

ชุดปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายโดยใช้เซนเซอร์ฮอลล์ The Operational Set of Simple Pendulum Equipment by Hall Sensor

กฤษฎา สังกรณ์¹ รัชฎ ักม่น²

^{1,2} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบสร้างชุดปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย โดยใช้เซนเซอร์ฮอลล์เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดคาบเวลาของการแกว่งของลูกตุ้ม แกนของลูกตุ้มถูกออกแบบให้มีแม่เหล็กติดเป็นส่วนประกอบ เมื่อแกนลูกตุ้มเคลื่อนที่ตัดผ่านเซนเซอร์ฮอลล์ เซนเซอร์ฮอลล์จะทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก และส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก 6 (Visual Basic 6) เพื่อทำการประมวลผลหาค่าคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มและคำนวณหาความเร่งโน้มถ่วง และแสดงผลออกทางจอคอมพิวเตอร์ ชุดปฏิบัติการที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นนี้สามารถใช้งานได้ง่าย และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สามารถหาซื้อได้ภายในร้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จากผลการทดลองพบว่าชุดปฏิบัติการสามารถประมวลผลหาค่าคาบเวลาได้ และคำนวณหาความเร่งโน้มถ่วงได้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน (9.81 เมตรต่อวินาที²) ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่าความเร่งโน้มถ่วงอยู่ที่ 0.82 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย เซนเซอร์ฮอลล์

Abstract

This research proposes the operational set of simple pendulum equipment design. A Hall sensor was used to detect the period of the swing of pendulum. The pendulum was designed to contain a small magnet attached to the pendulum rod. When the pendulum swings, the Hall sensor will measure the variation of a magnetic field, which is transmitted to a computer. Then, Visual Basic 6 program is used to calculate the period of the movement and gravity acceleration, which are displayed on a computer monitor. This designed set is simple and easy to use. The electronic devices are available in electronic shops. The results show that it can be used to evaluate the period and gravity acceleration close to the standard value (9.81 m/s²). The percentage error is 0.82%.

Keywords : Simple pendulum, Hall sensor

บทนำ

กระบวนการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษาจำเป็นต้องมีการเรียนรู้ทั้งในรูปแบบของภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ซึ่งในภาคปฏิบัติหรือการทดลองเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในภาคทฤษฎีมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามในภาคปฏิบัติหรือการทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในสาขาวิชาฟิสิกส์จำเป็นต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเป็นสื่อการสอนและการทดลองปฏิบัติซึ่งล้วนแล้วแต่มีราคาสูงและหาซื้อได้ยาก ส่งผลกระทบให้บางโรงเรียนที่อยู่ในเขตชนบทหรือสถาบันการศึกษาที่มีงบประมาณไม่เพียงพอต่อการจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ ขาดกระบวนการเรียนรู้ในภาคปฏิบัติเนื่องจากขาดแคลนอุปกรณ์ในการทดลอง ในสาขาวิชาฟิสิกส์มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามมีชุดอุปกรณ์ปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายอยู่ 2 ชุด คือ ชุดที่หนึ่งจะเป็นชุดทดลองสำหรับฟิสิกส์พื้นฐาน อุปกรณ์ที่ใช้จะมีเพียงเชือก ลูกตุ้มน้ำหนัก ไม้ครั่งวงกลม และนาฬิกาจับเวลา จากการทดลองใช้อุปกรณ์ดังกล่าว พบปัญหาว่า ถ้าผู้ทดลอง

