



วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย
สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 2
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา



รายงานการวิจัยในชั้นเรียน (Classroom Action Research)

การพัฒนากิจกรรมการตรวจสอบและทดสอบแผ่นวงจรพิมพ์
ด้วยชุดฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลอง
ร่วมกับแบบตรวจสอบความปลอดภัย
สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)



รายวิชา

การเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
(รหัสวิชา 31909-1003)



ตรวจสอบข้อบกพร่อง



ทดสอบการทำงาน



ความปลอดภัย



จัดทำโดย

นายรัตชานนท์ ปัญญาฟู

แผนกวิชา เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์



บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลอง (Fault-Simulation PCB) ร่วมกับแบบตรวจสอบความปลอดภัย (Safety Checklist) ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การผลิตและทดสอบแผ่นวงจรพิมพ์เบื้องต้น 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการปฏิบัติงานก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) ศึกษาพฤติกรรมการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยและการใช้มัลติมิเตอร์ กลุ่มเป้าหมายคือนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569 จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ หน่วยที่ 5, ชุดฝึกวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลอง, แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Pre-test / Post-test), แบบประเมินทักษะการปฏิบัติงานตามสภาพจริง (Rubrics Scoring Guide), ใบงานตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB Inspection Sheet) และแบบสังเกตพฤติกรรมความปลอดภัย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples)

ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาแผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลองร่วมกับแบบตรวจสอบความปลอดภัย มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 4.36 คะแนน (S.D. = 1.03) เป็น 8.91 คะแนน (S.D. = 0.70) จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ด้านทักษะการปฏิบัติงานจากเกณฑ์รูบริกส์พบว่านักศึกษาสามารถตรวจสอบลายวงจรพิมพ์ การประกอบบัดกรี และการตรวจวัดทางไฟฟ้าผ่านเกณฑ์ระดับ "ดีมาก" ทุกคน (คะแนนเฉลี่ย 88.09 จาก 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.09) และไม่พบความเสียหายของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือพอร์ตคอมพิวเตอร์จากการลัดวงจรระหว่างการทดสอบจ่ายไฟจริง (Hot Test)

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
สารบัญ	ข
บทที่ 1: บทนำ.....	1
1.ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
3. สมมติฐานของการวิจัย	1
4. ขอบเขตของการวิจัย	2
5. นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2: เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1. หลักสูตรและสมรณระรายวิชา.....	4
2. กระบวนการตรวจสอบและทดสอบแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB Inspection & Testing).....	4
3. มาตรฐานการประกอบและบัดกรี (IPC-A-610)	4
4. แนวคิดการเรียนรู้ผ่านข้อผิดพลาดจำลองและการใช้เกณฑ์ประเมินรูบริกส์	4
บทที่ 3: วิธีดำเนินการวิจัย	5
1. ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย.....	5
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	5
3. ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	5
4. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	5
บทที่ 4: ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	6
ตอนที่ 1: ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 11).....	6
ตอนที่ 2: ผลการประเมินทักษะการปฏิบัติงานตามสภาพจริง (Rubrics Score: N = 11)	6
ตอนที่ 3: ผลการสังเกตพฤติกรรมความปลอดภัยและสถิติความเสียหายของอุปกรณ์	7
บทที่ 5: สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	8

1. สรุปผลการวิจัย	8
2. อภิปรายผลการวิจัย.....	8
3. ข้อเสนอแนะ	8
บรรณานุกรม	9
ภาคผนวก	10
ภาคผนวก ก: แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ 5	11
ภาคผนวก ข: เครื่องมือประเมินทักษะตามสภาพจริง (Rubrics Scoring Guide)	13
แบบฟอร์มให้คะแนนทักษะปฏิบัติรายบุคคล (Rubrics Score Sheet).....	14
ภาคผนวก ค: ใบงานตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์และแบบตรวจสอบความปลอดภัย (Inspection & Safety Checklist).....	15
ใบงานที่ 5.1: การตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB Inspection Sheet).....	15
ใบงานที่ 5.2: ตารางบันทึกผลการวัดค่าทางไฟฟ้าด้วยมัลติมิเตอร์	16

