บทที่ 3

แนวคิดในการแก้ไขปัญหาและขั้นตอนการพัฒนา

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาและขั้นตอนการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาจากงานวิจัย การพัฒนาชุดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่มีการตรวจสอบความถูกต้อง โดยได้นำเอาทฤษฎีต่างๆ ในบทที่ 2 มาประยุกต์ใช้

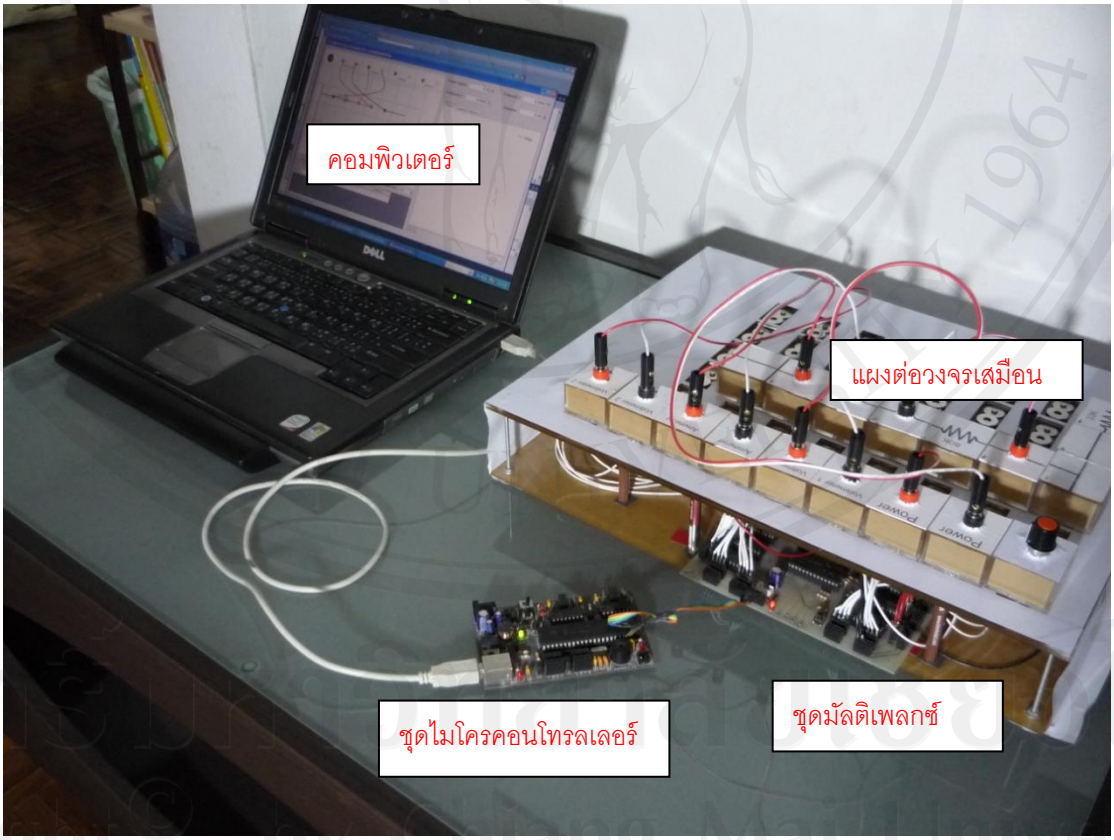
3.1 หลักการและแนวคิดในการพัฒนา

เพื่อสร้างชุดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานแบบใหม่ที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องของวงจรได้ เราสามารถสร้างเป็นแผงต่อวงจรเสมือน และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เสมือน(ตัวต้านทานเสมือน ตัวเก็บประจุเสมือน หรือตัวออปแอมป์เสมือน เป็นต้นๆ) โดยแผงต่อวงจรเสมือนจะถูกแบ่งออกเป็นช่องตารางซึ่งแต่ละช่องจะมีคู่กระดุมแม่เหล็กตัวผู้ตัวเมียทำหน้าที่เป็นคู่รับโวลเตจอินพุทและรองรับการเชื่อมต่อจากชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เสมือนซึ่งมีคู่กระดุมแม่เหล็กตัวผู้ตัวเมียอยู่เช่นกัน บนแผงต่อวงจรกระดุมตัวผู้ทุกตัวจะเชื่อมต่อกันและเชื่อมต่อกับกราวด์ของระบบส่วนกระดุมตัวเมียแต่ละตัวจะถูกเชื่อมต่อไปช่องอินพุทของมัลติเพลกซ์เซอร์และส่งผ่านไปยังช่องอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ในขณะเดียวกันตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดช่องอินพุทของมัลติเพลกซ์เซอร์เพื่อเปิดช่องอินพุทที่ต้องการวัดเป็นช่องๆ ไป และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชิ้นจะมีตัวต้านทานเชื่อมอยู่ระหว่างกระดุมตัวผู้ตัวเมีย โดยใช้ค่าความต้านทานที่ต่างกันเป็นตัวระบุชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ต่างกัน โดยเมื่อนำชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ไปวางบนช่องบนแผงต่อวงจรกระดุมแม่เหล็กก็จะดูดชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ติดอยู่บนแผงต่อวงจร และเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้มัลติเพลกซ์เซอร์เปิดรับช่องที่ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์นั้นต่ออยู่ค่าตัวต้านทานของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์นั้นก็จะถูกวัดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์แต่จะถูกวัดในรูปโวลเตจแล้วถูกแปลงไปเป็นตัวเลขเฉพาะที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ค่าความต้านทานที่ต่างกันก็จะได้ค่าตัวเลขเฉพาะต่างกัน ซึ่งค่าตัวเลขที่ต่างกันเหล่านั้นจะถูกนำไปใช้ในซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์เพื่อระบุชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวที่วางอยู่ช่องตำแหน่งต่างๆ บนแผงต่อวงจร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 การออกแบบและพัฒนา

ชุดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่มีการตรวจสอบความถูกต้องของวงจรได้ มีลักษณะการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ดังนี้คือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชิ้นจะถูกนำมาเชื่อมต่อกันบนแผงต่อวงจรเป็นวงจรที่สอดคล้องกับการทดลองที่ผู้ทดลองเลือกได้จากซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ โดยมีชุดมัลติเพลกซ์เซอร์ที่ประกอบด้วยไอซีมัลติเพลกซ์เซอร์และตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมในการวัดค่าชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวในแต่ละช่องบนแผงต่อวงจรตามคำสั่งจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตัวหนึ่งซึ่งเป็นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์หลักที่จะสั่งให้ชุดมัลติเพลกซ์เซอร์วัดแต่ละตำแหน่งบนแผงต่อวงจร แล้วตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งชุดข้อมูลชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดที่ต่อกันอยู่บนแผงต่อวงจรและค่าอื่นๆของแผงต่อวงจรไปยังซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์และแสดงผล ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์แต่ละส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แบ่งการออกแบบและพัฒนาออกเป็น 2 ส่วนหลักด้วยกัน

1. ออกแบบอุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และแผงต่อวงจรสำหรับชุดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน

2. ออกแบบระบบซอฟต์แวร์สำหรับใช้คู่กับชุดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการควบคุม การแสดงผล และการเรียนแบบ E-Learning

3.2.1 อุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และแผงต่อวงจรสำหรับชุดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน

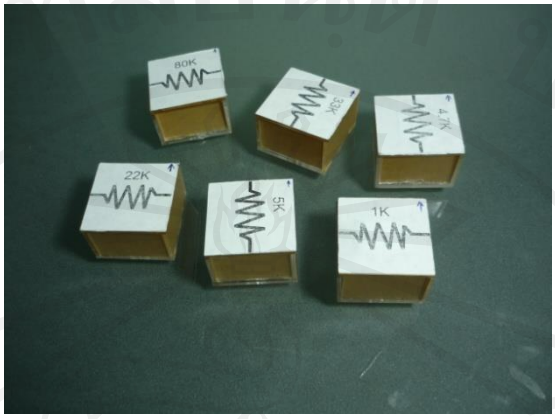
3.2.1.1 ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 3.2 องค์ประกอบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เช่นตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ หรือตัวออปแอมป์ จะมีลักษณะเป็นกล่องพลาสติกขนาด กว้าง 36 มิลลิเมตร ยาว 36 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร ด้านบนกล่องจะมีเส้นแสดงแนวการเชื่อมต่อและรูปแสดงสัญญาลักษณ์ที่บอกถึงประเภทของอิเล็กทรอนิกส์ชิ้นนั้นพร้อมระบุค่าเฉพาะเช่นตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม หรือตัวเก็บประจุ 1 มิลลิฟารัด เป็นต้นๆ โดยสามารถกำหนดการเชื่อมต่อของอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชิ้นได้สูงสุด 4 ทิศทางคือ บน ล่าง ซ้ายและขวา ข้างล่างของกล่องมีคู่กระดุมแม่เหล็กตัวผู้ตัวเมียยึดอยู่ และภายในกล่องมีตัวต้านทานเชื่อมอยู่ระหว่างขาของกระดุมตัวผู้และตัวเมีย โดยค่าตัวต้านทานที่ต่างกันจะเป็นตัวระบุชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ต่างกันแต่ละชิ้น โดยแยกเป็นแต่ละประเภทดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.1.1 ตัวต้านทาน



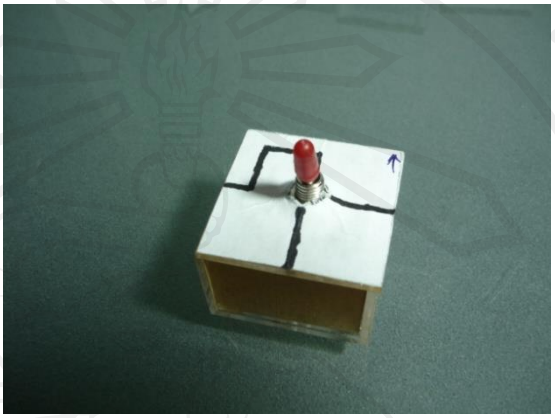
รูปที่ 3.3 ตัวต้านทาน

3.2.1.1.2 ตัวเก็บประจุ

รูปที่ 3.4 ตัวเก็บประจุ

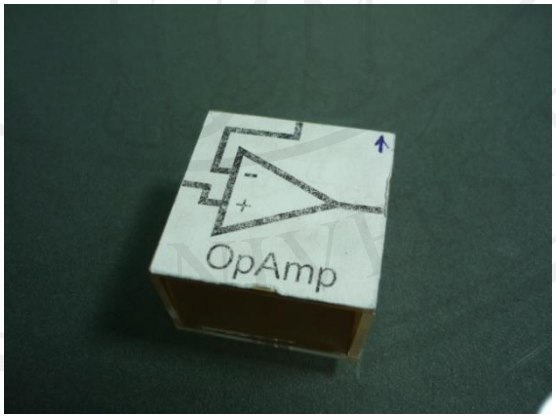
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.1.3 สวิตช์สองทาง ภายในกล่องของสวิตช์สองทางจะมีตัวต้านทาน 2 ตัวที่มีค่าความต้านทานต่างกันที่จะถูกเลือกจากการสับสวิตช์ ดังนั้นที่ตำแหน่งสวิตช์ต่างกันค่าความต้านทานของอิเล็กทรอนิกส์ชิ้นนี้ก็จะต่างกันซึ่งสามารถนำไปใช้กำหนดสถานะของสวิตช์ได้ว่าสวิตช์เปิดหรือปิด



