

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบใช้งานชุดต่อวงจรแบบใหม่ที่สร้างขึ้น โดยให้กลุ่มผู้ทดลองซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 2 ขึ้นไปเป็นผู้ทำการทดสอบใช้ชุดทดลองทางวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2 ชุด แล้วทำการจับเวลาว่าแต่ละคนใช้ระยะเวลาในการต่อวงจรและใช้ระยะเวลาทั้งหมดเท่าไรจนสิ้นสุดการทดลองที่จะได้ทุกคำตอบและบรรลุตามทุกวัตถุประสงค์ของแต่ละการทดลอง และสอบถามความคิดเห็นต่อการใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่ ของงานวิจัยนี้และความพึงพอใจของกลุ่มผู้ทดลองหลังทำการทดลองเสร็จ โดยให้ทำการทดลองที่ละคนดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผู้ทดลองกำลังทำการทดลองต่อวงจร

4.1 ขั้นตอนการทดสอบ

4.1.1 ผู้วิจัยทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกส่วนเข้าด้วยกันแล้วเชื่อมต่อเข้าคอมพิวเตอร์ เปิดสวิตช์อุปกรณ์ และเปิดซอฟต์แวร์ให้พร้อมสำหรับทำการทดสอบ

4.1.2 ผู้วิจัยอธิบายการใช้งานอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ให้ผู้ทดลองได้ทราบและเข้าใจเพื่อให้สามารถทำการทดลองเพียงลำพังคนเดียวได้

4.1.3 ผู้วิจัยสาธิตการใช้งานโดยทำการทดลองชุดทดลองกฎของโอห์มให้ผู้ทดลองดูเป็นตัวอย่าง เพื่อให้ผู้ทดลองเข้าใจขั้นตอนการทำงานจริงของอุปกรณ์และซอฟต์แวร์

4.1.4 ให้ผู้ทดลองทำการทดลองชุดทดลองวงจร RC และชุดทดลองวงจรออปแอมป์ (เลือกทำชุดทดลอง Inverting OpAmp หรือ Non-Inverting OpAmp อันใดอันหนึ่ง)

4.1.5 ผู้วิจัยทำการบันทึกเวลาที่ผู้ทดลองใช้ เพื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทดลองด้วยการต่อวงจรบนแผงต่อวงจรธรรมดาแบบเดิม(Protoboard)[14] ดังรูปที่ 1.1 ที่ไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องของวงจรได้

4.1.6 ผู้วิจัยทำการสอบถามความพึงพอใจ ความต้องการใช้ และความคิดเห็นของผู้ทดลองหลังทำการทดลองชุดทดลองทั้งสองเสร็จ

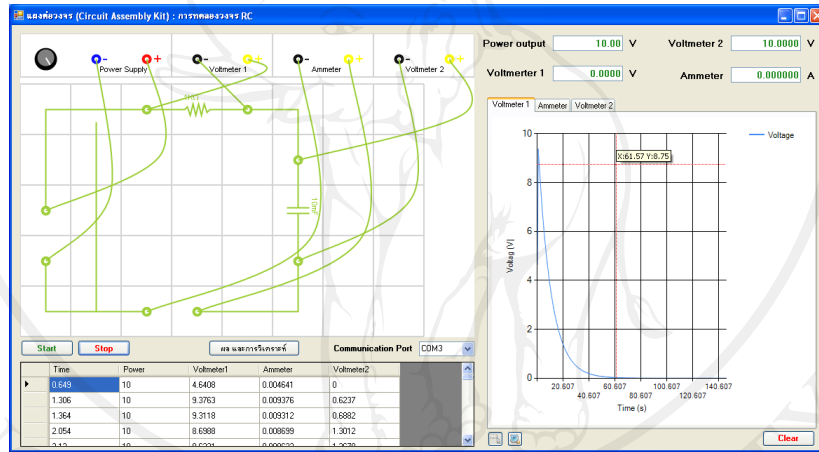
4.2 ผลการทดลอง

จากที่ให้กลุ่มผู้ทดลองได้ทดสอบทำการทดลองชุดทดลอง RC และชุดทดลองออปแอมป์ โดยใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่ที่สร้างขึ้นนั้นได้ผลการทดสอบและรูปวงจรดังนี้

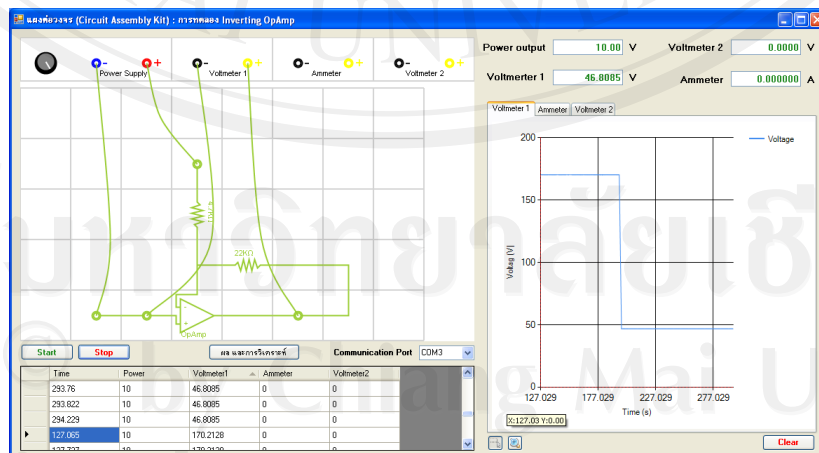
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของ น.ส.พจนิชา พิสุทธีธรรณวัฒน์

ผู้ทดลอง	น.ส.พจนิชา พิสุทธีธรรณวัฒน์	ชั้นปี	2	สาขา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย	เชียงใหม่		

