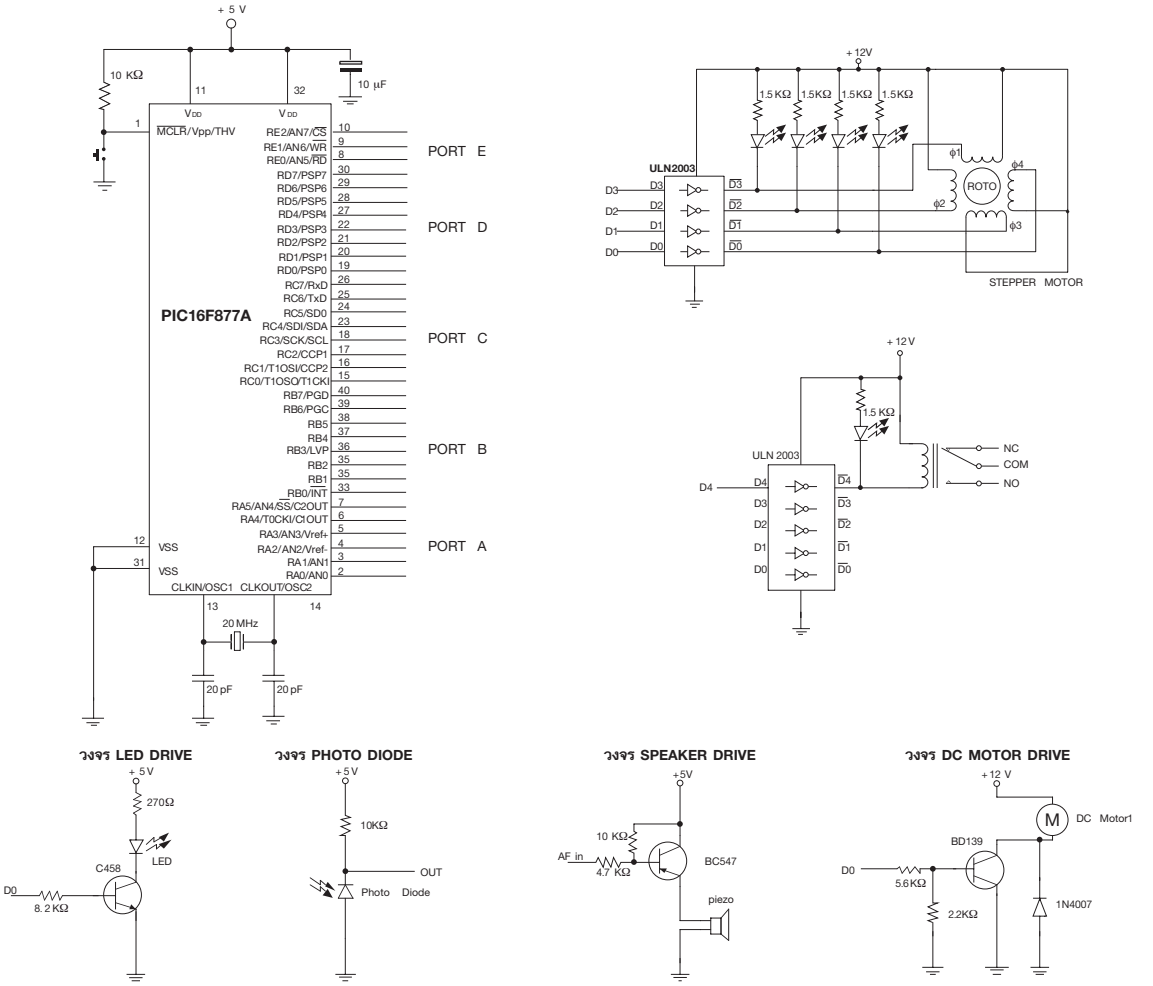
10. ประกอบอุปกรณ์และตรวจสอบการทำงาน ได้ชุดทดลองการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller

การดำเนินการสร้างชุดทดลองและตรวจสอบการทำงานตามรูปที่ 1

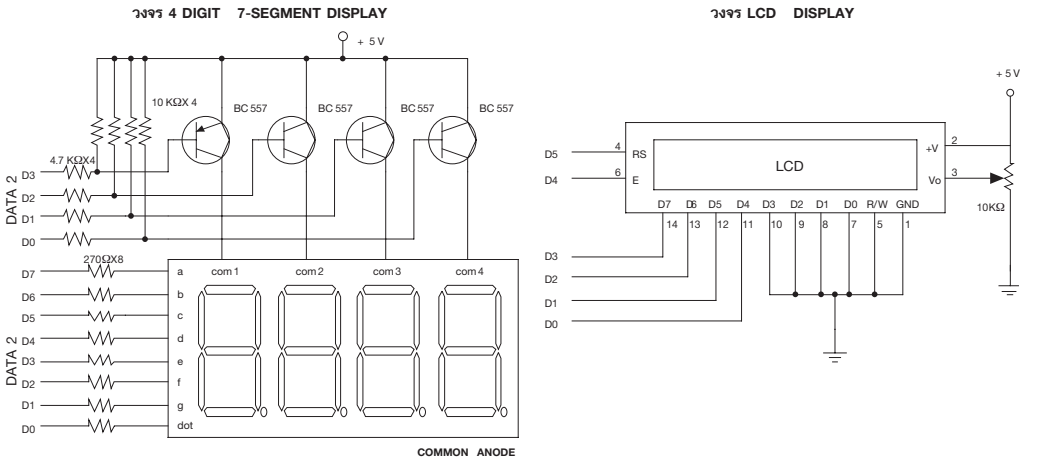


รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

ตัวอย่าง วงจรที่ใช้ในชุดทดลอง ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2 วงจรหลัก วงจรขับมอเตอร์และขับเสียงของชุดทดลองการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller ที่ได้ออกแบบขึ้น



รูปที่ 3 วงจรชุดแสดงผลด้วย LED 7-Segment และ LCD ของชุดทดลองการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller

การออกแบบใช้หลักความสะดวกในการใช้งาน [4] โดยการออกแบบให้อุปกรณ์ทุกอย่างที่จำเป็นอยู่ในแผงทดลองเดียวกัน และแบ่งเป็นสัดส่วนตามหัวข้อการทดลอง/ออกแบบรูปทรงให้มีโครงสร้างมั่นคง แข็งแรง มีขนาดเล็กกระทัดรัด สามารถนำไปทดลองบนโต๊ะทดลองได้ / ออกแบบการวางตำแหน่งอุปกรณ์ในชุดฝึกให้เหมาะสมกับการทำงาน เช่น อุปกรณ์ที่เกิดความร้อนในขณะทำงาน ได้วางไว้ในตำแหน่งที่ระบายความร้อนได้ดี / ออกแบบการต่อช่องสัญญานเข้าโดยจัดวางไว้ทางซ้ายมือ ส่วนสัญญานออกวางไว้ทางขวามือ ตามความคุ้นเคยของผู้เรียน เนื่องจากไดอะแกรมส่วนมากนิยมให้สัญญานอินพุตอยู่ทางซ้ายมือ การสร้างชุดทดลองเริ่มจากการออกแบบลายวงจรโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป จนกระทั่งได้ลายวงจรพิมพ์และตำแหน่งอุปกรณ์

จากการวิเคราะห์หน่วยการเรียนเรื่องการต่อวงจรและใช้เครื่องมือวัดทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller นำมาจัดทำใบงานประกอบชุดทดลอง 4 ใบงาน ที่มีความครอบคลุมสาระและทักษะครบถ้วนในหน่วยการเรียนรู้

การสร้างใบงานการทดลอง ใบงานเป็นเอกสารให้ปฏิบัติงาน หรือคำแนะนำให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามลำดับจุดมุ่งหมายที่กำหนด[3] ใบงานประกอบด้วยสาระต่างๆ ดังนี้

ส่วนหัว ประกอบด้วย เลขที่ใบงานการทดลอง / ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง / ชื่อหน่วยการทดลอง / เรื่อง

ส่วนสาระรายละเอียด หัวข้อเรื่องที่ควรมีในส่วนนี้ได้แก่ บทนำ / วัตถุประสงค์ / ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน / เครื่องมือและอุปกรณ์ / ลำดับขั้นการทดลองปฏิบัติงาน / คำถามระหว่างการทดลอง / คำถามท้ายการทดลอง / สรุปผลการทดลอง / วิจารณ์ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง การหาประสิทธิภาพมีการดำเนินการ 2 ขั้นตอน คือ

1.) การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาและกระบวนการ ภายหลังจากการทดสอบการปฏิบัติงานของชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัยขณะทำการพัฒนาแล้ว การตรวจสอบในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการเชิงคุณภาพ ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาซึ่งเป็นอาจารย์สอน หรือผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องโดยตรง จำนวน 5 คน จากการสัมภาษณ์ พูดคุย ประเด็นที่เป็นปัญหาในการทดลอง การตรวจสอบในขั้นตอนนี้ มีการตรวจสอบหลายลักษณะ ได้แก่ 1.)ตรวจสอบผลการวิเคราะห์ทักษะและสาระตามหลักสูตรและมาตรฐาน