รูปที่ 3.5 สวิตช์สองทาง

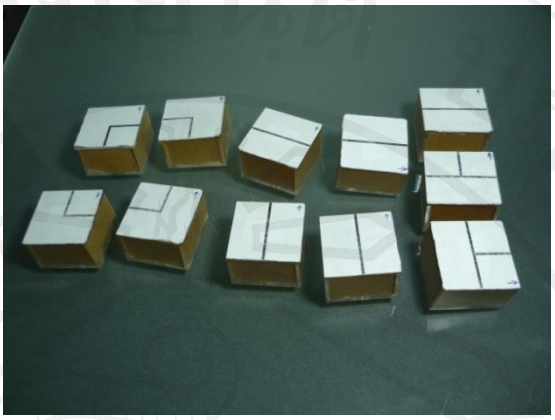
3.2.1.1.4 ออปแอมป์



รูปที่ 3.6 ออปแอมป์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.1.5 ตัวเชื่อมต่อ ใช้เชื่อมต่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่น 2 ตัวเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.7 ตัวเชื่อมต่อ

3.2.1.1.6 รูเสียบของแหล่งจ่ายไฟหรือของมิเตอร์ ไม่มีเส้นเชื่อมต่อไปยังอิเล็กทรอนิกส์ในช่องตารางอื่น แต่สามารถเชื่อมต่อไปยังรูเสียบในวงจรได้ด้วยสายไฟ ซึ่งเมื่อเกิดการเชื่อมกันช่องอินพุทที่อุปกรณ์ทั้งสองวางอยู่จะวัดได้ค่าเดียวกันคือค่าของรูเสียบในวงจร

รูปที่ 3.8 รูเสียบของแหล่งจ่ายไฟหรือของมิเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.1.7 ปุ่มปรับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 63 ตามการปรับ ซึ่งซอฟต์แวร์จะนำไปแปลงเป็นศักย์ไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ 0 ถึง 10 โวลต์

รูปที่ 3.9 ปุ่มปรับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ

3.2.1.1.8 รูเสียบในวงจร มีเส้นแสดงการเชื่อมต่อไปยังอิเล็กทรอนิกส์ในช่องตารางอื่นได้ และสามารถเชื่อมต่อไปผ่านสายไฟไปยังรูเสียบของแหล่งจ่ายไปหรือมิเตอร์ได้

รูปที่ 3.10 รูเสียบในวงจร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.2 แผงต่อวงจรเสมือน

รูปที่ 3.11 แผงต่อวงจรเสมือน

แผงต่อวงจรเสมือนประกอบด้วยคู่ของแผ่นพลาสติกแผ่นบนกับแผ่นล่างถูกยึดไว้ด้วยกันด้วยน็อตยาว มีระยะห่างระหว่างแผ่นประมาณ 5.5 เซนติเมตร แผ่นบนจะถูกแบ่งในลักษณะเป็นตารางโดยในแต่ละช่องตารางจะมีคู่ของกระดุมแม่เหล็กตัวผู้ตัวเมียยึดอยู่ โดยกระดุมตัวผู้ทุกตัวจะเชื่อมโยงกันทั้งหมดและเชื่อมกับกราวด์ของระบบ ส่วนกระดุมตัวเมียแต่ละอันจะถูกเชื่อมโยงไปยังช่องอินพุทของชุดมัลติเพลกซ์เซอร์แต่ละช่องแยกกัน โดยแถวบนสุดของตารางบนแผงต่อวงจรมีช่องตารางสำหรับคู่ของกระดุมตัวผู้ตัวเมียที่จะทำหน้าที่เป็นช่องอินพุท/เอาท์พุทและปุ่มปรับค่าของแผงต่อวงจรเสมือน ซึ่งประกอบด้วย ช่องที่ 1 ถึง 9 เรียงจากซ้ายไปขวา

ช่องที่ 1 สำหรับเอาไว้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้นั่นคือค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านได้จากช่องนี้ก็จะเปลี่ยนไปตามค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไป ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้เป็นตัวกำหนดค่าศักย์ไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟเสมือนบนแผงต่อวงจรได้ซึ่งจะกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 10 โวลต์

ช่องที่ 2 สำหรับเอาไว้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นรูเสียบของแหล่งจ่ายไฟซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟเสมือนบนแผงต่อวงจรที่สามารถเชื่อมต่อโดยผู้ทดลองด้วยสายไฟไปยังรูเสียบในวงจร

ช่องที่ 3 สำหรับเอาไว้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นรูเสียบของแหล่งจ่ายไฟซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟเสมือนบนแผงต่อวงจรที่สามารถเชื่อมต่อโดยผู้ทดลองด้วยสายไฟไปยังรูเสียบในวงจร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่องที่ 4 สำหรับเอาไว้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นรูเสียบของมิเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1 บนแผงต่อวงจรที่สามารถเชื่อมต่อโดยผู้ทดลองด้วยสายไฟไปยังรูเสียบในวงจร