ชุดทดลอง	ใช้เวลาในการต่อวงจร (นาที)	ใช้เวลาทั้งหมด (นาที)	หมายเหตุ
วงจร RC	11	13	
ออปแอมป์	9	10	



รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรรวม RC ของ น.ส.พจนิชา พิสุทธีธรรณวัฒน์

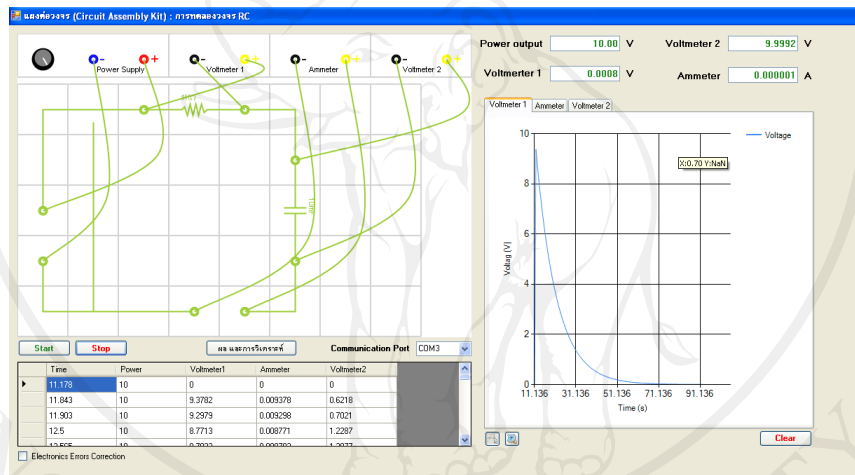


รูปที่ 4.3 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรรวมออปแอมป์ของ น.ส.พจนิชา พิสุทธีธรรณวัฒน์

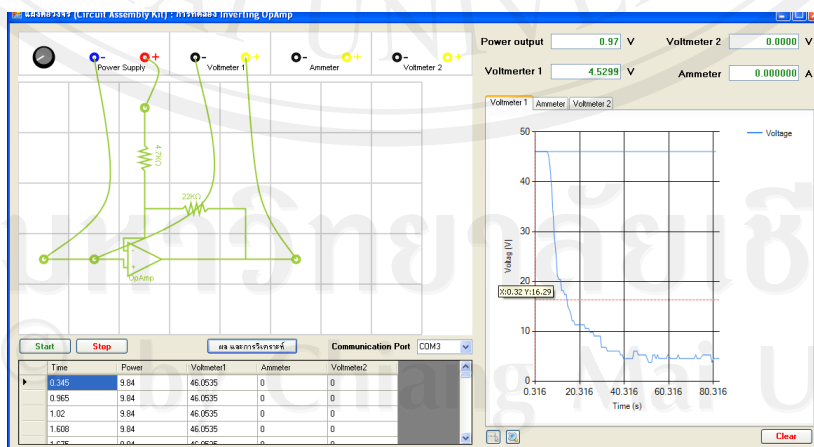
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองของนายนนท์ปวิช เครื่องคำนวณ

ผู้ทดลอง	นายนนท์ปวิช เครื่องคำนวณ	ชั้นปี	3	สาขา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย	เชียงใหม่		

ชุดทดลอง	ใช้เวลาในการต่อวงจร (นาที)	ใช้เวลาทั้งหมด (นาที)	หมายเหตุ
วงจร RC	12	20	
ออปแอมป์	10	16	



รูปที่ 4.4 แสดงผลการทดลองและรูปวงจร RC ของนายนนท์ปวิช เครื่องคำนวณ

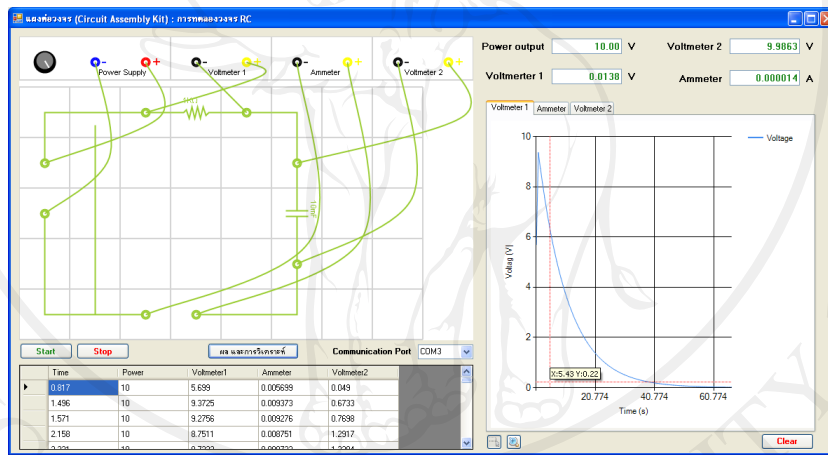


รูปที่ 4.5 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรออปแอมป์ของนายนนท์ปวิช เครื่องคำนวณ

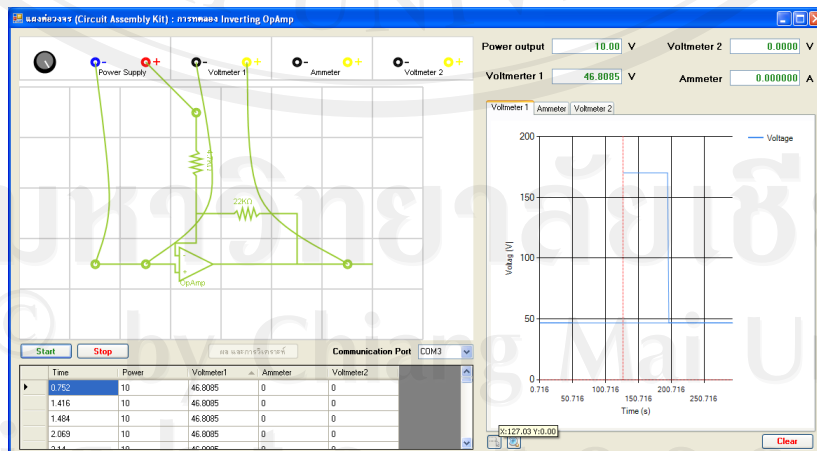
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองของนายหัสกิจ ภัคดี