บทที่ 1: บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการศึกษาสายอาชีวศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มุ่งเน้นการสร้างสมรรถนะทั้งด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์และการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ รายวิชา การเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (รหัสวิชา 31909-1003) เป็นวิชาสำคัญที่ฝึกให้ผู้เรียนสามารถออกแบบผังวงจร (Schematic) และแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board: PCB) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ เช่น KiCad เพื่อส่งต่อข้อมูลดิจิทัลไปผลิตเป็นอุปกรณ์สมองกลฝังตัวและระบบ IoT ใช้งานจริง

จากการจัดการเรียนรู้ในหน่วยที่ 5 เรื่อง การผลิตและทดสอบแผ่นวงจรพิมพ์เบื้องต้น พบว่านักศึกษาแผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความคุ้นเคยกับงานซอฟต์แวร์ มักประสบปัญหาด้านทักษะเชิงช่างและการประกอบฮาร์ดแวร์ ได้แก่ 1) การมองข้ามขั้นตอนการตรวจสอบสายทองแดงทางกายภาพ (Visual Inspection) ทำให้เกิดการบัดกรีสะพานตะกั่วลัดวงจร (Solder Bridge) หรือจุดบัดกรีหลวม (Dry Joint) 2) การขาดความชำนาญในการใช้ดิจิทัลมิเตอร์ตรวจเช็คความต่อเนื่อง (Continuity Test) ในขั้นตอน Cold Test ก่อนจ่ายไฟ และ 3) การต่อสายวัดหรือตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้าไม่ถูกต้อง ซึ่งมีความเสี่ยงสูงที่จะทำให้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ (NodeMCU ESP8266) ชาร์จ และเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรย้อนกลับไปทำลายพอร์ต USB ของเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำ "ชุดฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลอง (Fault-Simulation PCB)" ซึ่งจำลองอาการเสียทางกายภาพ เช่น ลายเส้นขาด ลายเส้นลัดวงจร และจุดบัดกรีบกพร่อง มาใช้ร่วมกับ "แบบตรวจสอบความปลอดภัย (Safety & Inspection Checklist)" ให้นักศึกษาได้ฝึกวิเคราะห์และตรวจเช็คอย่างเป็นขั้นเป็นตอน เพื่อสร้างทักษะความรอบคอบ กิจนิสัยความปลอดภัย และยกระดับสมรรถนะวิชาชีพให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลองร่วมกับแบบตรวจสอบความปลอดภัยในการจัดการเรียนรู้หน่วยที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้และทักษะการปฏิบัติงานของนักศึกษา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกปฏิบัติการและแบบตรวจสอบความปลอดภัย
3. เพื่อประเมินพฤติกรรมการปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัยส่วนบุคคลและการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดของนักศึกษาแผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

3. สมมติฐานของการวิจัย

นักศึกษาแผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลองร่วมกับแบบตรวจสอบความปลอดภัย

มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการปฏิบัติงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ขอบเขตของการวิจัย

- **ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย:** นักศึกษาระดับ ปวส. แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคนิคภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (31909-1003) จำนวน 11 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)
- **เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย:** หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การผลิตและทดสอบแผ่นวงจรพิมพ์เบื้องต้น ครอบคลุมการแปลงไฟล์ Gerber, การตรวจสอบทางกายภาพ, การบัดกรี, การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่า DC/Continuity และการทดสอบบอร์ดควบคุมรีเลย์ด้วย ESP8266
- **ตัวแปรที่ศึกษา:**
 - **ตัวแปรต้น (Independent Variable):**
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลองร่วมกับแบบตรวจสอบความปลอดภัย
 - **ตัวแปรตาม (Dependent Variables):** 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ 2) ทักษะการปฏิบัติงานการตรวจสอบและทดสอบ PCB 3) พฤติกรรมความปลอดภัยและกิจนิสัยในการทำงาน
- **ระยะเวลาดำเนินการ:** ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569 สัปดาห์ที่ 9-10 จำนวนรวม 10 ชั่วโมง (ทฤษฎี 4 ชั่วโมง ปฏิบัติ 6 ชั่วโมง)