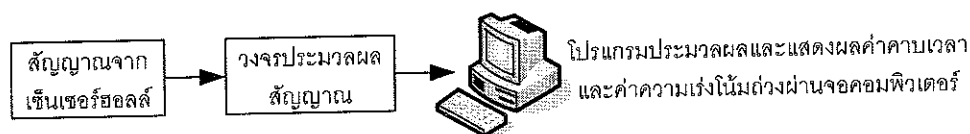


แกว่งลูกตุ้มในมุมแคบ จะไม่สามารถจับคาบเวลาของการแกว่งลูกตุ้มได้ทันทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน ส่วนชุดที่สอง จะเป็นชุดปฏิบัติการฟิสิกส์ขั้นสูงซึ่งมีเพียงหนึ่งชุด ประกอบด้วยขาตั้งสำหรับใช้ยึดเชือกที่ผูกติดกับลูกตุ้ม และมีเซนเซอร์แสงทำหน้าที่ตรวจจับคาบการแกว่งของลูกตุ้ม โดยมีเครื่องจับเวลาและบันทึกค่าคาบเวลาของการแกว่งลูกตุ้มได้อัตโนมัติ แต่ชุดอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาสูงเนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ สาขาวิชาฟิสิกส์ได้จัดซื้อเมื่อปี พ.ศ. 2543 ในราคา 32,494 บาท และกรณีที่ชุดอุปกรณ์เกิดปัญหาจะต้องใช้ระยะเวลาดำเนินการและค่าใช้จ่ายสูงในการส่งซ่อมบำรุง

ที่ผ่านมา มีนักวิจัยในต่างประเทศจำนวนไม่น้อยที่ให้ความสำคัญในเรื่องของการพัฒนาชุดอุปกรณ์การทดลอง สำหรับใช้ในการเรียนการสอน จากการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศพบว่าได้มีการประยุกต์นำเซนเซอร์มาใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณทางกายภาพในการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบซ้ำคาบ เช่น การนำไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode: LED) และโฟโตทรานซิสเตอร์ (photo-transistor) มาใช้เป็นอุปกรณ์ในการตรวจวัดการเคลื่อนที่ขึ้นลงของสปริงในการทดลองเรื่องการสั่นของลูกตุ้มแม่เหล็กใกล้แผ่นตัวนำ (C L Ladera and G Donoso, 2013) การนำเซนเซอร์ตรวจวัดมุมในการหมุน (rotary motion sensor) มาใช้เป็นอุปกรณ์ในการวัดมุมของการแกว่งของวัตถุในการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยคำนึงถึงแรงเสียดทานของอากาศ (Carl E Mungan and Trevor C Lipscombe, 2013) เป็นต้น สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างชุดปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายโดยนำเซนเซอร์ฮอลล์ (Hall sensor) มาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดคาบการแกว่งของลูกตุ้ม ซึ่งอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของสนามแม่เหล็ก งานวิจัยนี้ได้ใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าและวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลก่อนส่งสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก 6 (Visual Basic 6) เพื่อทำการประมวลผลหาค่าคาบเวลาการแกว่งของลูกตุ้มและคำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วง และแสดงผลออกทางจอคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยออกแบบและสร้างชุดเครื่องมือปฏิบัติการขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในภาคปฏิบัติให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและสอดคล้องกับภาคทฤษฎีได้อย่างเหมาะสม โดยวัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาใช้สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ ทำให้ชุดเครื่องมือปฏิบัติการมีราคาถูกลง ช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง อีกทั้งเครื่องมือปฏิบัติการสามารถใช้งานได้เทียบเท่ากับเครื่องมือปฏิบัติการที่นำเข้าจากต่างประเทศ และยังสามารถใช้งานได้ง่ายอีกด้วย

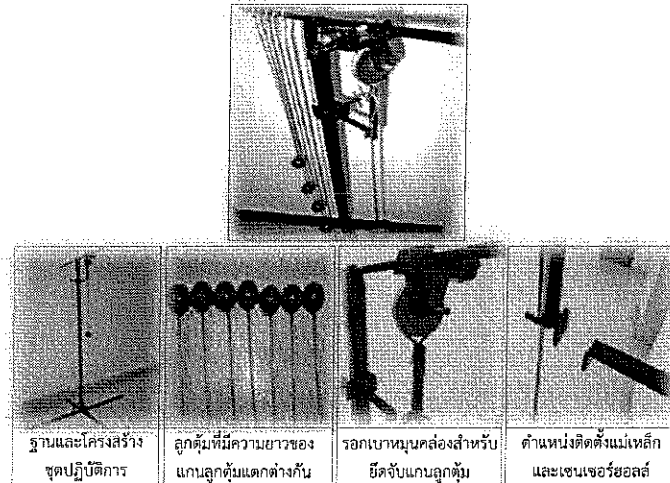
หลักการออกแบบชุดเครื่องมือปฏิบัติการ

การดำเนินการสร้างชุดเครื่องมือปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ การออกแบบโครงสร้างเครื่องมือปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย และการออกแบบระบบประมวลผลซึ่งประกอบด้วยส่วนของวงจรประมวลผล โปรแกรมประมวลผล และแสดงผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ แผนผังการทำงานของชุดปฏิบัติการแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของชุดปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