ผู้ทดลอง	นายหัสกิจ ภัคดี	ชั้นปี	2	สาขา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย	เชียงใหม่		

ชุดทดลอง	ใช้เวลาในการต่อวงจร (นาที)	ใช้เวลาทั้งหมด (นาที)	หมายเหตุ
วงจร RC	10	19	
ออปแอมป์	8	10	



รูปที่ 4.6 แสดงผลการทดลองและรูปวงจร RC ของนายหัสกิจ ภัคดี

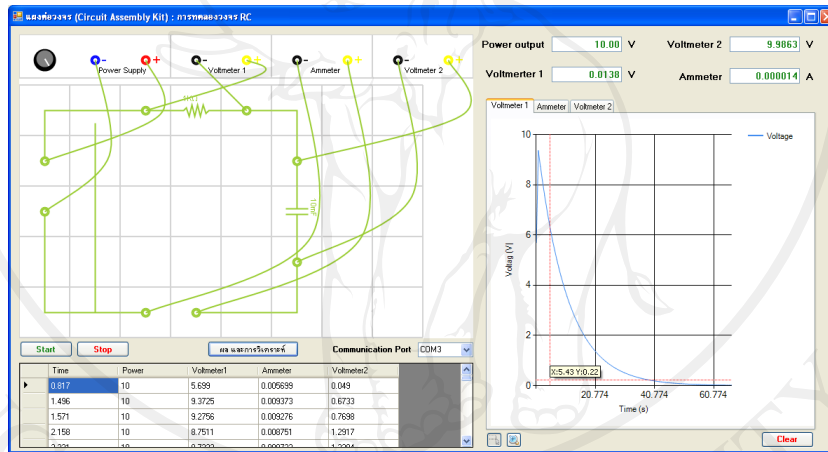


รูปที่ 4.7 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรออปแอมป์ของนายหัสกิจ ภัคดี

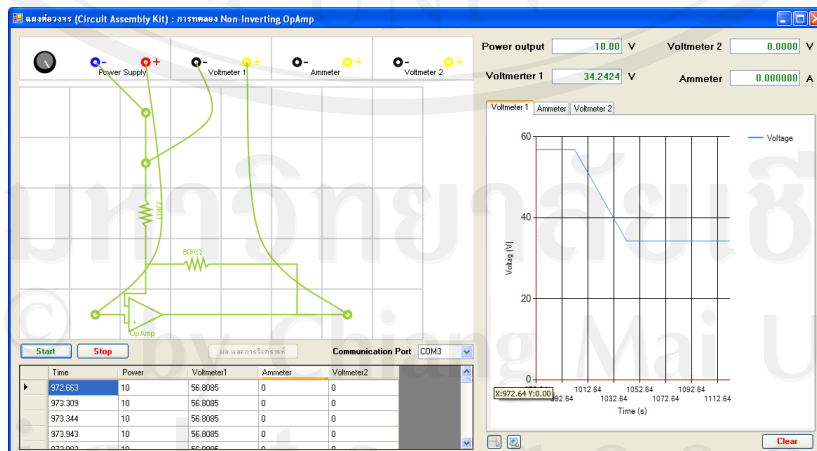
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองของน.ส.นริฎา สันติกราดรกุล

ผู้ทดลอง	น.ส.นริฎา สันติกราดรกุล	ชั้นปี	2	สาขา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย	เชียงใหม่		

ชุดทดลอง	ใช้เวลาในการต่อวงจร (นาที)	ใช้เวลาทั้งหมด (นาที)	หมายเหตุ
วงจร RC	9	15	
ออปแอมป์	20	22	จำ R1, R2 สลับตำแหน่งกัน



รูปที่ 4.8 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรรวม RC ของน.ส.นริฎา สันติกราดรกุล

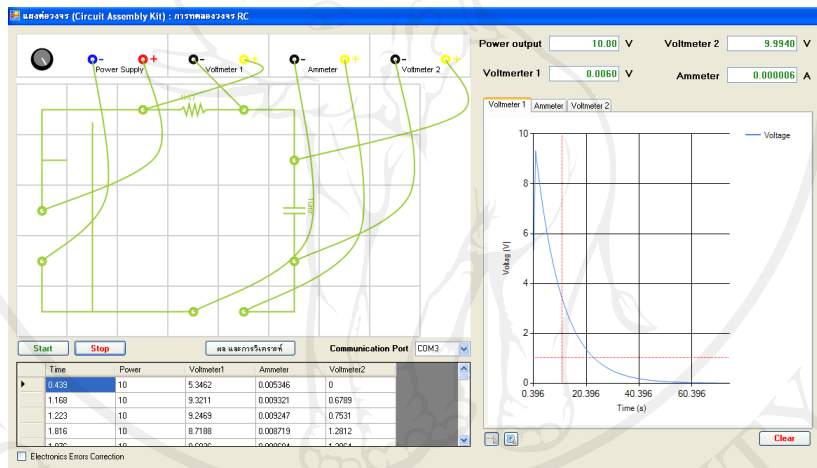


รูปที่ 4.9 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรรวมออปแอมป์ของน.ส.นริฎา สันติกราดรกุล