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

- **ชุดฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลอง (Fault-Simulation PCB):**
บอร์ดวงจรพิมพ์ที่ออกแบบและผลิตขึ้นโดยเจาะจงสร้างเงื่อนไขข้อผิดพลาด เช่น ลายเส้นขาด ลายเส้นลัดวงจร และจุดบัดกรีมีตำหนิ เพื่อให้ นักศึกษาฝึกค้นหาและแก้ไขข้อผิดพลาด
- **แบบตรวจสอบความปลอดภัย (Safety & Inspection Checklist):**
เครื่องมือกำกับขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ผู้เรียนต้องตรวจสอบและบันทึกผลทางไฟฟ้าแบบ Cold Test (ตรวจเช็คขณะไม่จ่ายไฟ) ก่อนเสนอให้อาจารย์ผู้สอนอนุมัติการจ่ายไฟเลี้ยง (Hot Test)
- **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน:** คะแนนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตและทดสอบแผ่นวงจรพิมพ์

วัดได้จากแบบทดสอบปรนัยจำนวน 10 ข้อ

- **ทักษะการปฏิบัติงาน:** ความสามารถในการออกแบบ บั๊กรี ตรวจสอบลายวงจร และทดสอบระบบ
วัดโดยใช้แบบประเมินทักษะการปฏิบัติงานตามสภาพจริง (Rubrics Scoring Guide) รวม 100 คะแนน

บทที่ 2: เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาทบทวนเอกสาร หลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้:

1. หลักสูตรและสมรรถนะรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ กำหนดให้ผู้เรียนมีสมรรถนะในการเขียนแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์สำหรับระบบสมองกลฝังตัว และการทดสอบความถูกต้องของวงจรก่อนนำไปใช้งานร่วมกับโปรแกรมควบคุม

2. กระบวนการตรวจสอบและทดสอบแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB Inspection & Testing)

ตามหลักวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ การทดสอบบอร์ดฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนสำคัญ:

- **การทดสอบแบบ Cold Test (ตัดกระแสไฟ):** การตรวจด้วยสายตาและแว่นขยาย (Visual Inspection) ร่วมกับการใช้มัลติมิเตอร์โหมด Continuity วัดว่าสายไฟเลี้ยง VCC และ GND ไม่ลัดวงจรถึงกัน
- **การทดสอบแบบ Hot Test (จ่ายกระแสไฟ):** การจ่ายแรงดันไฟฟ้า DC และวัดแรงดันที่จุดสำคัญ (5V และ 3.3V) ก่อนทำการเชื่อมต่อบอร์ดเข้ากับพอร์ตสื่อสารคอมพิวเตอร์

3. มาตรฐานการประกอบและบัดกรี (IPC-A-610)

มาตรฐานสากลกำหนดให้รอยบัดกรีที่ดีต้องมีลักษณะคล้ายกรวยคว่ำ (Fillet) ผิวเรียบเงา ตะกั่วโอบรอบขาอุปกรณ์และแผ่นทองแดงอย่างสมบูรณ์ ไม่มีสะพานตะกั่วเชื่อมลัดวงจร

4. แนวคิดการเรียนรู้ผ่านข้อผิดพลาดจำลองและการใช้เกณฑ์ประเมินรูบริกส์

การเรียนรู้ผ่านข้อผิดพลาดจำลอง (Fault Simulation) ช่วยให้นักศึกษาฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ (Troubleshooting) และเมื่อนำแบบประเมินรูบริกส์ (Rubrics) มาใช้ร่วมกับแบบตรวจสอบ (Checklist) ผู้เรียนจะเข้าใจเป้าหมายคุณภาพงานที่ชัดเจนและลดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3: วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569 จำนวน 11 คน ซึ่งลงทะเบียนเรียนรายวิชาการเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (31909-1003)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือจัดการเรียนรู้: แผนการจัดการเรียนรู้หน่วยที่ 5 (10 ชั่วโมง), ชุดฝึกวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลอง และใบงานปฏิบัติการที่ 5.1 และ 5.2
2. เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล:
 - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน (ปรนัย 10 ข้อ) ค่า IOC ระหว่าง 0.80 - 1.00
 - แบบประเมินทักษะการปฏิบัติงานตามสภาพจริง (Rubrics Scoring Guide) รวม 100 คะแนน
 - ใบงานตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์และแบบตรวจสอบความปลอดภัย (Inspection & Safety Checklist)
 - แบบสังเกตพฤติกรรมความปลอดภัยและกิจนิสัยในการปฏิบัติงาน

3. ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการวิจัยในสัปดาห์ที่ 9-10 ตามลำดับขั้น:

- สัปดาห์ที่ 9: วัดผลก่อนเรียน (Pre-test) สอนบรรยายสาธิต และให้นักศึกษาฝึกค้นหาจุดเสียด้วยชุดฝึกข้อบกพร่องจำลอง พร้อมบันทึกผลลงในใบงาน 5.1 และ 5.2
- สัปดาห์ที่ 10: ให้นักศึกษาลงมือประกอบบอร์ดจริง ดำเนินการตรวจ Cold Test ตามแบบตรวจสอบความปลอดภัย เมื่อผ่านการอนุมัติจึงอนุญาตให้รัน Hot Test ประเมินทักษะด้วยเกณฑ์ Rubrics และทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.), ร้อยละ และทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อน-หลังเรียนด้วย Dependent Samples t-test ($N = 11, df = 10$)

บทที่ 4: ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปออกเป็น 3 ตอน ดังนี้:

ตอนที่ 1: ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน (N = 11)

การทดสอบ	จำนวนผู้เรียน (N)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนฯ (S.D.)	ค่าสถิติ t	ระดับนัยสำคัญ (p)
ก่อนเรียน (Pre-test)	11	10	4.36	1.03	13.82*	.000
หลังเรียน (Post-test)	11	10	8.91	0.70		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 2.228$ ที่ $df = 10$)

จากตารางที่ 1 พบว่า

นักศึกษาแผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.55 คะแนน

ตอนที่ 2: ผลการประเมินทักษะการปฏิบัติงานตามสภาพจริง (Rubrics Score: N = 11)

รายการประเมินสมรรถนะ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนฯ (S.D.)	ร้อยละ	ระดับคุณภาพ
1. งานเขียนแบบ Schematic & PCB (ERC/DRC)	20	17.55	1.21	87.75	ดีมาก
2. งานประกอบและบัดกรี (Hardware Assembly)	20	17.27	1.35	86.35	ดีมาก

รายการประเมิน สมรรถนะ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนฯ (S.D.)	ร้อยละ	ระดับคุณภาพ
3. งานซอฟต์แวร์ และการทดสอบ ระบบ (Testing)	20	17.45	1.29	87.25	ดีมาก
4. ความปลอดภัย และสุขอนามัย (Safety & Care)	20	18.73	1.01	93.65	ดีมาก
รวมเฉลี่ยสะสม (คิดเทียบฐาน 100 คะแนน)	100	88.09	3.85	88.09	ดีมาก

จากตารางที่ 2 พบว่า นักศึกษามีคะแนนทักษะเฉลี่ยรวม 88.09 คะแนน อยู่ในระดับ "ดีมาก" ทุกคน

ตอนที่ 3: ผลการสังเกตพฤติกรรมความปลอดภัยและสถิติความเสียหายของอุปกรณ์

นักศึกษาทั้ง 11 คน ผ่านการตรวจเช็ค Cold Test ก่อนจ่ายไฟ 100% สามารถตรวจพบจุดบัดกรีที่
ลัดวงจรระหว่าง VCC กับ GND บนบอร์ดจริงก่อนจ่ายไฟได้จำนวน 3 บอร์ด และแก้ไขได้สำเร็จ ไม่พบความ
เสียหายของฮาร์ดแวร์ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือพอร์ต USB เลย (อัตราความเสียหาย 0.00%)

บทที่ 5: สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

การใช้ชุดฝึกวิเคราะห์ข้อบกพร่องจำลองร่วมกับแบบตรวจสอบความปลอดภัย ส่งผลให้นักศึกษาแผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จำนวน 11 คน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ย 8.91 คะแนน สูงกว่าก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ย 4.36 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนทักษะการปฏิบัติงานในระดับ "ดีมาก" (ร้อยละ 88.09) โดยปราศจากอุบัติเหตุหรือความเสียหายของอุปกรณ์

2. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยชี้ชัดว่า นักศึกษาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ซึ่งมีพื้นฐานการคิดเชิงตรรกะ เมื่อได้รับการฝึกฝนด้วยชุดข้อบกพร่องจำลองและมีแบบตรวจสอบ (Checklist) กำกับขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบ ทำให้สามารถเชื่อมโยงหลักการทางซอฟต์แวร์สู่ฮาร์ดแวร์กายภาพได้อย่างราบรื่น ช่วยลดความประมาทและสร้างความมั่นใจในการปฏิบัติงานบัดกรีและตรวจวัดทางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ข้อเสนอแนะ

- ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้:

ควรนำแบบตรวจสอบความปลอดภัยนี้ไปปรับใช้ในการทดลองของวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบสมองกลฝังตัวในแผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทุกระดับชั้น

- ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป:

ควรวิจัยเปรียบเทียบการใช้ระบบตรวจจับข้อผิดพลาดอัตโนมัติหรือการใช้กล้อง AI ตรวจสอบแนวบัดกรีบนบอร์ดเพื่อยกระดับสู่เทคโนโลยีอุตสาหกรรมอัจฉริยะ

บรรณานุกรม

- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2569). *หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2569 ประเภทวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- IPC International, Inc. (2020). *IPC-A-610H: Acceptability of Electronic Assemblies*. Bannockburn, IL: IPC.
- Fluke Corporation. (2021). *Digital Multimeter Principles and Safe Measurement Procedures*. Everett, WA: Fluke Application Note.
- ทรงศักดิ์ สุริโย. (2564). *การออกแบบและสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์*. เชียงราย: สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก: แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ประจำหน่วยการเรียนรู้ที่ 5

คำชี้แจง: ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)

1. ข้อใดคือความหมายที่ถูกต้องที่สุดของแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) ในงานฮาร์ดแวร์
 - ก. แผ่นฐานฉนวนที่มีลายเส้นทองแดงนำไฟฟ้าเพื่อยึดและเชื่อมโยงอุปกรณ์เข้าด้วยกันแทนการเดินสายไฟ [เฉลย: ก]
 - ข. แผ่นการ์ดหน่วยความจำสำหรับจัดเก็บไฟล์ข้อความออฟไลน์
 - ค. จอแสดงผลกราฟิกส์สีที่เหล็มนขนาดเล็ก
 - ง. แผงควบคุมระบบสัญญาณอินเทอร์เน็ที่บ้านความเร็วสูง
2. ก่อนจ่ายกระแสไฟเข้าสู่บอร์ดควบคุมที่เพิ่งประกอบบัดกรีเสร็จ ขั้นตอนใดสำคัญที่สุดที่ห้ามละเลย
 - ก. การนำสีโปสเตอร์มาทาตกแต่งแผ่นฉนวนบอร์ด
 - ข. การตรวจสอบไล่เช็คลายทองแดงและรอยบัดกรี (PCB Inspection) ป้องกันการลัดวงจร [เฉลย: ข]
 - ค. การแชร์ภาพถ่ายบอร์ดลงระบบเครือข่ายสังคม
 - ง. การลบไฟล์เดสก์ทอปออกแบบออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์
3. เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าชนิดใดที่มีความสามารถเนกประสงค์ ใช้วัดได้ทั้งแรงดัน ความต้านทาน และความต่อเนื่อง
 - ก. ไชควงเช็คไฟ
 - ข. คีมปากจิ้งจกปกสายไฟ
 - ค. ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ (Multimeter) [เฉลย: ค]
 - ง. ลวดตะกั่วบัดกรี
4. การตั้งมัลติมิเตอร์ที่โหมด Continuity (รูปคลื่นเสียง/บี๊บเซอร์) มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสิ่งใด
 - ก. ตรวจเช็คเนดสีผิวของชั้น Solder Mask
 - ข. ตรวจสอบความต่อเนื่องและการต่อถึงกันทางไฟฟ้าของลายเส้นทองแดง [เฉลย: ข]
 - ค. วัดระดับอุณหภูมิความร้อนของปลายหัวแรงไฟฟ้า
 - ง. ทดสอบความเร็วในการประมวลผลของบอร์ด
5. หากต้องการเชื่อมต่อขาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่น PCB ต้องใช้เครื่องมือจับคู่ในข้อใด
 - ก. หัวแรงบัดกรี ร่วมกับลวดตะกั่วบัดกรี [เฉลย: ก]