การออกแบบโครงสร้างเครื่องมือปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

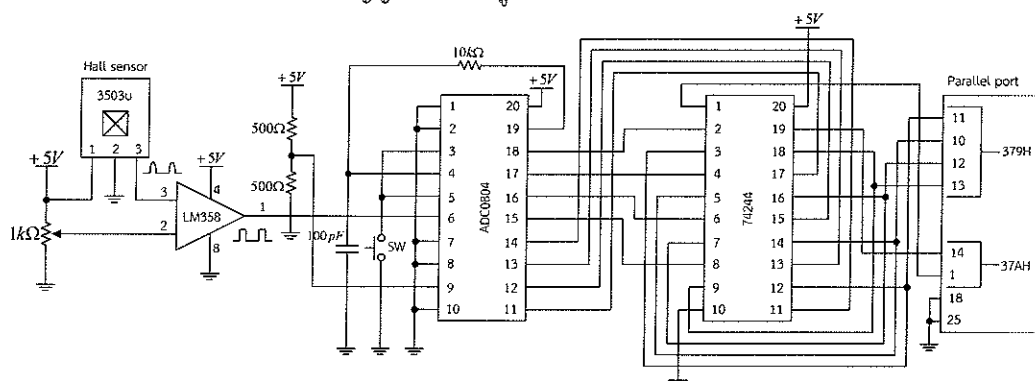


รูปที่ 2 โครงสร้างเครื่องมือปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

จากรูปที่ 2 เป็นการออกแบบโครงสร้างเครื่องมือปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วยฐานโครงสร้างชิ้นงานจะเป็นโครงสร้างหลักสำหรับยึดชิ้นส่วนของอุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ ไม่วางกลม รอกเบาหมุนคล่องสำหรับยึดแกนของลูกตุ้ม โดยมีการออกแบบแกนของลูกตุ้มให้สามารถติดแม่เหล็กขนาดเล็กได้ เมื่อทำการแกว่งลูกตุ้มแม่เหล็กที่ติดกับแกนของลูกตุ้มจะไปตัดผ่านเซนเซอร์ฮอลล์ที่ติดตั้งไว้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบความยาวของแกนลูกตุ้มไว้ทั้งหมด 7 ขนาดด้วยกัน คือ 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 และ 1.0 เมตร ทำให้ผู้ทดลองสามารถเปลี่ยนค่าความยาวของแกนลูกตุ้มขณะทำการทดลองได้ง่ายขึ้น

การออกแบบวงจรประมวลผลสัญญาณ

ชุดเครื่องมือปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย ผู้วิจัยได้นำเซนเซอร์ฮอลล์มาใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดคาบการแกว่งของลูกตุ้มอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของสนามแม่เหล็ก โดยที่ขาเอาต์พุตของเซนเซอร์ฮอลล์จะให้สัญญาณแรงดันไฟฟ้าซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ตรวจวัดได้ (วิศรุต ศรีรัตนะ, 2550) จากนั้นจะนำสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซนเซอร์ฮอลล์ดังกล่าวป้อนเป็นสัญญาณแรงดันอินพุตให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator) จากนั้นนำไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) ก่อนจะส่งสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์ทางพอร์ตขนาน (Parallel port) เพื่อประมวลผลและแสดงผลต่อไป ซึ่งการออกแบบวงจรประมวลผลสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรประมวลผลสัญญาณ

เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับเซนเซอร์ฮอลล์เบอร์ 3503u จะเกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขาเอาต์พุตซึ่งมีระดับแรงดันไฟฟ้าคงที่ประมาณ 2.50 โวลต์ เมื่อขั้วเหนือของแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าใกล้บริเวณที่เป็นพื้นที่ตรวจรับรู้ (Active area) ของเซนเซอร์