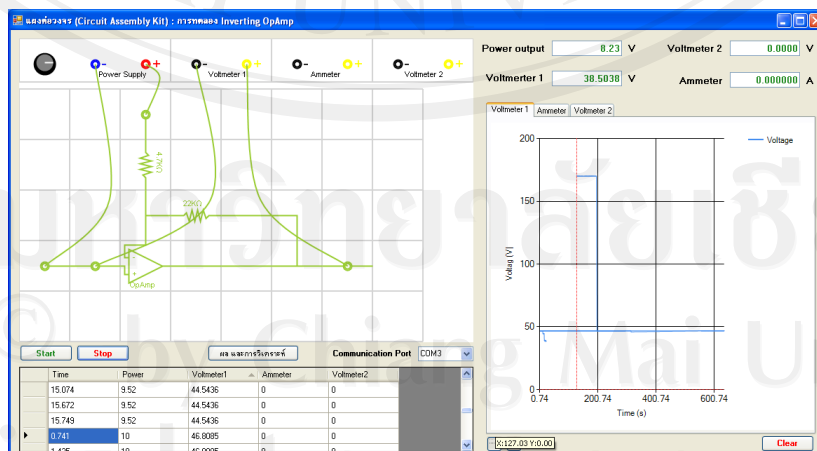
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองของนายณัฐกิตติ บุญเยี่ยม

ผู้ทดลอง	นายณัฐกิตติ บุญเยี่ยม	ชั้นปี	2	สาขา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย	เชียงใหม่		

ชุดทดลอง	ใช้เวลาในการต่อวงจร (นาที)	ใช้เวลาทั้งหมด (นาที)	หมายเหตุ
วงจร RC	15	20	
ออปแอมป์	2	4	



รูปที่ 4.10 แสดงผลการทดลองและรูปวงจร RC ของนายณัฐกิตติ บุญเยี่ยม

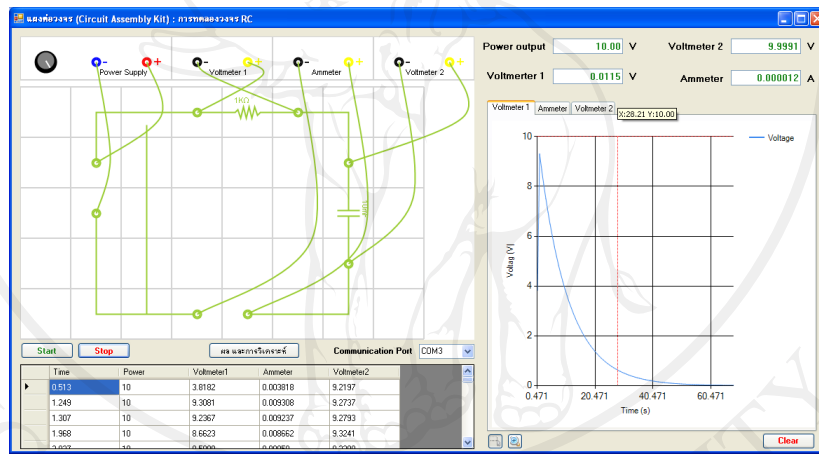


รูปที่ 4.11 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรออปแอมป์ของนายณัฐกิตติ บุญเยี่ยม

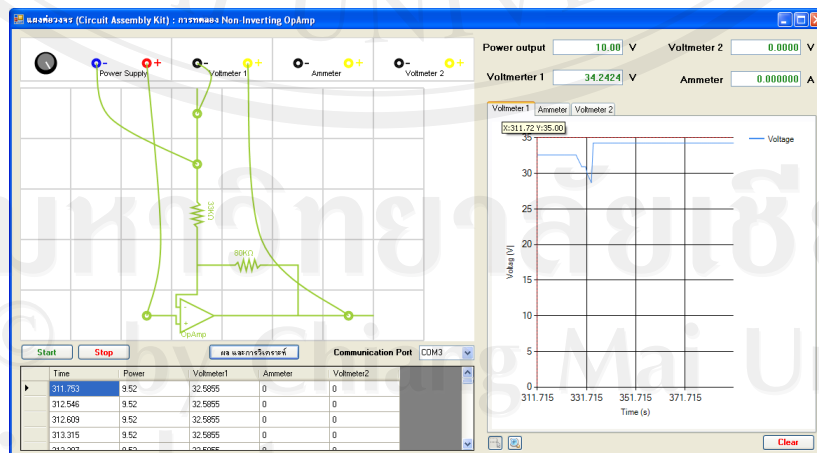
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองของน.ส.สุชาภักดิ์ รักเหล่า

ผู้ทดลอง	น.ส.สุชาภักดิ์ รักเหล่า	ชั้นปี	3	สาขา	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย	เชียงใหม่		

ชุดทดลอง	ใช้เวลาในการต่อวงจร (นาที)	ใช้เวลาทั้งหมด (นาที)	หมายเหตุ
วงจร RC	9	12	
ออปแอมป์	10	12	



รูปที่ 4.12 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรรวม RC ของน.ส.สุชาภักดิ์ รักเหล่า

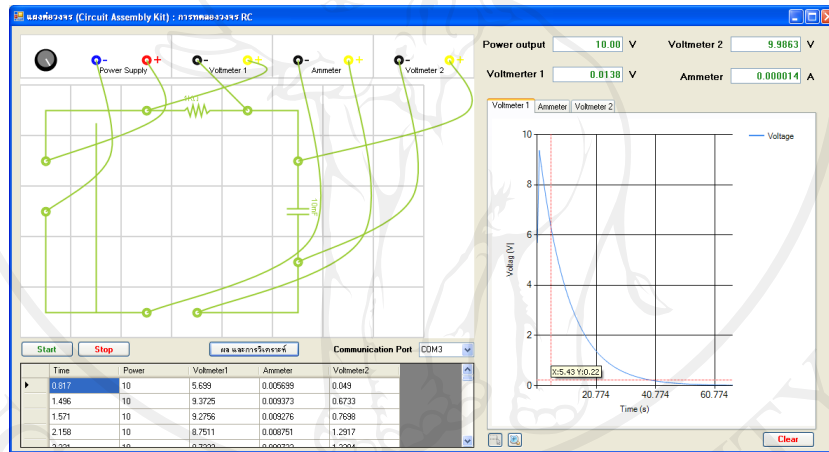


รูปที่ 4.13 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรรวมออปแอมป์ของน.ส.สุชาภักดิ์ รักเหล่า