- ข. มัลติมิเตอร์ ร่วมกับแวนชยาย
 - ค. คีมปอกสายไฟ ร่วมกับไขควงแบน
 - ง. สว่านแท่นเจาะ ร่วมกับน้ำยากัดกรด
6. หากเกิดสภาวะลัดวงจร (Short Circuit) บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์หลังเปิดเครื่อง จะเกิดผลเสียอย่างไร
- ก. ระบบฮาร์ดแวร์จะประมวลผลเร็วขึ้นเป็นเท่าตัว
 - ข. กระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัด เกิดความร้อนสูง และอุปกรณ์ภายในอาจไหม้เสียหายทันที [เฉลย: ข]
 - ค. สัญญาณ Wi-Fi เพิ่มความเร็วสูงขึ้น
 - ง. ขนาดหน่วยความจำจะขยายเพิ่มขึ้น
7. ตามหลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ข้อใดคือแนวทางที่ถูกต้องและปลอดภัยที่สุด
- ก. วัดค่ากระแสไฟฟ้าขณะมือหรือร่างกายเปียกชื้น
 - ข. แกะไขดัดแปลงสายไฟโดยไม่ปิดแหล่งจ่ายไฟ
 - ค. ปิดสวิตช์และตัดแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) ทุกครั้งก่อนซ่อมแซมหรือบัดกรีบอร์ด [เฉลย: ค]
 - ง. วางแก้วน้ำดื่มไว้ติดกับพื้นที่วางอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เสียบปลั๊กอยู่
8. เพราะเหตุใดจึงต้องตรวจ Cold Test บนบอร์ดก่อนที่จะเชื่อมต่อสายเข้ากับพอร์ตคอมพิวเตอร์
- ก. เพื่อป้องกันไฟช็อตย้อนกลับไปทำลายพอร์ต USB หรือเมนบอร์ดคอมพิวเตอร์ [เฉลย: ก]
 - ข. เพื่อช่วยเพิ่มความเร็วการทำงานของระบบ Windows
 - ค. เพื่อลดขนาดพื้นที่จัดเก็บในฮาร์ดดิสก์
 - ง. เพื่อเพิ่มเฉดสีบนชั้น Silkscreen
9. เครื่องมัลติมิเตอร์โดยทั่วไปสามารถนำมาใช้วัดพารามิเตอร์ใดได้บ้าง
- ก. แรงดันไฟฟ้า (Voltage)
 - ข. ค่าความต้านทาน (Resistance)
 - ค. ความต่อเนื่องและการไหลของสัญญาณ (Continuity)
 - ง. ถูกต้องทุกข้อที่กล่าวมา [เฉลย: ง]
10. ประโยชน์สูงสุดของการทดสอบระบบวงจร (Functional Testing) หลังการประกอบคือข้อใด
- ก. ประหยัดน้ำยาเคลือบเงาบอร์ด
 - ข. ตรวจสอบยืนยันว่าโครงสร้างฮาร์ดแวร์จริงสามารถทำงานได้ตรงตามการออกแบบ [เฉลย: ข]
 - ค. ลดจำนวนตัวต้านทานให้น้อยลง

ง. แปลงไฟล์ KiCad เป็นรูปแบบอื่น

ภาคผนวก ข: เครื่องมือประเมินทักษะตามสภาพจริง (Rubrics Scoring Guide)