ฮอลล์ ทำให้ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เซนเซอร์ฮอลล์ตรวจวัดได้เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ขาเอาต์พุตมีค่าเปลี่ยนแปลงด้วย วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Sergio Franco, 2002) ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นนั้นจะใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM358 ทำหน้าที่เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากขาเอาต์พุต (ขา 3) ของเซนเซอร์ฮอลล์ แล้วป้อนเข้าขาอินพุตบวก (ขา 3) ของไอซีออปแอมป์ โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 1 กิโลโอห์ม ทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิงให้กับขาอินพุตลบ (ขา 2) ของออปแอมป์ ซึ่งแรงดันอ้างอิงที่ใช้ในวงจรมีค่าเท่ากับ 2.67 โวลต์ ซึ่งเอาต์พุต (ขา 1) ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะได้เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะเป็นได้ 2 กรณี คือ กรณีที่หนึ่งเมื่อสนามแม่เหล็กตัดผ่านเซนเซอร์ฮอลล์ จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาอินพุตบวกของออปแอมป์ V_1 สูงกว่าแรงดันอ้างอิงที่ขาอินพุตลบ V_2 จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตของออปแอมป์มีค่าแรงดันสูงสุด (V_H) หรือมีสถานะเป็นลอจิก 1 ดังสมการที่ (1)

$$V_{out} = V_H \text{ เมื่อ } V_1 > V_2 \quad (1)$$

กรณีที่สอง เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็กตัดผ่านเซนเซอร์ฮอลล์ ค่าแรงดันที่ขาอินพุตบวกของออปแอมป์ V_1 จะต่ำกว่าค่าแรงดันอ้างอิงที่ขาอินพุตลบ V_2 จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตของออปแอมป์มีค่าแรงดันต่ำสุด V_L หรือมีสถานะเป็นลอจิก 0 ดังสมการที่ (2)

$$V_{out} = V_L \text{ เมื่อ } V_1 < V_2 \quad (2)$$

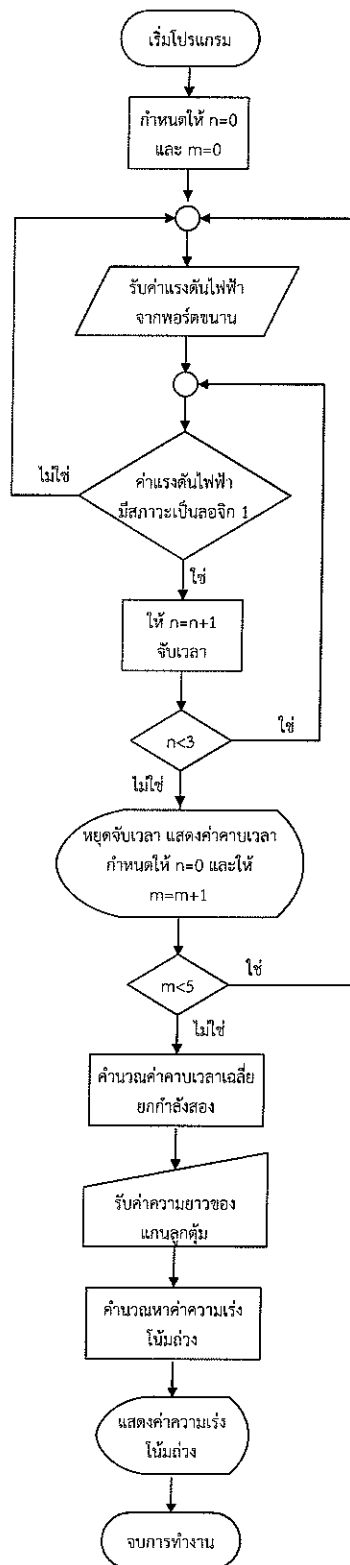
จากนั้นนำสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลโดยใช้ไอซีเบอร์ ADC0804 เพื่อรับข้อมูลสัญญาณแอนะล็อกที่เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต โดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS244 ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการควบคุมการส่งข้อมูลทั้ง 8 บิต เข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตขนาน จากนั้นผู้วิจัยจะทำการเขียนโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลมาประมวลผลและแสดงผลต่อไป