ช่องที่ 5 สำหรับเอาไว้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นรูเสียบของมิเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1 บนแผงต่อวงจรที่สามารถเชื่อมต่อโดยผู้ทดลองด้วยสายไฟไปยังรูเสียบในวงจร

ช่องที่ 6 สำหรับเอาไว้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นรูเสียบของมิเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วลบของแอมมิเตอร์บนแผงต่อวงจรที่สามารถเชื่อมต่อโดยผู้ทดลองด้วยสายไฟไปยังรูเสียบในวงจร

ช่องที่ 7 สำหรับเอาไว้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นรูเสียบของมิเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วบวกของแอมมิเตอร์บนแผงต่อวงจรที่สามารถเชื่อมต่อโดยผู้ทดลองด้วยสายไฟไปยังรูเสียบในวงจร

ช่องที่ 8 สำหรับเอาไว้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นรูเสียบของมิเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 2 บนแผงต่อวงจรที่สามารถเชื่อมต่อโดยผู้ทดลองด้วยสายไฟไปยังรูเสียบในวงจร

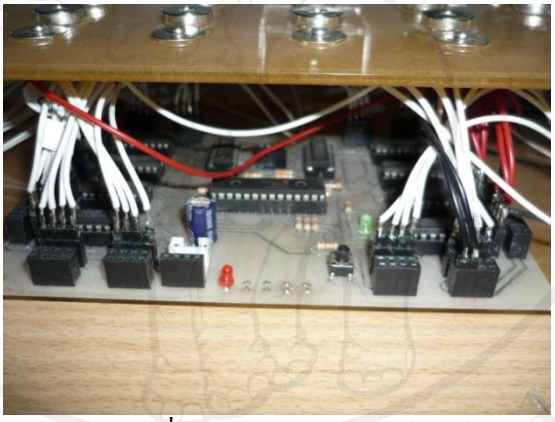
ช่องที่ 9 สำหรับเอาไว้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นรูเสียบของมิเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 2 บนแผงต่อวงจรที่สามารถเชื่อมต่อโดยผู้ทดลองด้วยสายไฟไปยังรูเสียบในวงจร

ส่วนช่องตารางในแถวที่ 2 ลงไปถึงแถวที่ 6 เอาไว้สำหรับให้ผู้ทดลองนำชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มาวางต่อกันเป็นวงจร โดยแต่ละแถวมี 8 ช่อง รวมมีช่องตารางสำหรับการต่อวงจรทั้งหมด 40 ช่องตาราง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.3 ชุดมัลติเพลกซ์เซอร์ (Multiplexers)

ประกอบด้วยไอซีมัลติเพลกซ์เซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับการวัดค่าเฉพาะของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่วางอยู่บนแผงต่อวงจรตำแหน่งต่างๆ โดยอุปกรณ์ชุดนี้ถูกออกแบบให้มีการทำงานดังนี้คือใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F886 [9] เป็นตัววัดค่าเฉพาะชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่วางอยู่บนแต่ละช่องของแผงต่อวงจรทีละช่องโดยไปควบคุมการเปิด-ปิดช่องอินพุท-เอาท์พุทของมัลติเพลกซ์เซอร์ CD74HCT4052 [10] โดยใช้มัลติเพลกซ์เซอร์ 2 ตัวเป็นแค่ตัวช่วยในการไปเปิด-ปิดช่องอินพุทของมัลติเพลกซ์เซอร์อีก 8 ตัวหลัก ซึ่งแต่ละตัวมีช่องอินพุท 8 ช่อง ดังนั้นเราจะมีช่องอินพุทที่เลือกเปิด-ปิดได้ทั้งหมด 64 ช่อง แต่เลือกนำไปใช้กับช่องบนแผงต่อวงจรเพียง 49 ช่อง โดยค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านได้ของแต่ละช่องจะถูกส่งต่อไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 [11] ของ GoGo Board [12] ผ่านทาง I2C Interface Bus



รูปที่ 3.12 ชุดมัลติเพลกซ์เซอร์

3.2.1.4 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontrollers)

สำหรับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ GoGo Board [12] ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 [11] เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงาน ทำหน้าที่อ่านค่าเฉพาะของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ตำแหน่งต่างๆ บนแผงต่อวงจรจากชุดมัลติเพลกซ์เซอร์ แล้วส่งข้อมูลไปยังซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ต RS232 โดยการสั่งให้ชุดมัลติเพลกซ์เซอร์อ่านค่าแต่ละช่องบนแผงต่อวงจรทีละช่อง แล้วรวมเป็นชุดตัวเลขข้อมูลของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดที่วางอยู่บนแผงต่อวงจรขณะนั้นส่งให้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ในรูปแบบ

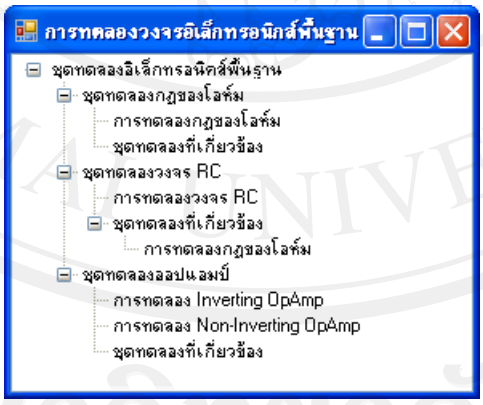
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยจากค่าตัวเลข 16.34 คือในช่องตำแหน่งที่ 16 บนแผงต่อวงจรมีชิ้นอิเล็กทรอนิกส์ที่วัดค่าเฉพาะได้ 34 วางอยู่ ในทำนองเดียวกันตัวเลข 22.56 ก็คือในช่องตำแหน่งที่ 22 มีชิ้นอิเล็กทรอนิกส์ที่วัดค่าเฉพาะได้ 56 วางอยู่ เป็นต้นฯ