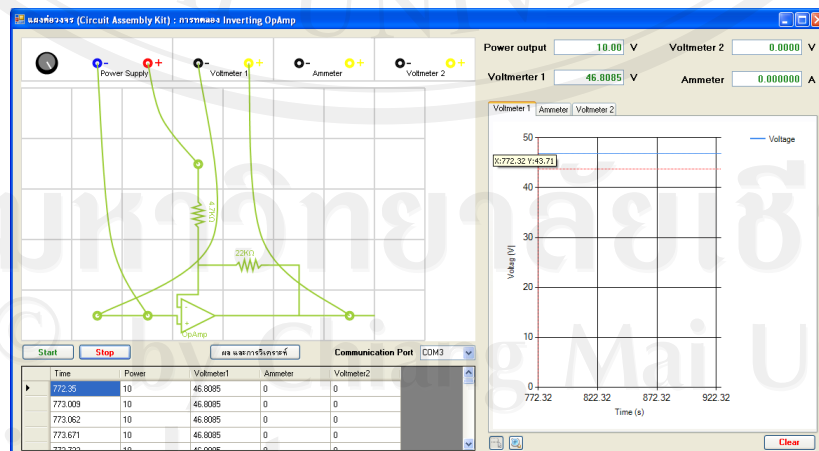
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองของนายชญาศ เลิศวิภาภัทร

ผู้ทดลอง	นายชญาศ เลิศวิภาภัทร	ชั้นปี	3	สาขา	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย	เชียงใหม่		

ชุดทดลอง	ใช้เวลาในการต่อวงจร (นาที)	ใช้เวลาทั้งหมด (นาที)	หมายเหตุ
วงจร RC	17	23	
ออปแอมป์	20	22	



รูปที่ 4.14 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรรวม RC ของนายชญาศ เลิศวิภาภัทร

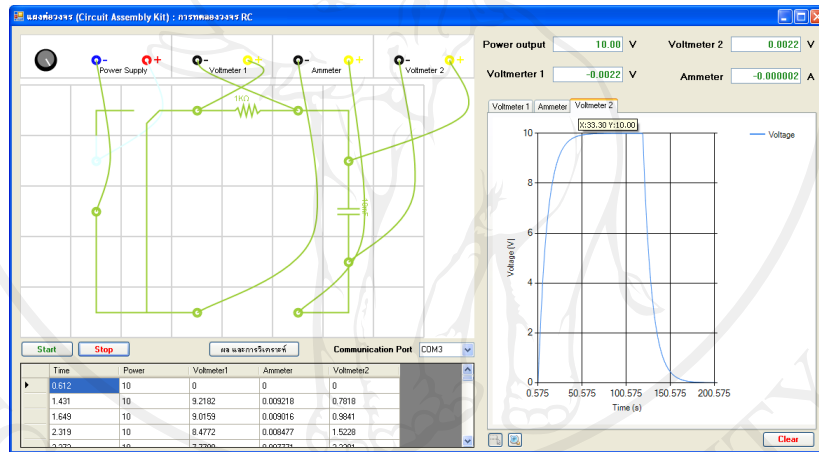


รูปที่ 4.15 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรรวมออปแอมป์ของนายชญาศ เลิศวิภาภัทร

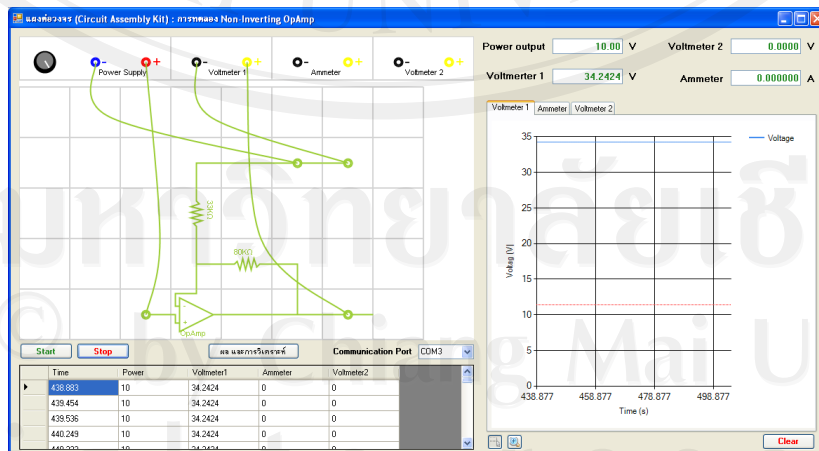
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองของนายตุลภัทร เจริญวัฒนา

ผู้ทดลอง	นายตุลภัทร เจริญวัฒนา	ชั้นปี	3	สาขา	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย	เชียงใหม่		

ชุดทดลอง	ใช้เวลาในการต่อวงจร (นาที)	ใช้เวลาทั้งหมด (นาที)	หมายเหตุ
วงจร RC	13	15	
ออปแอมป์	12	14	