การออกแบบโปรแกรมประมวลผลสัญญาณและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์

จากทฤษฎีการแกว่งของลูกตุ้มโดยธรรมชาติแล้ววัตถุจะแขวนห้อยในแนวตั้งเป็นตำแหน่งสมดุล เมื่อถึงวัตถุให้เอียงทำมุมเล็กๆ กับแนวตั้ง แล้วปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่แกว่งกลับไปกลับมานั้นถือว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ในการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบนี้เรียกว่า คาบ (Period) ของการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นวินาที จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันนำมาวิเคราะห์หาค่าคาบเวลาของการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายจะได้เป็นดังสมการที่ (3) เมื่อ T คือค่าคาบเวลา g คือค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง และ l คือค่าความยาวของแกนลูกตุ้ม

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3)$$

การออกแบบโปรแกรมประมวลผลสัญญาณในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยออกแบบโดยใช้โปรแกรมมิซัลเบสิก 6 เมื่อเริ่มต้นการทำงานโปรแกรมจะรับค่าแรงดันไฟฟ้าเข้ามาทางพอร์ตขนาน เมื่อทำการทดลองแกว่งลูกตุ้ม แกนของลูกตุ้มซึ่งมีแม่เหล็กติดอยู่จะเคลื่อนที่ตัดผ่านเซนเซอร์ฮอลล์ ค่าแรงดันไฟฟ้าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสถานะลอจิก 0 เป็นสถานะลอจิก 1 ครั้งที่ 1 โปรแกรมจะเริ่มทำการจับเวลาโดยใช้ตัวแปร n นับรอบการเปลี่ยนแปลงสถานะของค่าแรงดันไฟฟ้า ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงครบ 3 ครั้ง โปรแกรมจะหยุดนับเวลาและแสดงเป็นค่าคาบเวลาค่าที่ 1 โดยใช้ตัวแปร m นับค่าคาบเวลา จนได้ค่าคาบเวลาครบทั้ง 5 ค่า โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าคาบเวลาเฉลี่ยกำลังสองและแสดงผล จากนั้นให้ผู้ทดลองใส่ค่าความยาวของแกนลูกตุ้มที่ใช้ในการทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับให้โปรแกรมคำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วงและแสดงผลออกทางหน้าจอของโปรแกรม ดังแสดงในแผนผังการทำงานของโปรแกรมประมวลผลสัญญาณรูปที่ 4

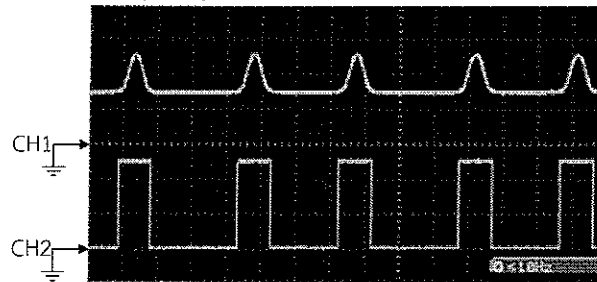


รูปที่ 4 แผนผังการทำงานของโปรแกรมประมวลผลสัญญาณ



ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทดลองแกว่งลูกตุ้มจากชุดเครื่องมือที่สร้างขึ้น เมื่อเกิดการตัดผ่านกันระหว่างแม่เหล็กกับเซนเซอร์ฮอลล์ สัญญาณแรงดันเอาต์พุตของเซนเซอร์ฮอลล์จะมีระดับแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นจากระดับแรงดันไฟฟ้าปกติของเซนเซอร์ (ประมาณ 2.5 โวลต์) ซึ่งผลของสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์ฮอลล์ จะเป็นลักษณะของสัญญาณแบบต่อเนื่อง เมื่อนำไปผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะได้สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 5 (CH1) และ (CH2) ตามลำดับ จากนั้นจะนำสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบแรงดันดังกล่าวมาป้อนเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลก่อนส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลและแสดงผลต่อไป