รายการประเมิน	ดีเยี่ยม (3)	ผ่านเกณฑ์ (2)	ต้องปรับปรุง (1)
1. การออกแบบ Schematic & PCB	วงจรถูกต้องตามหลักวิชาการ ใช้ฟุตพริ้นต์ตรงกับอุปกรณ์จริง เดินลายวงจรเรียบร้อย ผ่าน ERC/DRC 100% ไม่มี Error	วงจรถูกต้อง แต่ลายวงจรบางจุดยาวหรือเป็นมุมแหลม ผ่าน ERC/DRC แต่มี Warning ที่ไม่ร้ายแรง	วงจรผิดพลาด ไม่ผ่าน ERC/DRC หรือเลือกฟุตพริ้นต์ผิดขนาดใส่อุปกรณ์จริงไม่ได้
2. ทักษะงานฝีมือและการบัดกรี	บัดกรีเงางาม รูปทรงกรวยคว่ำภูเขาไฟ ไม่ลัดวงจร วางอุปกรณ์แนบสนิท ตัดขาสัณพอดีสะอาด	รอยบัดกรีใช้งานได้ มีจุดที่ตะกั่วหนาหรือบางบ้าง ไม่มีการลัดวงจร ทำความสะอาดปานกลาง	มีจุดบัดกรีลัดวงจร (Short) หรือบัดกรีไม่ติด (Cold Solder) อุปกรณ์เอียง ลายทองแดงหลุดร้อน
3. การโปรแกรมและทดสอบระบบ	เขียนโค้ดสั่งงานขา GPIO ควบคุมรีเลย์ได้ตาม Logic ทดสอบหน้าสัมผัส COM, NO, NC ทำงานสมบูรณ์	เขียนโค้ดควบคุมได้ แต่ต้องแก้ไข Logic สัญญาณเล็กน้อย รีเลย์ทำงานได้ตามเงื่อนไข	ไม่สามารถอัปโหลดโปรแกรมได้ หรือวงจรรีเลย์ไม่ทำงาน และวิเคราะห์สาเหตุไม่ได้
4. ความปลอดภัยและสุขอนามัย	ปฏิบัติตามความปลอดภัย 100% สวมแว่นตา PPE ตรวจสอบ Cold Test ลัดวงจรก่อนจ่ายไฟทุกครั้ง	ปฏิบัติตามความปลอดภัย แต่อาจลืมสวม PPE บางช่วง ตรวจสอบเช็ควงจรก่อนจ่ายไฟหลังได้รับการเตือน	ละเลยความปลอดภัย ไม่ตรวจสอบการลัดวงจรก่อนจ่ายไฟ เสี่ยงปลั๊กขณะมือเปียก
5. กิจนิสัยและความ	ปฏิบัติงานเสร็จทันเวลา	ส่งงานตรงเวลา ทำความ	ส่งงานล่าช้ากว่ากำหนด

รายการประเมิน	ดีเยี่ยม (3)	ผ่านเกณฑ์ (2)	ต้องปรับปรุง (1)
รับผิดชอบ	ทำความสะอาดพื้นที่และ จัดเก็บเครื่องมือวัด/หัว แรงอย่างเป็นระเบียบ	สะอาดพื้นที่แต่จัดเก็บ เครื่องมือไม่ครบถ้วน	ไม่ทำความสะอาด โต๊ะแล็บ ทิ้งเครื่องมือ เกะกะ

แบบฟอร์มให้คะแนนทักษะปฏิบัติรายบุคคล (Rubrics Score Sheet)

ชื่อผู้เรียน: เลขที่: ระดับชั้น: ปวส.

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

หัวข้อการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	บันทึกข้อเสนอแนะ
1. งานเขียนแบบ Schematic & PCB (ERC/DRC/Footprint)	20		
2. งานประกอบและ บัดกรี (การตรวจเช็ค ลัดวงจร, คุณภาพรอย บัดกรี)	20		
3. งานซอฟต์แวร์และการ ทดสอบ (โปรแกรม GPIO, ผลการทดสอบ รีเลย์)	20		
4. ความปลอดภัยและ สุขอนามัย (การใช้ อุปกรณ์ PPE, การระวัง ไฟฟ้า)	20		

หัวข้อการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	บันทึกข้อเสนอแนะ
5. กิจนิสัยและความรับผิดชอบ (การบำรุงรักษาหัวแร่, จัดเก็บโต๊ะแล็บ)	20		
รวมคะแนนทั้งหมด	100		เกณฑ์: 80-100 ดีมาก, 70-79 ดี, 60-69 พอใช้

ภาคผนวก ค: ใบงานตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์และแบบตรวจสอบความปลอดภัย (Inspection & Safety Checklist)

ใบงานที่ 5.1: การตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB Inspection Sheet)