รูปที่ 3.13 GoGo Board

3.2.2 ระบบซอฟต์แวร์สำหรับใช้คู่กับชุดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการควบคุม แสดงผล และการเรียนแบบ E-Learning

การทำงานโดยรวมของซอฟต์แวร์คือเมื่อซอฟต์แวร์ถูกเปิดขึ้นมามันจะมีหน้าต่างรายการชุดทดลองให้ผู้ทดลองหรือผู้เรียนได้เลือก ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 หน้าต่างรายการชุดทดลอง

เมื่อผู้ทดลองเลือกชุดการทดลองแล้วหน้าต่างรายละเอียดของชุดการทดลองนั้นจะปรากฏขึ้นมาให้ผู้ทดลองศึกษาก่อนทำการทดลอง แล้วเมื่อผู้ทดลองทำการทดลองโดยการคลิ๊กปุ่ม “ทำการทดลอง” หน้าต่างแสดงแผงต่อวงจรจะปรากฏขึ้นมาเพื่อคอยตรวจสอบและแสดงผลการต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วงจรและค่าต่างๆ ของแผงต่อวงจร ซึ่งแต่ละขณะจะมีการอ่านชุดข้อมูลชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่วางเชื่อมกันอยู่บนแผงต่อวงจรมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาการเชื่อมต่อพร้อมทั้งแสดงผลบนแผงต่อวงจรของซอฟต์แวร์ที่สอดคล้องกับข้อมูลแต่ละขณะที่อ่านมาได้ และถ้าซอฟต์แวร์พบว่าชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดวางต่อกันเป็นวงจรที่ถูกต้องมันก็จะทำการบันทึกค่าโวลเตจของแหล่งจ่ายไฟและค่าที่วัดได้จากมิเตอร์แต่ละตัวไว้ในตารางข้อมูลซึ่งผู้ทดลองสามารถเปิดดูได้ในหน้าต่าง “ผล และการวิเคราะห์” ที่ผู้ทดลองจะได้ดูผลและทำการวิเคราะห์ผล ตอบปัญหา และสรุปผลการทดลองในหน้าต่างนี้ โดยแบ่งส่วนการทำงานของซอฟต์แวร์ออกเป็นส่วนหลักๆ ดังนี้

3.2.2.1 ส่วนของการอ่านค่าชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อซอฟต์แวร์สั่งให้มีการอ่านข้อมูลจากพอร์ต RS232 ของคอมพิวเตอร์ที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 [11] ก็จะได้ชุดตัวเลขข้อมูลของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่วางต่อกันอยู่บนแผงต่อวงจรแถวที่ 2 ถึงแถวที่ 6 และข้อมูลของแหล่งจ่ายไฟและมิเตอร์ต่างๆ ในแถวที่ 1 ของแผงต่อวงจร ชุดตัวเลขข้อมูลที่ได้จะถูกประมวลผลและนำไปเก็บไว้ในตัวแปรออปเจ็กต์ที่ทำหน้าที่เก็บเลขที่ช่องและค่าเฉพาะ(ID) ของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่วางหรือเชื่อมอยู่กับช่องนั้นๆ ยกเว้นค่าเฉพาะในช่องที่ 2 ถึง 9 จะเป็นค่าเดียวกันกับค่าเฉพาะของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภท**รูเสียบในวงจร**ที่เชื่อมกันอยู่ด้วยสายไฟ

3.2.2.2 ส่วนของการวิเคราะห์การเชื่อมต่อของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นวงจรบนแผงต่อวงจร

โปรแกรมในส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญที่จะวิเคราะห์ว่ามีการเชื่อมต่อกันของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นวงจรที่ถูกต้องตามบทเรียนและชุดทดลองที่ผู้ทดลองเลือกไว้หรือไม่ โดยขั้นแรกจะเอาตัวแปรออปเจ็กต์ที่มีข้อมูลเลขที่ช่องและค่าเฉพาะของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บนแผงต่อวงทั้งหมดไปทำการแยกข้อมูลชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีและไม่มีในวงจรออกจากกัน แล้วเอาข้อมูลชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในวงจรทั้งหมดที่ได้ไปวิเคราะห์หาการเชื่อมต่อกันโดยใช้หลักการของกราฟส์ (Graphs) [13] ซึ่งจะได้ผลออกมาในรูปเมตริกซ์ของการเชื่อมต่อของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด ยกเว้นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภท**ตัวเชื่อมต่อ**จะไม่ถูกใส่ไว้ในเมตริกซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยขนาดของเมตริกซ์จะถูกกำหนดตามชุดทดลองที่ผู้ทดลองเลือก เมื่อได้เมตริกซ์ของการเชื่อมต่อแล้วก็จะนำไปเปรียบเทียบกับเมตริกซ์การเชื่อมต่อที่ถูกต้องของวงจรในชุดทดลองนั้นๆ ถ้าทั้งสองเมตริกซ์เท่ากันหรือเป็นเมตริกซ์อันเดียวกันแสดงว่าผู้ทดลองต่อวงจรได้ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในชุดทดลอง ยกตัวอย่างชุดทดลองกฎของโอห์มที่มีชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชิ้น (ไม่รวมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภทตัวเชื่อมต่อ) ก็จะได้เมตริกซ์ขนาด 7 คูณ 7 โดยกำหนดลำดับของจุดเชื่อมต่อให้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 7 ดังนี้