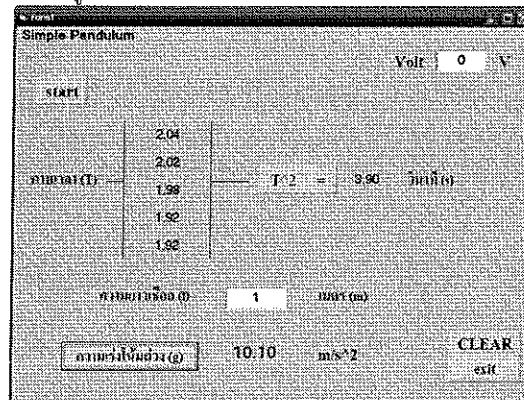


รูปที่ 5 สัญญาณเอาต์พุตจากเซนเซอร์ฮอลล์ (CH1) เทียบกับสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (CH2)

หมายเหตุ: CH1 สเกลแนวตั้งเท่ากับ 1V/div สเกลแนวนอนเท่ากับ 250 ms/div

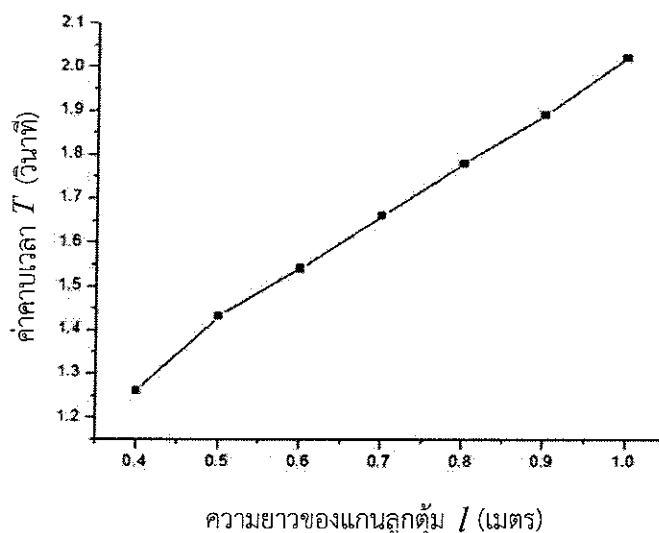
CH2 สเกลแนวตั้งเท่ากับ 2V/div สเกลแนวนอนเท่ากับ 250 ms/div

หน้าจอการทำงานของโปรแกรมประมวลผลและแสดงผลที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นแสดงดังรูปที่ 6 เมื่อกดปุ่ม start ที่หน้าจอโปรแกรมและทดลองแกว่งลูกตุ้ม หน้าจอโปรแกรมจะแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าขณะที่มีแม่เหล็กตัดผ่านเซนเซอร์ฮอลล์และจะแสดงค่าคาบเวลา (T) ของการแกว่งลูกตุ้ม โปรแกรมจะทำการแสดงค่าคาบเวลาทั้งหมด 5 ค่า เมื่อกดปุ่ม $T^2 =$ โปรแกรมจะแสดงค่าคาบเวลาเฉลี่ยยกกำลังสอง จากนั้นป้อนค่าความยาวเชือก (L) ซึ่งก็คือค่าความยาวแกนลูกตุ้มที่ใช้ทดลอง และกดปุ่ม ความเร่งโน้มถ่วง (g) โปรแกรมจะคำนวณและแสดงค่าความเร่งโน้มถ่วง (g) บนหน้าจอโปรแกรมโดยอัตโนมัติ ถ้าต้องการทำการทดลองใหม่ ให้กดปุ่ม CLEAR ที่หน้าจอโปรแกรมเพื่อเตรียมพร้อมที่จะเริ่มทำการทดลองใหม่ การทำงานของโปรแกรมประมวลผลและแสดงผลสามารถทำงานได้ตรงตามหลักการที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 6 หน้าจอโปรแกรมประมวลผลและแสดงผล

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบเวลา (T) กับความยาวของแกนลูกตุ้ม (L) โดยทดลองที่มุม θ เท่ากับ 5 องศา ผลการทดลองแสดงดังกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลา T กับความยาวแกนลูกตุ้ม L