คำชี้แจง: ให้นักศึกษาทำเครื่องหมาย \$\\checkmark\$ ลงในช่องผลการตรวจสอบตามสภาพจริง

ลำดับ	รายการตรวจสอบทางกายภาพและระบบไฟฟ้า	ผลการตรวจ (ผ่าน / ไม่ผ่าน)	แนวทางแก้ไข (ถ้ามีจุดบกพร่อง)
1	ลายเส้นทองแดงถูกต้อง ตรงตามแบบพิมพ์ดิจิทัล KiCad	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	
2	แนวเส้น Track นำสัญญาณสมบูรณ์ ไม่มีรอยขาดออกจากกัน	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	
3	พินจ่ายไฟเลี้ยงหลัก (VCC และ GND) แยกจากกันเด็ดขาด ไม่ลัดวงจร	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	
4	จุดบัดกรีเรียบร้อย ผิวเงา รูปทรงกรวยคว่ำ ไม่มีสะพานตะกั่วชนกัน	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	
5	เส้นทางสัญญาณควบคุมเชื่อมต่อถึงขาอุปกรณ์สมบูรณ์ (เสียงป๊อปดัง)	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน	

ลำดับ	รายการตรวจสอบทางกายภาพและระบบไฟฟ้า	ผลการตรวจ (ผ่าน / ไม่ผ่าน)	แนวทางแก้ไข (ถ้ามีจุดบกพร่อง)
6	บอร์ดพร้อมใช้งาน ผ่านเกณฑ์ Cold Test อนุญาตให้จ่ายไฟได้	[] อนุมัติ [] ไม่อนุมัติ	ลงชื่อผู้ตรวจ:

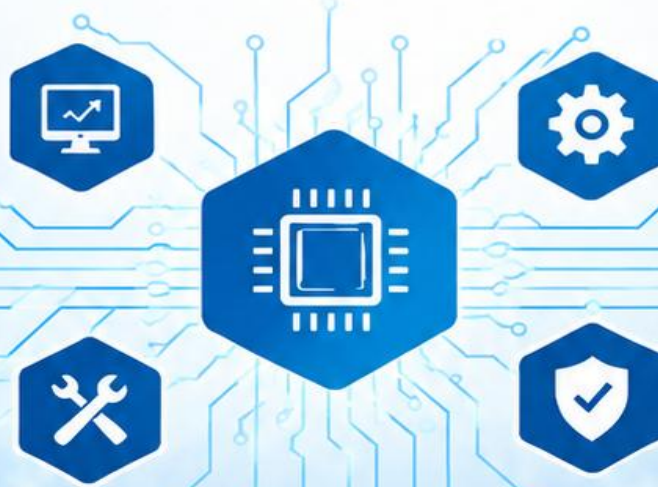
ใบงานที่ 5.2: ตารางบันทึกผลการวัดค่าทางไฟฟ้าด้วยมัลติมิเตอร์

ลำดับ	รายการพารามิเตอร์ที่ทำการวัด	ค่าตามทฤษฎี	ค่าที่วัดได้จริง	หน่วย	ผลการประเมินสถานะระบบ
1	ค่าความต้านทานตัวต้านทานจำกัดกระแส	220		Ω	[] ปกติ [] คลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์
2	ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่พินพอร์ต 5V	5.00		V (DC)	[] แรงดันปกติ [] ไฟตก/ไฟเกิน
3	ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่พินพอร์ต 3.3V	3.30		V (DC)	[] แรงดันปกติ [] ไฟตก/ไฟเกิน

ลำดับ	รายการพารามิเตอร์ที่ทำการวัด	ค่าตามทฤษฎี	ค่าที่วัดได้จริง	หน่วย	ผลการประเมินสถานะระบบ
4	การทดสอบความต่อเนื่องของสายพินพอร์ต GND	มีเสียงป๊อปดัง		-	[] เส้นทองแดงต่อเชื่อมสมบูรณ์



“ พัฒนาผู้เรียน
ให้มีทักษะวิชาชีพ
สู่การเป็นกำลังคนคุณภาพ
ของสังคม ”



วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย

สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 2
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา



053-713-500



www.chiangraitech.ac.th

*Technology
for a Better Future*