จุดเชื่อมต่อที่ 1 คือตำแหน่งของ**ขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ**

จุดเชื่อมต่อที่ 2 คือตำแหน่งของ**ขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1**

จุดเชื่อมต่อที่ 3 คือตำแหน่งของ**ตัวต้านทาน**

จุดเชื่อมต่อที่ 4 คือตำแหน่งของ**ขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1**

จุดเชื่อมต่อที่ 5 คือตำแหน่งของ**ขั้วบวกของแอมมิเตอร์**

จุดเชื่อมต่อที่ 6 คือตำแหน่งของ**ขั้วลบของแอมมิเตอร์**

จุดเชื่อมต่อที่ 7 คือตำแหน่งของ**ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ**

จะได้มีเมตริกซ์การเชื่อมต่อของวงจรตามกฎของโอห์มเป็น

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

โดยค่า 1 หมายถึงมีการเชื่อมต่อกันซึ่งค่าจากเมตริกซ์สามารถอธิบายการเชื่อมต่อกันทั้งหมดได้ดังนี้

ค่าเมตริกซ์แถวที่ 1 คือขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟเชื่อมต่อกับขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1 และตัวต้านทาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าเมตริกซ์แถวที่ 2 คือขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1 เชื่อมต่อกับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟและตัวต้านทาน

ค่าเมตริกซ์แถวที่ 3 คือตัวต้านทานเชื่อมกับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่น 4ตัว คือ ขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1 ขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1 และขั้วบวกของแอมมิเตอร์

ค่าเมตริกซ์แถวที่ 4 คือขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1 เชื่อมต่อกับตัวต้านทาน และขั้วบวกของแอมมิเตอร์

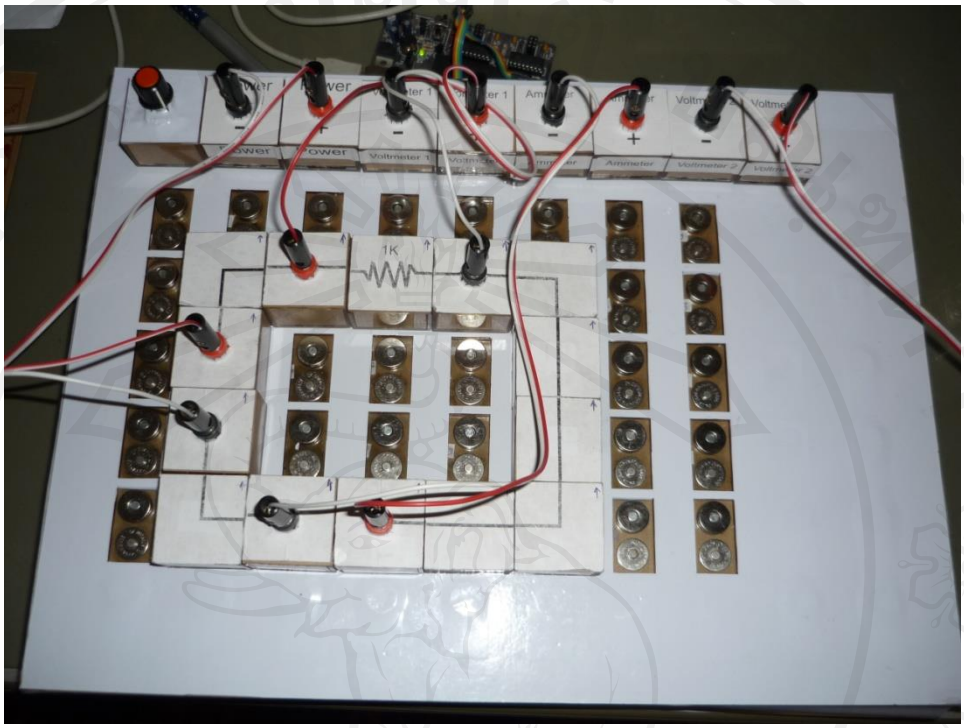
ค่าเมตริกซ์แถวที่ 5 คือขั้วบวกของแอมมิเตอร์เชื่อมต่อกับขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ตัวที่ 1 และตัวต้านทาน

ค่าเมตริกซ์แถวที่ 6 คือขั้วลบของแอมมิเตอร์เชื่อมต่อกับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ

ค่าเมตริกซ์แถวที่ 7 คือขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟเชื่อมต่อกับขั้วลบของแอมมิเตอร์

เทคนิคในการตรวจสอบวิเคราะห์หาเมตริกซ์การเชื่อมต่อคือเมื่อได้ข้อมูลชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในวงจรแล้วก็มาทำการไล่ดูการเชื่อมต่อของแต่ละชิ้นไปที่ละชิ้นว่าไปเชื่อมต่อกับชิ้นอื่นในช่องใดบ้างรอบๆตัวมัน เมื่อเจอการเชื่อมต่อก็จะเขียนค่า 1 ลงในแถวเมตริกซ์ที่ตรงกับค่าลำดับจุดเชื่อมต่อของชิ้นที่กำลังตรวจสอบและที่คอลัมน์ที่ตรงกับค่าลำดับจุดเชื่อมต่อของอีกชิ้นหนึ่งที่เชื่อมกับมันเช่นถ้าชิ้นส่วนที่กำลังตรวจสอบอยู่คือตัวต้านทานซึ่งมีลำดับจุดเชื่อมต่อเท่ากับ 3 และพบว่ามันเชื่อมอยู่กับขั้วบวกของแอมมิเตอร์ซึ่งมีค่าลำดับการเชื่อมต่อเท่ากับ 5 ดังนั้นแถวที่ 3 คอลัมน์ที่ 5 ในเมตริกซ์ก็ถูกเขียนเป็น 1 และกรณีถ้าไปเจอการเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนประเภท**ตัวเชื่อมต่อ** หรือ**รูเสียบในวงจร** หรือ**สวิตช์สองทาง** ซอฟต์แวร์ก็จะไล่ดูการเชื่อมต่อกับชิ้นที่อยู่ในช่องถัดออกไปเรื่อยๆ ว่ามีการเชื่อมต่อกับชิ้นเหล่านั้นด้วยไหม จนสุดท้ายของการตรวจสอบการเชื่อมต่อของแต่ละชิ้นก็จะได้แถวของเมตริกซ์แถวที่เท่ากับค่าลำดับจุดเชื่อมต่อของอิเล็กทรอนิกส์ชิ้นนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