วิชาชีพ 2.)ตรวจสอบการสร้างชุดฝึกทดลองทั้งด้านเนื้อหาและกระบวนการทดลอง 3.)ตรวจสอบองค์ประกอบของชุดทดลอง 4.)ตรวจสอบสาระของเนื้อหาในใบงานการตั้งคำถามให้ตอบหรือให้ปฏิบัติรวมทั้งการผูกเงื่อนไขเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ หลังจากการอภิปรายร่วมกับผู้เชี่ยวชาญจนเป็นที่ยอมรับร่วมกันแล้วผู้วิจัยจะทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะที่ยอมรับร่วมกันได้ชุดทดลองที่เป็นต้นแบบตามวัตถุประสงค์

2.) การตรวจสอบโดยการนำชุดการสอนทดลองกับใบงานการทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักศึกษา **ครั้งแรก**ทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยราชมงคลอีสาน จำนวน 32 คน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลองต้นแบบ ผลการตรวจสอบพบว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพ 87.33/82.92 **ครั้งที่ 2** เป็นทดลองกับนักศึกษาวิทยาลัยสารพัดช่างนครราชสีมา จำนวน 30 คน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อเป็นเครื่องมือศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ขั้นตอนในการสร้าง คือ 1.) ศึกษาเนื้อหาในรายวิชาไมโครคอนโทรเลอร์ 2.) สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ระบุสัดส่วนความสัมพันธ์ของเนื้อหา/วัตถุประสงค์ในการสอนกับการให้น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลก่อนและหลังการเรียน โดยวัดพฤติกรรมตามระดับการเรียนรู้ของบลูม (Bloom Taxonomy) จำนวน 50 ข้อ เป็นข้อสอบวัดระดับความเข้าใจ จำนวน 12 ข้อ / วัดระดับการนำไปใช้ จำนวน 21 ข้อ / วัดระดับการวิเคราะห์ จำนวน 13 ข้อ / วัดระดับการสังเคราะห์ จำนวน 4 ข้อ

แบบทดสอบได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านวัดผล จำนวน 5 ท่าน และนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาจำนวน 32 คน ผลการวิเคราะห์พบว่าข้อสอบอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ดี จำนวน 40 ข้อ ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับจากสูตร KR20. เท่ากับ .97 สร้างข้อสอบระหว่างเรียน ใช้ทดสอบภายหลังการเรียนปฏิบัติแต่ละใบงานจำนวนใบงานละ 10 ข้อ

การวัดทักษะการปฏิบัติ วัดจากการตรวจสอบผลการปฏิบัติงาน และจากใบงานซึ่งกำหนดพื้นที่ให้เขียนหรือตอบคำถามรวมทั้งสรุปรายงานผลการทดลอง

การสร้างแบบสอบถามเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน ลักษณะของแบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า จำนวน 3 ด้าน ประกอบด้วย 1.) แบบสอบถามเกี่ยวกับความเหมาะสมของชุดทดลอง 2.) แบบสอบถามเกี่ยวกับความเหมาะสมของใบงาน 3.) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาเกี่ยวกับการเรียนโดยใช้สื่อการสอนชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบสอบถามทุกชุด ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

การทดลองใช้ชุดทดลองนี้เป็นการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design โดยทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยสารพัดช่างนครราชสีมาจำนวน 30 คน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