รูปที่ 4.16 แสดงผลการทดลองและรูปวงจร RC ของนายตุลภัทร เจริญวัฒนา

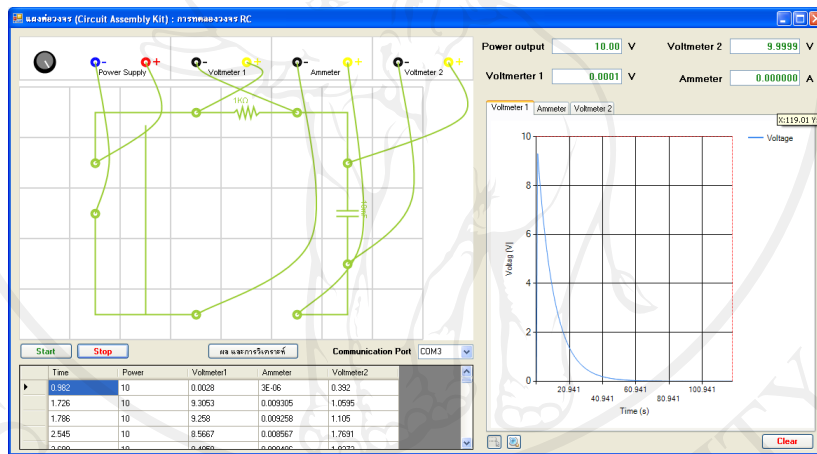


รูปที่ 4.17 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรออปแอมป์ของนายตุลภัทร เจริญวัฒนา

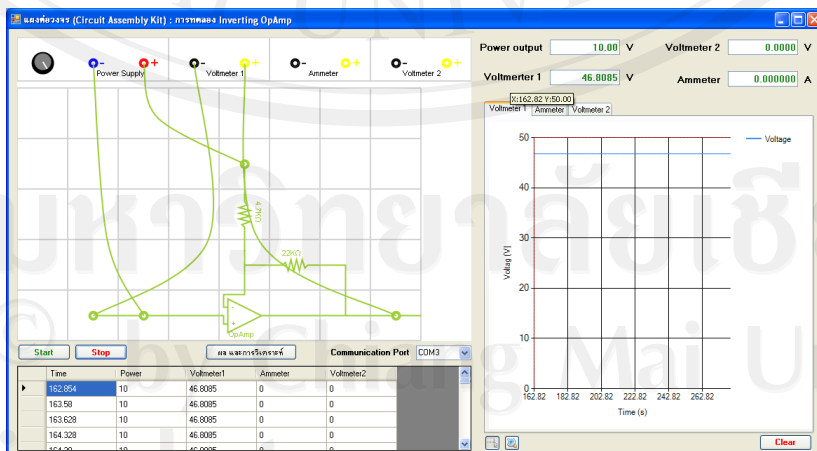
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองของนายรฐนนท์ โจมทอง

ผู้ทดลอง	นายรฐนนท์ โจมทอง	ชั้นปี	4	สาขา	วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย	เชียงใหม่		

ชุดทดลอง	ใช้เวลาในการต่อวงจร (นาที)	ใช้เวลาทั้งหมด (นาที)	หมายเหตุ
วงจร RC	12	14	
ออปแอมป์	9	10	



รูปที่ 4.18 แสดงผลการทดลองและรูปวงจร RC ของนายรฐนนท์ โจมทอง



รูปที่ 4.19 แสดงผลการทดลองและรูปวงจรออปแอมป์ของนายรฐนนท์ โจมทอง

4.3 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลองและข้อมูลเชิงสถิติ

จากการศึกษาพบว่าระยะเวลาที่ผู้ทดลองใช้ทำการทดลองด้วยชุดต่อวงจรแบบใหม่ ชุดทดลองวงจร RC ใช้เวลาเฉลี่ย 17.00 นาที และชุดทดลองออปแอมป์ ใช้เวลาเฉลี่ย 13.11 นาที (ตารางที่ 4.10) ซึ่งน้อยกว่าเวลาที่ใช้ในการทดลองด้วยชุดต่อวงจรแบบเดิม คือ 39.38 นาทีและ 45.00 นาที ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 สรุปเวลาที่ใช้ในการทดลองและค่าทางสถิติ

ผู้ทดลองลำดับที่	เวลาที่ใช้ทดลองด้วยชุดต่อวงจรแบบใหม่ (นาที)		เวลาที่ใช้ทดลองด้วยชุดต่อวงจรแบบเดิม (นาที)	
	วงจร RC	ออปแอมป์	วงจร RC	ออปแอมป์
1	13	10	45	-
2	22	16	40	-
3	19	10	45	-
4	15	22	25	-
5	20	4	45	-
6	12	12	40	50
7	23	20	30	30
8	15	14	45	60
9	14	10	-	40
ค่าเฉลี่ย	17.00	13.11	39.38	45.00
ค่าเบี่ยงเบน	4.06	5.58	7.76	12.91

หมายเหตุ: มีกลุ่มผู้ทดลอง 1 คนไม่เคยทำการทดลองชุดทดลองวงจร RC และมีกลุ่มผู้ทดลอง 5 คนที่ไม่เคยทำการทดลองชุดทดลองวงจรออปแอมป์

4.3.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลองวงจร RC โดยใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิมและชุดต่อวงจรแบบใหม่

การทดลองวงจร RC โดยใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิม พบว่า กลุ่มผู้ทดลองมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาทำการทดลอง 39.38 นาที และการทดลองต่อวงจรโดยใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่ที่ใช้นักงานวิจัยนี้ พบว่ากลุ่มผู้ทดลองมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาทำการทดลองเหลือ 17.38 นาที ผลการทดสอบความแตกต่าง พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยของการใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิมและการใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลองวงจร RC โดยใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิมและชุดต่อวงจรแบบใหม่ (n=8)

ระยะเวลาการทดลอง (นาที)	\bar{x}	SD	t-test	P-value
ใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิม	39.38	7.76	6.666	0.000
ใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่	17.38	4.17		

4.3.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลองวงจรออปแอมป์โดยใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิมและชุดต่อวงจรแบบใหม่

การทดลองออปแอมป์โดยใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิม พบว่า กลุ่มผู้ทดลองมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาทำการทดลอง 45.00 นาที และการทดลองต่อวงจรโดยใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่ที่ใช้นักงานวิจัยนี้ พบว่ากลุ่มผู้ทดลองมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาทำการทดลองลดลงเป็น 14 นาที ผลการทดสอบความแตกต่าง พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยของการใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิมและการใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลองวงจรออปแอมป์โดยใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิมและชุดต่อวงจรแบบใหม่ (n=4)

ระยะเวลาการทดลอง (นาที)	\bar{x}	SD	t-test	P-value
ใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิม	45.00	12.91	4.013	0.028
ใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่	14.00	4.32		

4.4 ความพึงพอใจที่ผู้ทดลองมีต่อชุดต่อวงจร

จากการศึกษาพบว่าผู้ทดลองส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการใช้ชุดต่อวงจรในระดับดี โดยให้เหตุผลดังนี้

4.4.1 มีการออกแบบให้มีความง่ายต่อการทดสอบและเพิ่มความสะดวกสบายไม่ยุ่งยาก เหมือนกับการต่อวงจรแบบที่เคยได้ใช้มา

4.4.2 ชุดต่อวงจรสามารถตรวจสอบความถูกต้องว่ามีการเชื่อมต่อตรงไหนผิดทำให้ผู้ทดลองสามารถแก้ไขให้เป็นวงจรที่ถูกต้องด้วยความรวดเร็ว

4.4.3 มีประโยชน์ต่อผู้ที่เริ่มเรียนรู้เกี่ยวกับทฤษฎีวงจรไฟฟ้าทำให้มีความสะดวกในการทดลองและสามารถเห็นวงจรเป็นรูปธรรมมากขึ้น

4.4.4 มีความสนุกในการต่อวงจร เหมือนเล่นเกมส์

4.4.5 ตัววงจรใช้งานค่อนข้างง่าย แต่ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายอย่าง เช่น มีข้อต่อน้อยทำให้ไม่สามารถต่อวงจรหลายแบบเท่าที่ควรจำทำให้ใช้เวลามากขึ้นในการต่อวงจร

4.4.6 ไม่ต้องกลัวอุปกรณ์พังหรือไหม้เพราะต่ออุปกรณ์ผิด

4.4.7 สะดวกรวดเร็ว ประหยัดอุปกรณ์ ใช้ง่าย ใช้ง่าย

4.4.8 พื้นที่สำหรับให้ทำการต่อวงจรน้อยเกินไป (เหตุผลของผู้ทดลองที่มีความพึงพอใจแก่พอใช้)

4.4.9 สะดวก และใช้เวลาน้อยกว่าที่ทำบนแผงวงจรแบบเดิมๆ เพราะชุดการทดลองนี้ ได้เขียนบอกอย่างละเอียดว่าตัวด้านท่านมีค่าเท่าไร ตัวเก็บประจุมีค่าเท่าไร จึงทำให้หยิบใช้ง่าย



รูปที่ 4.20 ผู้ทดลองที่มีความพึงพอใจมาก

4.5 ความเห็นของผู้ทดลองที่มีต่อชุดต่อวงจร

จากการสอบถามข้อคิดเห็นและเสนอแนะในการใช้ชุดทดลองแบบใหม่ในการวิจัยนี้ กลุ่มผู้ทดลองทุกคนมีความต้องการในการใช้ชุดทดลองแบบใหม่ในการวิจัยนี้แทนการใช้ชุดทดลองแบบเดิม โดยให้เหตุผลดังนี้

4.5.1 ชุดต่อวงจรมีความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องของการเชื่อมต่อกันของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ทำให้ต่อวงจรและแก้ไขความผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งทำให้เข้าใจหลักการและการทำงานของแต่ละวงจรได้เหมือนหรือดีกว่าการต่อวงจรแบบธรรมดา

4.5.2 ทำให้สามารถคอยตรวจเช็คได้ทันทีว่าการต่อวงจรของเราถูกหรือผิดยังไง พร้อมทั้งยังมีค่าการวัดของมิเตอร์แบบต่างๆ ผลการทดลอง อีกทั้งยังสามารถแสดงให้เห็นเป็นกราฟได้ด้วย ซึ่งมีความสะดวกรวดเร็วมาก

4.5.3 สะดวกและง่าย

4.5.4 มีความแปลกใหม่ในการต่อวงจร

4.5.5 สามารถทำความเข้าใจง่ายกว่าเพราะมีสัญลักษณ์เข้ามาช่วยและมีความสนุกสนาน
ผลิตเพลทินทำให้อยากเรียนรู้มากขึ้น

4.5.6 ชุดต่อวงจรนี้มีความสะดวกในการต่อและสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้หลายอย่าง ทำ
ให้ทำงานได้เร็วขึ้น และอ่านค่าจากกราฟได้แม่นยำคือว่ามีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือได้

4.5.7 มีภาพให้เห็น สามารถตรวจสอบจุดที่ผิดพลาดได้ง่ายกว่า

4.5.8 สะดวก และระบบสามารถตรวจจับความผิดปกติได้เมื่อทำการต่อวงจรผิด ทำให้
ปลอดภัย อุปกรณ์ไม่เสียหาย คู่มือเป็นระบบระเบียบ เรียบร้อย

4.5.9 สามารถไล่ไฟเช็คความถูกต้องของวงจรได้ง่ายเพราะรูปแบบมันลือกับวงจรตาม
ทฤษฎี

4.6 ข้อเสนอแนะของผู้ทดลอง

4.6.1 อยากให้เพิ่มขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อที่จะสามารถต่อแต่ละวงจรได้หลายแบบมากขึ้น

4.6.2 อยากให้เพิ่มประเภทชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ มากขึ้นเพื่อจะได้สามารถทำการทดลอง
ชุดทดลองอื่นๆ ได้มากขึ้น

4.6.3 มีชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภทขั้วต่อน้อยไป จึงเป็นข้อจำกัดทำให้ต่อยากขึ้น ควรเพิ่ม
ให้มีชิ้นส่วนประเภทขั้วต่อในทิศทางต่างๆ หลายๆตัว

4.6.4 ทำออกมาขายให้นักศึกษาที่สนใจทดลองด้านอิเล็กทรอนิกส์ จะได้มีไว้ทดลองได้ง่ายๆ ที่
บ้าน

4.6.5 ตัวโปรแกรมยังไม่สามารถอ่านทิศทางของกระแสได้อย่างอิสระ

4.6.6 อยากให้เอารูปจริงคิดไปบนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วย เช่นตัวต้านทานซึ่งจะมีแถบสีที่ทำ
ให้ผู้ทดลองสามารถอ่านค่าจากแถบสีเทียบกับกับตัวเลขกำกับกับค่าตัวต้านทาน จะได้ไม่ลืมการอ่าน
ค่าตัวต้านทานจากแถบสีด้วย

4.7 ผลการเรียนรู้ทางด้านวงจรไฟฟ้า

จากการให้กลุ่มผู้ทดลองทำการทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน โดยใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่ที่สร้างขึ้นพร้อมซอฟต์แวร์ควบคุมที่มีบทเรียนแบบ E-Learning ของแต่ละชุดการทดลองให้ผู้ทดลองสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง พบว่าผู้ทดลองสามารถทำการเรียนรู้และทำการทดลองได้ด้วยควมรวดเร็ว เมื่อผู้ทดลองพบปัญหาหรือมีข้อสงสัยเกี่ยวกับวิธีการทดลองหรือทฤษฎี ผู้วิจัยให้คำแนะนำเพียงเล็กน้อยผู้ทดลองสามารถเข้าใจและแก้ปัญหาได้โดยเร็ว โดยเฉลี่ยผู้วิจัยจะให้คำแนะนำกับผู้ทดลองระหว่างทำการทดลองเพียง 1 – 2 ครั้งในแต่ละการทดลอง ผู้ทดลองสามารถแก้ปัญหาเองได้โดยอาศัยข้อมูลในบทเรียนแบบ E-Learning ของซอฟต์แวร์ นอกจากนี้ขณะที่ผู้ทดลองทำการต่อวงจรบนแผงต่อวงจร ซอฟต์แวร์สามารถแสดงภาพวงจรซึ่งตรงกับวงจรที่อยู่บนแผงต่อวงจร และสามารถระบุตำแหน่งที่มีการเชื่อมต่อถูกหรือผิดที่ช่วยให้ผู้ทดลองต่อวงจรได้ถูกต้องและเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว

4.8 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ชุดต่อวงจรแบบใหม่ที่สร้างขึ้นทำให้ผู้ทดลองสามารถทำการทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์ด้วยความรวดเร็วและสนุกสนานกับการทดลองสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดี กลุ่มผู้ทดลองใช้เวลาเฉลี่ย 17.38 นาทีในการทดลองวงจร RC และ 14 นาทีในการทดลองวงจรออปแอมป์ ซึ่งเร็วกว่าการใช้ชุดต่อวงจรแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นที่น่าสนใจที่ผู้ทดลองทุกคนต้องการทำการทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์ด้วยชุดต่อวงจรแบบใหม่ในงานวิจัยนี้และต้องการให้เพิ่มเติมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ให้มากขึ้นเพื่อสามารถต่อวงจรได้หลากหลาย แต่มีข้อสังเกตว่าที่ผู้ทดลองมีความสนุกสนานในการต่อวงจรเหมือนเล่นเกมเพราะผู้วิจัยได้ทำชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในงานวิจัยนี้จำนวนไม่มาก ทำให้ผู้ทดลองต้องต่อเป็นวงจรที่เล็กที่สุดถึงจะต่อวงจรได้ถูกต้อง คล้ายๆกับการเล่นต่อจิกซอว์ อาจจะเป็นเหตุผลว่าทำไมผู้ทดลองบางคนถึงรู้สึกสนุกและเป็นความท้าทายอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นขณะที่ทำการทดลองเสมือนว่ากำลังเล่นเกม การมีจำนวนชิ้นส่วนไม่มากเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผู้ทดลองได้ใช้ความคิดและวางแผนมากขึ้นว่าแต่ละชิ้นส่วนควรจะวางอยู่ตำแหน่งใด ฉะนั้นหากต้องการให้ผู้ทดลองได้ฝึกใช้ความคิดและการวางแผนและเกิดความสนุกสนานในการทดลองคล้ายการเล่นเกมส์ การเพิ่มชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ควรจะเพิ่มเฉพาะชิ้นส่วนประเภทใหม่ๆ เพื่อให้สามารถต่อวงจรประเภทอื่นๆเพิ่มเติมได้ โดยคุณสมบัติของชุดต่อวงจรแบบใหม่ที่ทำให้ผู้ทดลองชอบมากมีดังต่อไปนี้

- 4.8.1 ชุดต่อวงจรสามารถตรวจสอบความถูกต้องของวงจรได้
- 4.8.2 ซอฟต์แวร์สามารถระบุตำแหน่งในวงจรที่มีการเชื่อมต่อผิดได้ทันที
- 4.8.3 เป็นการต่อวงจรเสมือนจึงไม่ทำให้อุปกรณ์เสียหายด้วยการต่อวงจรผิด
- 4.8.4 สามารถต่อวงจรบนแผงวงจรด้วยความเป็นระเบียบเรียบร้อย ดูเข้าใจง่าย
- 4.8.5 สามารถต่อวงจรได้ง่าย และรวดเร็วด้วยฐานยึดแบบแม่เหล็ก
- 4.8.6 มีมิเตอร์สำหรับวัดค่าทางไฟฟ้าของวงจร
- 4.8.7 ค่าที่มิเตอร์วัดได้ถูกต้องแม่นยำตรงตามทฤษฎี