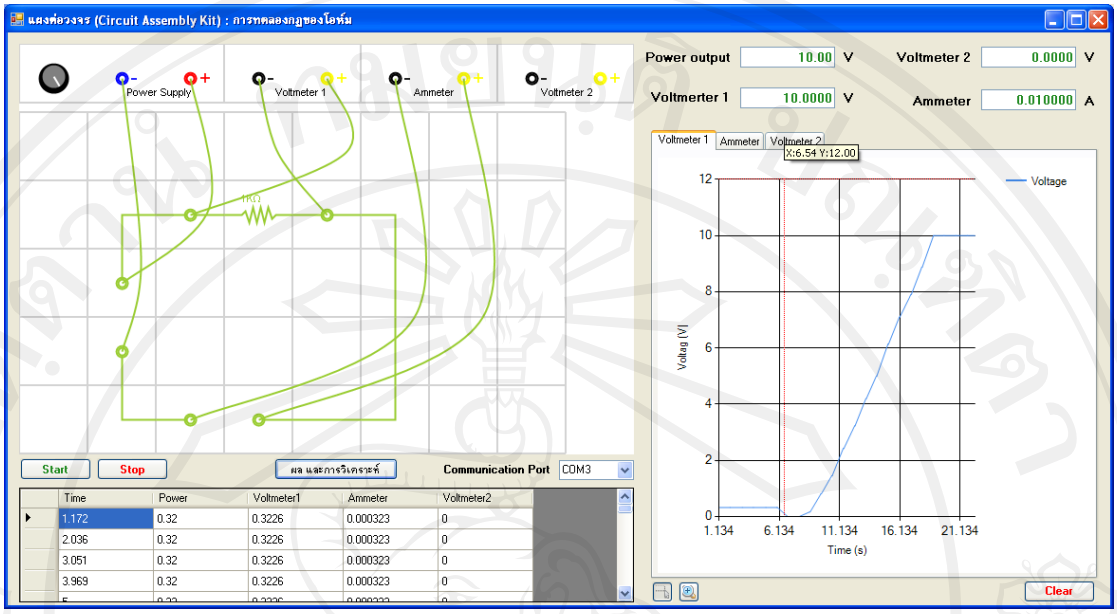


รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการเชื่อมต่อกันบนแผงต่อวงจรของการทดลองกฎของโอห์ม

3.2.2.3 ส่วนของการแสดงผล แผงต่อวงจร การต่อวงจร และค่าที่วัดได้ด้วยมิเตอร์

ซอฟต์แวร์ส่วนนี้จะทำการแสดงผล โดยวาดแผงต่อวงจร แล้ววาดวงจรจากข้อมูลการเชื่อมต่อ และแสดงค่าของแหล่งจ่ายไฟและค่ามิเตอร์ต่างๆ ณ สภาวะขณะนั้นที่เป็นไปตามเงื่อนไขของแต่ละชุดทดลอง ถ้าผู้ทดลองต่อวงจรบนแผงต่อวงจรถูกต้องซอฟต์แวร์จะแสดงรูปวงจรเป็นสีเขียวอ่อน ถ้าต่อวงจรไม่ถูกต้องหรือมีอิเล็คทรอนิกชิ้นใดต่อผิดอิเล็กทรอนิกส์ชิ้นนั้นและชิ้นที่เกี่ยวข้องจะถูกแสดงเป็นสีเหลืองหรือสีแดงเพื่อเตือนผู้ทดลอง ดังรูปที่ 3.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