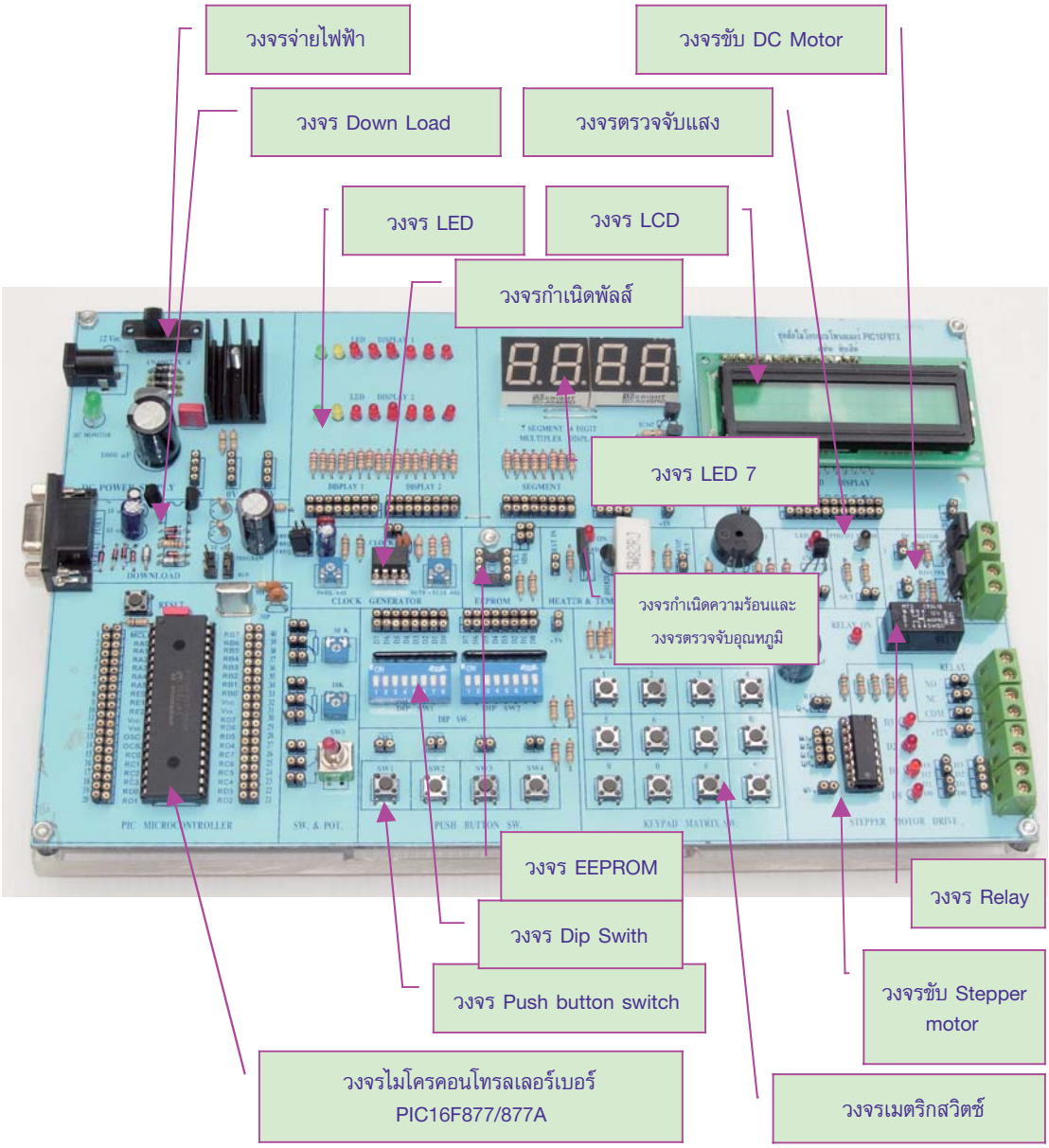
การศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ใช้การวิเคราะห์สัดส่วนของคะแนนทดสอบระหว่างเรียนเมื่อสิ้นสุดแต่ละใบงานและคะแนนทดสอบหลังจากได้เรียนทุกใบงานแล้วจากสูตร E1/E2 การทดสอบประสิทธิผลของการเรียนด้วยการทดสอบค่าที (t-test dependent) การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของชุดทดลอง ใบงานการทดลองและความพึงพอใจต่อชุดทดลอง ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน

6. ผลการวิจัย

ผลการสร้างชุดทดลอง การสร้างชุดการสอนทดลองนี้ ประกอบด้วย ชุดทดลองต้นแบบ1 ชุดและใบงานการทดลอง จำนวน 4 ใบงาน

ผลการสร้างใบงานการทดลอง ใบงานที่ใช้ร่วมกับชุดทดลอง ประกอบ ด้วย จุดประสงค์ ความรู้ที่ควรมีก่อนทำการทดลอง เครื่องมือและอุปกรณ์ ลำดับขั้นการทดลอง คำถามระหว่างการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง สรุปการทดลอง วิจารณ์การทดลอง แบบทดสอบหลังการทดลอง ใบงานการทดลองที่สร้าง มีจำนวน 4 ใบงานได้แก่ 1.) การรับข้อมูลจากสวิตช์อินพุตและการส่งข้อมูลออกแสดงผลที่ LED 2.) การรับข้อมูลจากเมตริกสวิตช์และการส่งข้อมูลออกแสดงผลที่แอลอีดี 7 ส่วน 3.) การควบคุม DC MOTOR และ STEPPER MOTOR 4.) การรับสัญญาณจาก Analog & Digital แสดงผลที่ LED 7-Segment และ LCD

ผลการสร้างชุดทดลองต้นแบบ ชุดทดลอง ประกอบด้วย 15 วงจร ตำแหน่งต่างๆ ของวงจรและอุปกรณ์ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งของวงจรต่าง ๆ ในชุดทดลอง

ผลการทดสอบวงจรพบว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้ออกแบบขึ้นนี้ สามารถใช้ปฏิบัติการทดลองได้ทุกวงจร และ สามารถใช้งานร่วมกับใบงานการทดลองได้อย่างดี ครบทุกใบงาน

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ประสิทธิภาพของชุดทดลองพิจารณาจากสัดส่วนระหว่างร้อยละของคะแนนสอบระหว่างเรียนและหลังการเรียนดังค่าในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ร้อยละของคะแนนจากการทดสอบความรู้ระหว่างเรียนและหลังเรียน

คะแนน	ระหว่างเรียน	หลังเรียน
ร้อยละ	87.33	82.92

ผลการคำนวณประสิทธิภาพของชุดทดลองวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เรื่องการรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller พบว่ามีประสิทธิภาพ 87.33/82.93

ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียน โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยการทดสอบหาค่าที (t-test dependent) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนทดสอบเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าที (t-test)

คะแนน	n	$\bar{X}$	S.D.	t-test
ทดสอบก่อนเรียน(Pre-test)	30	8.83	3.68	56.98**
ทดสอบหลังเรียน(Post-test)	30	33.17	1.86	

** $P < 0.01$

จากตารางที่ 3 พบว่า ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย พบว่า ผลคะแนนสอบเฉลี่ยหลังเรียนของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ย 33.17 สูงกว่าผลคะแนนสอบเฉลี่ยก่อนเรียนของผู้เรียน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 8.83 แสดงว่าผู้เรียนที่เรียนด้วย ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนเกี่ยวกับชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับชุดทดลอง

ที่	รายการ/ประเด็น	$\bar{X}$	S.D	ความเหมาะสม
1	ขนาดของชุดทดลองมีความเหมาะสมต่อการเรียนทดลอง	4.52	0.39	มากที่สุด
2	ชุดทดลองนี้สร้างแรงจูงใจทำให้เกิดความสนใจในการเรียน	4.47	0.38	มาก
3	ชุดทดลองมีประสิทธิภาพในการใช้งาน	4.46	0.40	มาก
4	สามารถใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้สะดวก	4.43	0.46	มาก
5	ตำแหน่งของจุดต่ออินพุตเอ้าต์พุตสะดวกต่อการทดลอง	4.41	0.44	มาก
6	วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมต่อการเรียนทดลอง	4.38	0.55	มาก
7	การออกแบบสวยงามและสะดวกในการใช้งาน	4.35	0.53	มาก
8	ความคุ้มค่าและคุณค่าของชุดทดลอง	4.34	0.52	มาก

ผลการศึกษาความเหมาะสมของชุดทดลอง ผู้เรียนเห็นว่าชุดทดลองมีความเหมาะสมระดับมาก ถึงมากที่สุดค่า ($\bar{X}$ = 4.35 ถึง 4.52) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) มีค่าตั้งแต่ 0.38 ถึง 0.55 แสดงว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นสอดคล้องกันโดยให้คะแนนความเหมาะสมด้านขนาดของชุดทดลอง เป็นอันดับแรก (ค่า $\bar{X}$ = 4.52, S.D = 0.39) ในระดับมากที่สุด ประเด็นอื่นๆที่เหลือ ผู้เรียนเห็นว่ามีความเหมาะสมในระดับมาก

ผลการศึกษาความเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของใบงานการทดลอง ดังค่าในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความคิดเห็นเรื่องความเหมาะสมของใบงานการทดลอง

ที่	รายการ/ประเด็น	$\bar{X}$	S.D	ความเหมาะสม
1	สาระสำคัญของความรู้ในเรื่องที่ทดลอง	4.26	0.58	มาก
2	มีความครอบคลุมเพียงพอทำให้สามารถดำเนินการปฏิบัติงานได้	4.48	0.40	มาก
	รายละเอียดของเนื้อหาให้หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4.47	0.45	มาก
3	เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองแสดงรายการได้ชัดเจน เหมาะสม	4.36	0.53	มาก
4	ความเหมาะสมของโปรแกรมภาษาเบสิกในใบงานสามารถใช้งานได้	4.53	0.39	มากที่สุด
	การอธิบายข้อมูลการทดลองชัดเจนสามารถปฏิบัติการทดลองได้	4.47	0.41	มาก
	ความเหมาะสมของการกำหนดลำดับขั้นตอนการทดลอง	4.39	0.48	มาก
	รูปวงจรและตารางบันทึกผลที่ใช้สื่อความหมายช่วยในการทดลอง	4.30	0.56	มาก
5	การตรวจสอบความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำการเรียนทดลอง	4.21	0.56	มาก
6	การแสดงหัวข้อการสรุปความเข้าใจหลังจากการทดลอง	4.19	0.62	มาก

ผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของใบงาน ผู้เรียนเห็นว่าโปรแกรมภาษาเบสิกที่อยู่ในใบงานสามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.53, S.D=.39) ประเด็นอื่นที่เหลือผู้เรียนให้คะแนนความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X}$ ตั้งแต่ 4.19 ถึง 4.48) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) มีค่าตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.56 แสดงว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน

ผลการศึกษาความพึงพอใจทั่วไปต่อการเรียนด้วยสื่อชุดทดลองที่สร้างขึ้นด้วยแบบสอบถามผู้เรียนที่เรียนเรื่องการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและเบี่ยงเบนมาตรฐานความคิดเห็นต่อการเรียนด้วยสื่อชุดทดลอง

ที่	รายการ/ประเด็น	X	S.D	ความหมาย
1	เปิดโอกาสให้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง	4.69	0.30	มากที่สุด
2	เป็นสื่อการสอนทางเทคโนโลยีที่สามารถนำความรู้ไปใช้ได้	4.58	0.39	มากที่สุด
3	การเรียนมีความสัมพันธ์กับทฤษฎี เพิ่มความเข้าใจในวิชานี้	4.53	0.45	มากที่สุด
4	ความพอใจโดยภาพรวมในการเรียนด้วยชุดทดลอง	4.46	0.42	มาก
5	กิจกรรมในการเรียนทำให้เกิดความสามัคคีมีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม	4.16	0.65	มาก

จากตารางที่ 6 พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 3 ประเด็นได้แก่ การเปิดโอกาสให้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง, เป็นสื่อการสอนทางเทคโนโลยีที่สามารถนำความรู้ไปใช้ได้และการเรียนมีความสัมพันธ์กับทฤษฎีเพิ่มความเข้าใจในวิชานี้ ค่าเฉลี่ย (X) เท่ากับ 4.69,4.58และ4.53 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือมีความพึงพอใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ย (X) เท่ากับ 4.46 และ 4.16 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของความเห็นทุกประเด็น มีค่า ตั้งแต่ 0.65 ถึง 0.30 แสดงว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน

7. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง การรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller พบว่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง (E1/E2) มีค่าเท่ากับ 87.33/82.92 แสดงว่าชุดทดลอง มีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างเครื่องมือมีกระบวนการที่วางแผนเป็นอย่างดี ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหารายวิชา [4] มีการศึกษางานวิจัยและผลงานการสร้างจากงานวิจัยอื่นๆ การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านการเรียนการสอน มีการตรวจสอบและเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการทดลอง ทำให้มีสาระการเรียนรู้ครอบคลุมแต่ละทักษะการปฏิบัติที่สำคัญตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีการตรวจสอบกระบวนการทดลองตามสภาพจริงและทำให้มีการเรียนรู้เป็นระบบ ชุดฝึกได้ออกแบบตามหลักการและตามหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติมากที่สุด สร้างความดึงดูดความสนใจโดยใช้สีที่สดใส ขนาดกระทัดรัดให้ใช้งานได้สะดวก[5] ใบงานการทดลองได้เรียงลำดับจากง่ายไปหายากทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่าย และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยประเภทเดียวกันหลายชุด พบผลการวิจัยที่ได้จะสอดคล้องกันเช่น เชษฐา เจริญสุข และคณะ [7] ได้สร้างชุดทดลองการควบคุมวงจรลิฟท์ด้วยวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ แล้วนำไปทดลองหาประสิทธิภาพกับนักศึกษาวิทยาลัย เทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ อังคณา อัตถาพร[8] ได้พัฒนาชุดทดลองและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ นำไปใช้กับนักศึกษาเทคนิคอุดรธานี จำนวน 32 คน ผลการวิจัยพบว่าชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการเปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนและหลังการเรียน ของผู้เรียนที่เรียนทดลองด้วยใบงานทดลองร่วมกับชุดทดลองที่สร้างขึ้น พบว่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คะแนนที่เพิ่มขึ้นสูงมาก คิดเป็นร้อยละ 65 ทั้งนี้ อาจเนื่องจากชุดทดลองและใบงานพัฒนาขึ้นตามหลักการสร้างสื่อและตามหลักทฤษฎีการเรียนรู้ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น การเรียนปฏิบัติการทดลอง ทำให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้รับจากการเรียนในชั้นเรียน เกี่ยวกับกฎ สูตร และการทำงานของเครื่องมืออุปกรณ์ ไปใช้และเห็นความแตกต่างระหว่างทฤษฎีกับการปฏิบัติชัดเจนขึ้น (Theory Verification) [3] ช่วยให้ผู้เรียนไม่ต้องจินตนาการมากเกินไปสร้างความเข้าใจในทฤษฎียิ่งขึ้นเนื่องจากผู้เรียนได้ลงมือ

ปฏิบัติด้วยตนเอง การเรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นนี้ช่วยอาจารย์ให้ใช้เวลาในการจัดเตรียมอุปกรณ์ลดลง ใบงานที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประกอบกับชุดทดลองได้ให้ข้อมูลที่จำเป็น เกี่ยวกับสาระสำคัญ รายการอุปกรณ์ ขั้นตอนการทดลอง รวมทั้งให้ผู้เรียนได้เติมผลการสังเกต/ผลการทดลองซึ่งสามารถตรวจสอบการปฏิบัติงานได้ / การปฏิบัติงานใช้กระบวนการกลุ่มทำให้ผู้เรียนสามารถอภิปรายแลกเปลี่ยนความเห็นภายในกลุ่มสร้างทักษะการสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน [4] การตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและผ่านการทดลองความเหมาะสมกับผู้เรียนก่อนทดลองจริงทำให้ผู้เรียนประเมินความเหมาะสมของใบงานและกิจกรรมการเรียนในระดับมาก ถึงมากที่สุด การสร้างใบงานได้ให้ข้อมูลของการใช้โปรแกรมภาษาเบสิคที่สามารถนำไปใช้งานได้ดีทำให้ผู้เรียนประเมินสูงมากเป็นอันดับแรก โดยเฉพาะการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองซึ่งผู้เรียนประเมินสูงมากที่สุดและเป็นอันดับแรกของด้านการเรียนด้วยชุดทดลอง เนื่องจากการลงมือปฏิบัติในชุดทดลองทำให้ความเข้าใจหลักการ / ทฤษฎี / ความคิดรวบยอดเพิ่มมากขึ้น [2]

ผลการศึกษาความเหมาะสมด้านกายภาพของชุดทดลอง พบว่าผู้เรียน พอใจขนาดของชุดทดลองมีความเหมาะสมต่อการเรียนทดลองสูงกว่าประเด็นอื่นๆ ทุกประเด็น และเป็นการประเมินระดับมากที่สุด ทั้งนี้เพราะชุดทดลองนี้ออกแบบกระทัดรัด (ขนาดชุดทดลองประมาณ 8x12 นิ้ว) สามารถนำไปใช้ทดลองที่โต๊ะทดลองได้ การออกแบบชุดทดลองมีสีสันถูกใจผู้รียนสอดคล้องกับสภาพการใช้งานและหลักการผลิตสื่อ [3, 4] ชุดทดลองที่สร้างมีวงจรครอบคลุมทุกวงจรในเนื้อหารายวิชาใช้วงจรหลัก ซึ่งออกแบบให้ใช้ร่วมกับอุปกรณ์แสดงผลต่างๆ อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ รวมทั้งวงจรขับมอเตอร์อยู่ในแผ่นเดียวกัน ทำให้สะดวกเมื่อทำการทดลอง ชุดทดลองนี้ได้บรรจุ วงจร Download/IC Program อยู่ในชุดฝึก จึงสามารถปฏิบัติได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น นอกจากนี้ผู้เรียนสามารถเลือกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างอิสระซึ่งเป็นทักษะที่ต้องใช้กับการปฏิบัติงานในโรงงาน อุตสาหกรรม นอกจากนี้เมื่อคำนึงถึงต้นทุนการผลิต พบว่าชุดทดลองต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถผลิตได้ในราคาเพียง 2,500 บาท ขณะที่ราคาของชุดทดลองเดิมที่ต้องซื้อจากบริษัทราคา ประมาณ 7,500 บาทแต่สามารถใช้งานได้กับเพียงบางวงจร / บางส่วนของสาระในหลักสูตรเท่านั้น ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนการสอนที่แท้จริง และสอดคล้องกับสภาพของผู้เรียนคนไทย ทำให้อาจารย์ผู้สอนในสถาบันการอาชีวศึกษาหลายแห่งสนใจที่นำไปใช้ ถือได้ว่าชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นสามารถเป็นชุดทดลองต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ

8. ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการสร้างชุดทดลองอิเล็คทรอนิค การทดลองเพื่อทดสอบคุณภาพทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์จากเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ทำให้มีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสร้างชุดทดลองอิเล็คทรอนิค ดังต่อไปนี้

1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีขนาดกระทัดรัดเหมาะสมกับการทดลองบนโต๊ะและเรียนรู้ได้ง่ายแต่ หากต้องการให้ชุดทดลองเล็กลงกว่านี้ การสร้างชุดทดลอง ควรออกแบบลายวงจร 2 ด้าน

2. การออกแบบชุดทดลอง ได้พัฒนาตามวัตถุประสงค์คำนึงถึงความเหมาะสมและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้เหมาะสมกับการทำงาน การพัฒนาชุดทดลองต้นแบบเรื่องอื่นๆ ควรคำนึงถึงคุณลักษณะที่กล่าวด้วย เช่น ถ้าต้องการความรวดเร็วในการ Download ข้อมูลวงจรโปรแกรมข้อมูลลงในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรใช้พอร์ต USP

3. ควรนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นนำไปเผยแพร่และทดลองใช้กับนักศึกษาช่างอุตสาหกรรมของสถานศึกษาอาชีวศึกษาต่างๆ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการสร้างชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพไว้ใช้ขึ้นเองสำหรับการเรียนการสอนมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาสร้างชุดทดลองโดยใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่น ที่สามารถใช้งานได้กว้างขวางมากขึ้นและมีอุปกรณ์อินพุตเอ้าต์พุตมากขึ้นหรือสามารถใช้ Chip ของบริษัทอื่น นอกเหนือจากของ Microchip ได้

2. ควรสร้างชุดทดลองที่มีอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) มากขึ้น โดยเฉพาะอุปกรณ์ตรวจจับแสง ตรวจจับสนามแม่เหล็ก ตรวจจับก๊าซพิษ และวิเคราะห์รูปภาพ จะสร้าง

ความน่าสนใจมากขึ้น

3. ควรสร้างชุดทดลองที่สามารถใช้ได้กับภาษาคอมพิวเตอร์ทุกภาษา เนื่องจากผู้เรียนอาจจะถนัดด้านภาษาคอมพิวเตอร์แตกต่างกันออกไป

9. รายการเอกสารอ้างอิง

1. Black Beverly and others, “Guidebook for Teaching Labs for University of Michigan Graduate Student Instructor”, Center for Research on Learning and Teaching, http://www.crit.umich.edu/gsis/lab__guidebook.html

2. “Laboratory”, in Science Teaching Reconsidered :A HANDBOOK -2. http://www.nap.edu/readingroom/books/str/2.html.

3. ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่. “ประเภทของการสอนทดลอง” เอกสารประกอบการสอนวิชา ETE.523(Workshop and Laboratory Instruction System.) ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, มปป.

4. อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2546, หลักการสอน, โอเอสพริ้นติ้งเฮ้าส์ พิมพ์ครั้งที่ 3.

5. McGuire M.J., Scott S.S. and Shaw S.F. 2003. “Universal Design for Instruction: The Paradigm, Its Principles and Products for Enhancing Instructional Access”, in Journal on Postsecondary Education and Disability, Vol.17 No. 1, Fall .

6. Hake 1992. Instructional design http://en.wikipedia.org/wiki/Instructional__design

7. Chetta Charoensuk. S. Chanchalor and K. Tunlasakun, 2005, “Learning How to Control Lift with Digital Electronic Circuits by Module Kits”, ICLORD 2005 19th, International Conference BANGKOK April 18th-22nd, 2005.

8. อังคณา อัตถาพร 2546, การพัฒนาชุดทดลองและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ วิทยานิพนธ์ คอม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.