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของแกนลูกตุ้ม (L) กับคาบเวลา (T) จะเห็นได้ว่า เมื่อความยาวของแกนลูกตุ้มเพิ่มมากขึ้น คาบเวลาก็จะเพิ่มขึ้นด้วย สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวแกนลูกตุ้มกับคาบเวลาแปรผันตรงกัน

ตารางที่ 1 บันทึกคาบเวลาและค่าความเร่งโน้มถ่วงของการแกว่งลูกตุ้มที่มุม θ เท่ากับ 5 องศา โดยใช้แกนลูกตุ้มยาว 1.0 เมตร

ทดลอง ครั้งที่	คาบเวลา T (วินาที)					$\bar{T}$ (s)	T^2 (s ²)	g (m/s ²)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5			
1	2.02	2.00	1.96	1.94	1.92	1.97	3.87	10.18
2	2.02	2.02	1.96	1.96	1.94	1.98	3.92	10.06
3	2.10	2.06	2.04	2.02	1.95	2.03	4.14	9.53
4	2.08	2.08	2.02	1.98	1.94	2.02	4.08	9.67
5	2.04	2.00	1.98	1.96	1.94	1.98	3.94	10.02
$\bar{T}^2 = 3.99$							$\bar{g} = 9.89$	

จากตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการทดลองแกว่งลูกตุ้มที่มุม θ เท่ากับ 5 องศา โดยเลือกใช้ความยาวของแกนลูกตุ้มเท่ากับ 1.0 เมตร จากค่าความเร่งโน้มถ่วงที่โปรแกรมคำนวณได้ในตารางที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.89 เมตรต่อวินาที² เมื่อเทียบกับค่าความเร่งโน้มถ่วงมาตรฐาน 9.81 เมตรต่อวินาที² สามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับ 0.82 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลอง

ชุดปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้เซนเซอร์ฮอลล์ จากผลการทดสอบการทำงาน พบว่า สามารถใช้งานได้จริง ซึ่งชุดปฏิบัติการสามารถตรวจวัดคาบเวลาของการแกว่งของลูกตุ้มและคำนวณหาความเร่งโน้มถ่วงได้อัตโนมัติ โดยแสดงผลผ่านทางหน้าจอโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อีกทั้งผู้ทดลองยังสามารถเปลี่ยนค่าความยาวของลูกตุ้มได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และชุดปฏิบัติการยังถูกออกแบบมาให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย เพียงนำชุดเครื่องมือเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้วก็สามารถปฏิบัติการทดลองได้ทันที ชุดปฏิบัติการเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย ขาตั้งสำหรับจับยึดและยึดติดอุปกรณ์การทดลอง ลูกตุ้มที่มีความยาวของแกนลูกตุ้มแตกต่างกัน 7 ขนาด เซนเซอร์และชุดวงจรตรวจวัดคาบเวลา



ซึ่งสามารถบันทึกและแสดงผลด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก 6 ทั้งหมดนี้ใช้งบประมาณ 1,500 บาท ไม่รวมราคาคอมพิวเตอร์ เมื่อเทียบกับราคาของชุดปฏิบัติการขั้นสูง ที่สาขาวิชาฟิสิกส์มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามจัดซื้อมานั้น มีราคาต่ำกว่า ประมาณ 22 เท่า จากผลการทดลองเรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวแกนลูกตุ้ม กับคาบเวลาแปรผันตรงกัน และค่าความเร่งโน้มถ่วงที่โปรแกรมคำนวณได้จากการทดลองแกว่งลูกตุ้มที่มุม 5 องศา โดยใช้ความยาวของแกนลูกตุ้มเท่ากับ 1.0 เมตรนั้น เมื่อเทียบกับค่าความเร่งโน้มถ่วงมาตรฐาน 9.81 เมตรต่อวินาที² มี เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.82 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

- C L Ladera and G Donoso. 2013, July. Oscillations of a spring-magnet system damped by a conductive plate. *European Journal of Physics*. 34. 1187-1197.
- Carl E Mungan and Trevor C Lipscombe. 2013, July. Oscillations of a quadratically damped pendulum. *European Journal of Physics*. 34. 1243-1253.
- Sergio Franco. 2002. *Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits*. New York : The McGraw-Hill companies.
- วิศรุต ศรีรัตนะ. 2550. *เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม*. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).