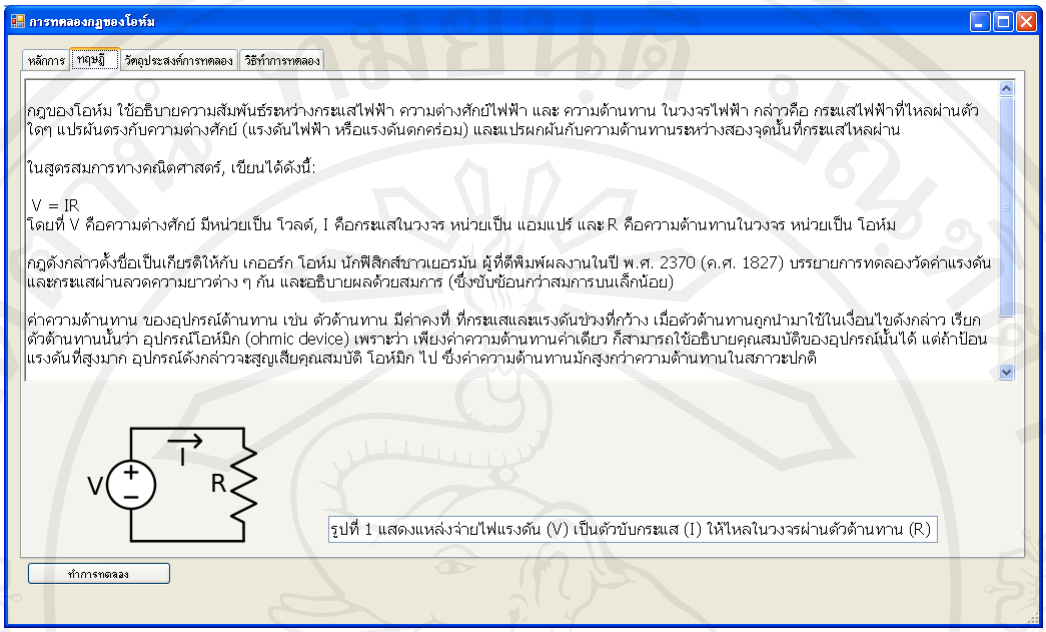


รูปที่ 3.16 ตัวอย่างการแสดงผลของแผงต่อวงจรชุดทดลองกฎของโอห์ม

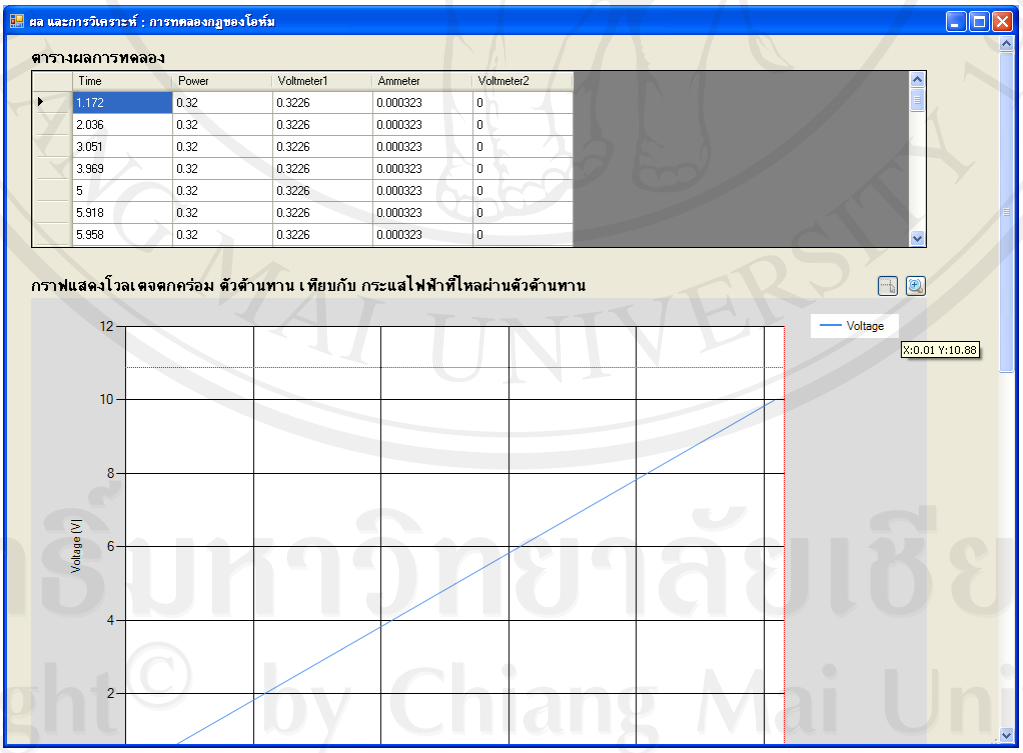
3.2.2.4 ส่วนของเนื้อหาบทเรียนและการควบคุมการทำการทดลองแต่ละชุด

ซอฟต์แวร์ในส่วนนี้จะมีเนื้อหาบทเรียนและการทดลองให้ผู้ทดลองเลือกชุดที่ต้องการจะทำการทดลองซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ยกมา 3 เรื่องมาใส่ไว้ในซอฟต์แวร์ได้แก่ ชุดการทดลองกฎของโอห์ม ชุดการทดลองวงจร RC และชุดการทดลองวงจรออปแอมป์ เมื่อผู้ทดลองเลือกชุดทดลองแล้วจะปรากฏหน้าต่างรายละเอียดของการทดลองนั้นๆ ประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ของการทดลอง ทฤษฎี และวิธีทำการทดลอง ให้ผู้ทดลองสามารถทำการศึกษาก่อนที่จะทำการทดลองดังรูปที่ 3.17 และเมื่อผู้ทดลองคลิ๊กที่ปุ่ม “ทำการทดลอง” หน้าต่างแสดงผลแผงต่อวงจรจะถูกเปิดขึ้นมา ซึ่งจะมีปุ่ม “Start” และ “Stop” ให้ผู้ทดลองเลือกคลิ๊กเพื่อให้ซอฟต์แวร์เริ่มหรือหยุดทำการตรวจสอบและแสดงผลการต่อวงจรของผู้ทดลอง ตัวอย่างดังรูปที่ 3.16 และในหน้าต่างนี้จะมีปุ่ม “ผล และการวิเคราะห์” ซึ่งเมื่อผู้ทดลองคลิ๊กปุ่มนี้หน้าต่างผลและการวิเคราะห์จะถูกเปิดขึ้นมาเพื่อให้ผู้ทดลองทำการบันทึกผล วิเคราะห์ผล รวมทั้งตอบปัญหาและสรุปผลการทดลอง ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างหน้าต่างรายละเอียดของการทดลอง



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างหน้าต่างผล และการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved