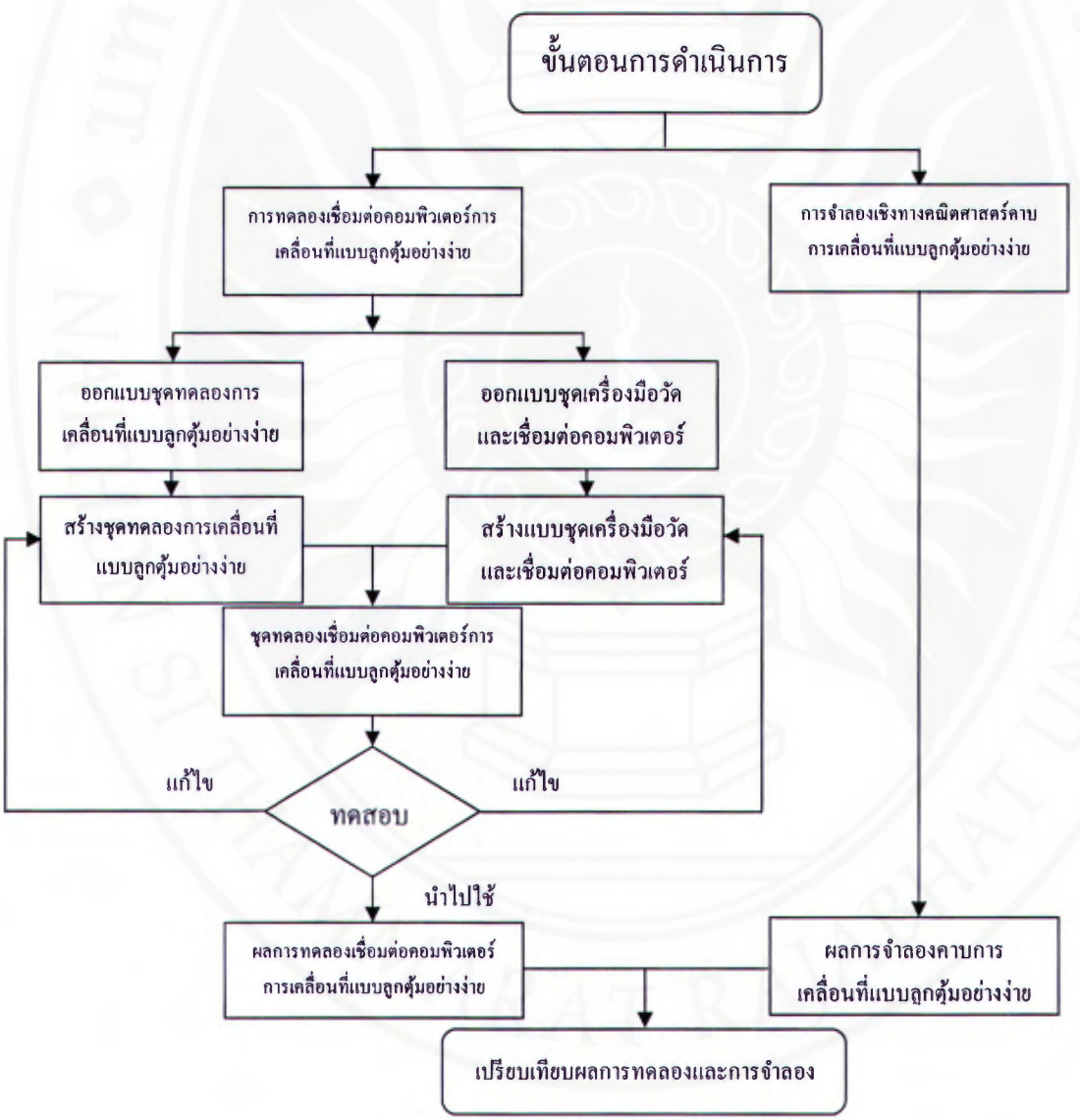
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย โดยทดลองเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และการจำลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย มีวิธีการและขั้นตอนการดำเนินการ โดยการสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่ายโดยเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงคาบการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่ายด้วย Scilab 5.3.2 และเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการทดลองเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับผลการจำลองทางคณิตศาสตร์



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการดำเนินการ

การสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่ายโดยเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

1. ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย

วัสดุอุปกรณ์

1) ชุดทดลองเพนดูลัม (pendulum apparatus) ของบริษัทแกมมาโก้ จำกัด จำนวน 1 ชุด

2) ไม้โปรแทรกเตอร์ครึ่งวงกลมขนาดใหญ่ จำนวน 1 อัน

3) ลูกตุ้มเหล็กทรงกลม มวล 69 กรัม จำนวน 1 ลูก

4) ลูกตุ้มไม้ทรงกลม มวล 32.10 กรัม จำนวน 1 ลูก

5) ลูกตุ้มเหล็กทรงกระบอก มวล 4.10 กรัม จำนวน 1 ลูก

6) ปืนกาว

7) เชือก

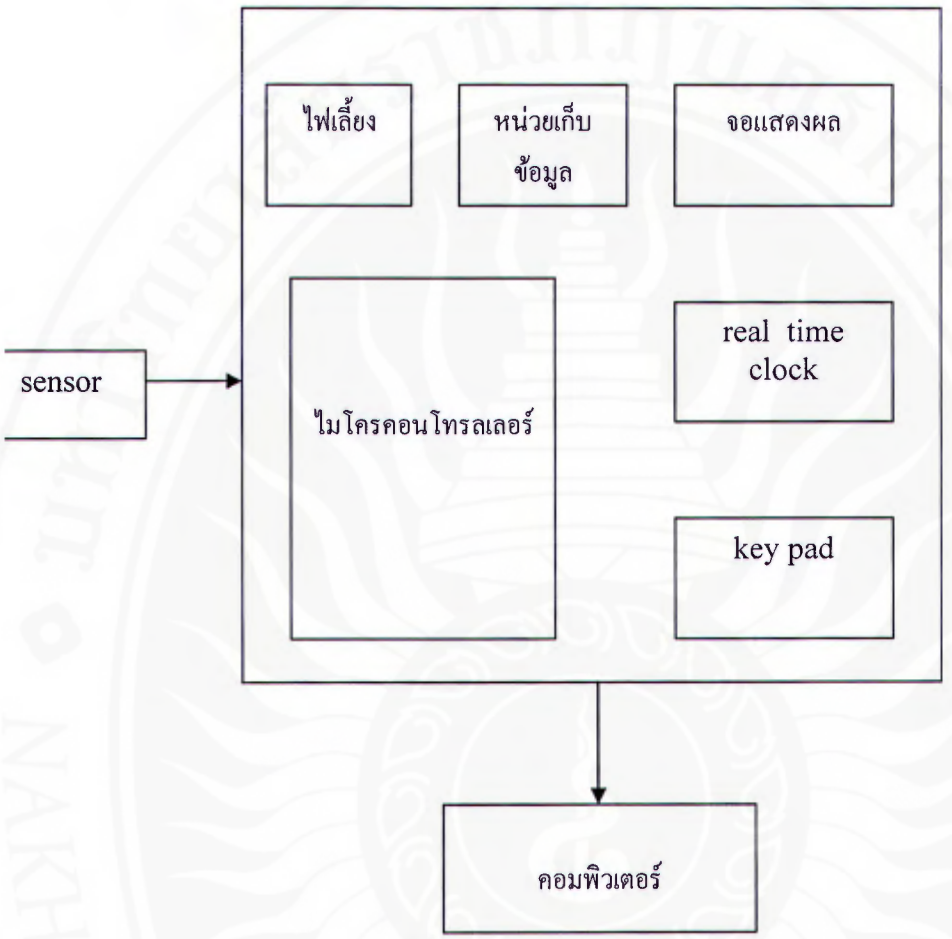
ภาพที่ 8 อุปกรณ์ประกอบชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย

2. ประกอบชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย ดังภาพที่ 9

ภาพที่ 9 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย

3. ออกแบบชุดเครื่องมือวัดคาบการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย และการทดลองเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดเชื่อมต่อข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปคอมพิวเตอร์ ชุด real time clock ชุด sensor ตรวจจับวัตถุ ชุดหน่วยเก็บข้อมูล ชุดไฟเลี้ยง ชุดเชื่อมต่อกับระบบภายนอก และชุด key pad ดำเนินการเป็นขั้นตอนแต่ละวงจรย่อยมีการเชื่อมต่อกันดังแสดงในภาพที่ 10

วงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 10 การเชื่อมต่อวงจร

3.1 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

อุปกรณ์

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 จำนวน 1 ชุด

2) ตัวเก็บประจุขนาด 0.1 μF จำนวน 1 ตัว

3) ชุดกำเนิดความถี่แบบ Crystal 18.432 MHz จำนวน 1 ชุด

หลักการทำงาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 ทำหน้าที่ระบบควบคุมโดยการรับคำสั่งจาก key pad แสดงผลแบบ real time บนจอ LCD รับสัญญาณจาก sensor ตรวจจับวัตถุและส่งข้อมูลกลับไปยังไมโครคอมพิวเตอร์

3.2 ชุดเชื่อมต่อข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์

1) IC-MAX 232 จำนวน 1 ชุด

2) ตัวเก็บประจุขนาด 10 μF จำนวน 4 ตัว

3) ตัวเก็บประจุขนาด 0.1 μF จำนวน 1 ตัว

หลักการทำงาน

IC - MAX 232 จะทำหน้าที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 (recommended standard 232) ซึ่งเป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบ serial ใช้เพื่อเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูลแบบ serial ให้สามารถส่งได้ระยะทางที่มากขึ้น มาเป็นระดับ TTL (transistor-transistor logic) และในทำนองเดียวกันก็แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232 โดยมีการเปลี่ยนระดับแรงดัน ของ logic จากเดิมที่จะอยู่ในช่วง 0-5 V ไปเป็นช่วง -15 ถึง 15 V

3.3 ชุด real time clock

อุปกรณ์

1) แบตเตอรี่ CR2032 ขนาด 3 V จำนวน 1 ก้อน

2) IC - DS1307 จำนวน 1 ชุด

3) ตัวเก็บประจุ ขนาด 0.1 μF จำนวน 1 ตัว

4) ตัวเก็บประจุ ขนาด 15 μF จำนวน 2 ตัว

5) ชุดกำเนิดความถี่แบบ Crystal 32.768 kHz จำนวน 1 ชิ้น

หลักการทำงาน

IC - DS1307 เป็น real time controller โดยใช้ชุดกำเนิดความถี่แบบ Crystal 32.768 kHz และใช้แบตเตอรี่ CR2032 ขนาด 3 V เป็นตัวสำรองข้อมูล (back up) ในกรณีที่อุปกรณ์อื่นๆ มีปัญหา

3.4 ชุด sensor ตรวจจับวัตถุ

อุปกรณ์

1) infrared emitting diode TSAL 7400 จำนวน 1 ตัว

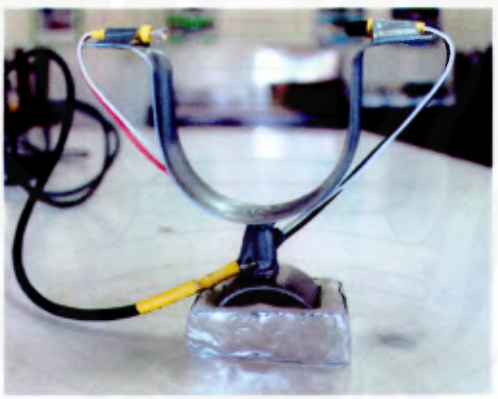
2) photo transistor TOPS 050 TB 2 จำนวน 1 ตัว

3) ตัวต้านทานขนาด 330 Ω จำนวน 1 ตัว

4) ตัวต้านทานขนาด 10 kΩ จำนวน 1 ตัว

หลักการทำงาน

infrared emitting diode TSAL 7400 เป็นตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดช่วง 940 ηm และ ใช้ photo transistor TOPS 050 TB 2 เป็นตัวรับสัญญาณย่านความถี่อินฟราเรดช่วง 750 – 1050 ηm เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่มาตัดสัญญาณอินฟราเรด จะทำให้วงจรเป็นวงจรเปิด เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่าน วงจรก็จะกลับมาเป็นวงจรปิดอีกครั้ง



ภาพที่ 11 sensor

3.5 ชุดหน่วยเก็บข้อมูล

อุปกรณ์

1) IC - 24LC512 จำนวน 1 ชุด

2) ตัวเก็บประจุขนาด 0.1 μF จำนวน 1 ตัว

หลักการทำงาน

IC - 24LC512 เป็น microchip ทำหน้าที่เป็นหน่วยเก็บข้อมูล โดยที่ผู้ใช้สามารถลบหรือแก้ไขหรือเขียนซ้ำข้อมูลที่บรรจุอยู่ภายในได้ และสามารถกระทำซ้ำได้หลายครั้ง ประเภท EEPROM (electrically erasable programmable read-only memory)

3.6 ชุดไฟเลี้ยง

อุปกรณ์

1) หม้อแปลง ขนาด 9 V จำนวน 2 ลูก

2) ไดโอดแบบบริจด์ DB104G จำนวน 2 ชุด

3) ตัวเก็บประจุ ขนาด 1,000 μF จำนวน 4 ตัว

4) ตัวเก็บประจุ ขนาด 0.1 μF จำนวน 4 ตัว

5) ไดโอด ขนาด 12 V จำนวน 2 ตัว

6) MC7812CT จำนวน 1 ตัว

7) MC7805CT จำนวน 1 ตัว

หลักการทำงาน

ชุดไฟเลี้ยงใช้สำหรับ controller โดยแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าจาก 220 V ลดลงเหลือ 9 V หลังจากนั้นให้แรงดันไฟฟ้าผ่านฟิลเตอร์ ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าเป็น 5 V สำหรับ controller

3.7 ชุดเชื่อมต่อกับระบบภายนอก

อุปกรณ์

1) USB to RS232 จำนวน 1 ชุด

2) USB to PC จำนวน 1 ชุด

3) ตัวเก็บประจุขนาด 0.1 μF จำนวน 1 ตัว

หลักการทำงาน

USB to RS232 ตัวเปลี่ยนสัญญาณจาก USB Level เป็น RS232 Level และใช้ USB to PC จะเป็นการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ไปยังเครื่อง computer

3.8 ชุด key pad

อุปกรณ์

1) key board ขนาด 4 x 4 แถว จำนวน 1 แผง

2) จอ LCD ขนาด 20 character จำนวน 1 อัน

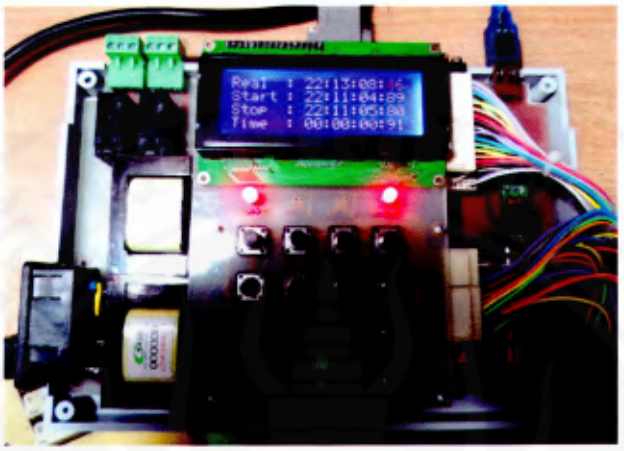
3) สวิตช์แบบกด จำนวน 16 อัน

4) ตัวต้านทาน ขนาด 330 Ω จำนวน 4 ตัว

5) หลอด LED จำนวน 4 หลอด

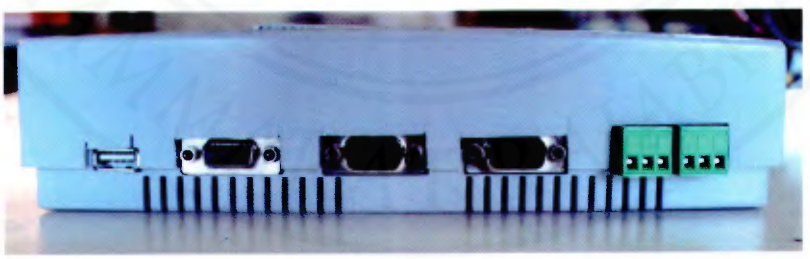
หลักการทำงาน

key pad เป็นกลุ่มแป้นพิมพ์ที่จัดไว้เป็นกลุ่ม ๆ เพื่อให้สะดวกในการใช้พิมพ์งานที่เป็นประเภทเดียวกัน ประกอบด้วยปุ่มตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 ปุ่ม ESC ปุ่ม time set up ปุ่ม clear data และปุ่ม Start/Stop โดย key pad จะเชื่อมต่อสัญญาณกับไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2BN และจอ LCD ขนาด 20 Character



ภาพที่ 12 แผงวงจรทั้งหมดเมื่อประกอบเข้าด้วยกัน

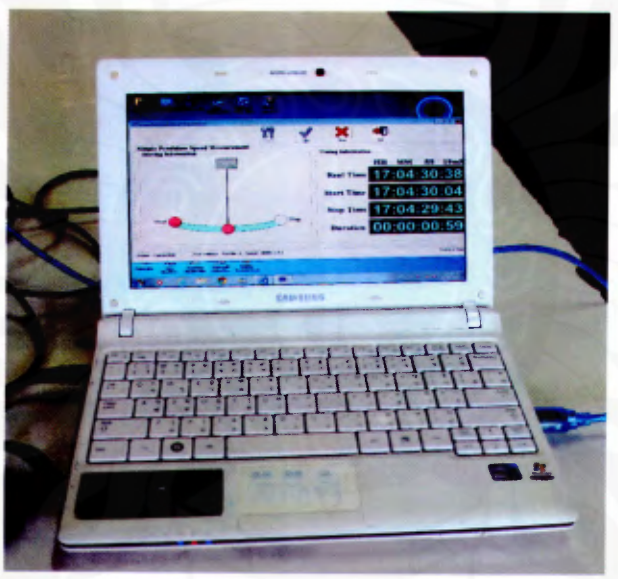
ภาพที่ 13 ชุดวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์



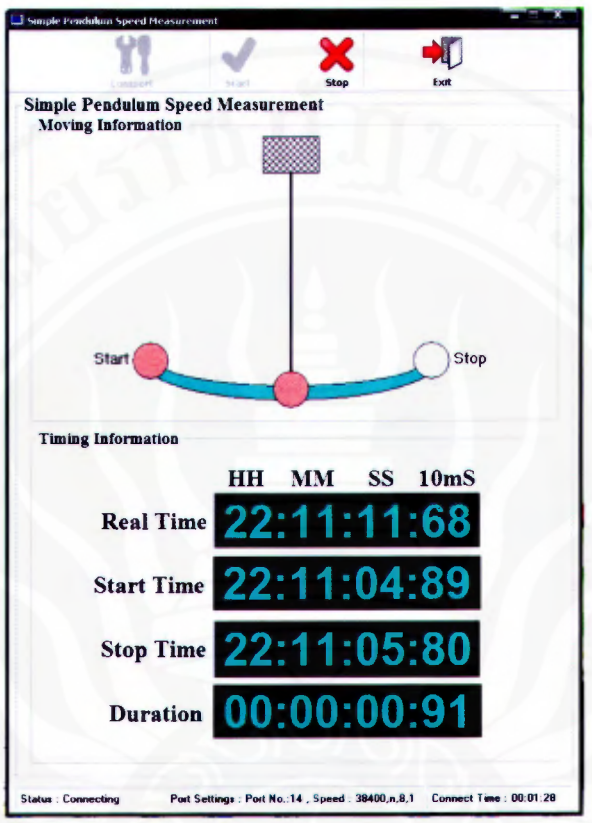
ภาพที่ 14 พอร์ตเชื่อมต่อสัญญาณ

ภาพที่ 15 สวิตซ์เปิด-ปิด

4. การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลใช้คำสั่งการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic ซึ่งเขียนชุดคำสั่งโดยผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงในภาคผนวก

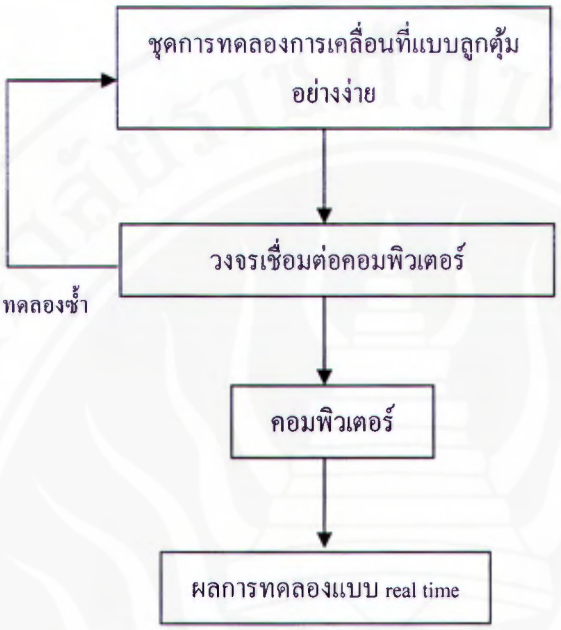


ภาพที่ 16 การแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์



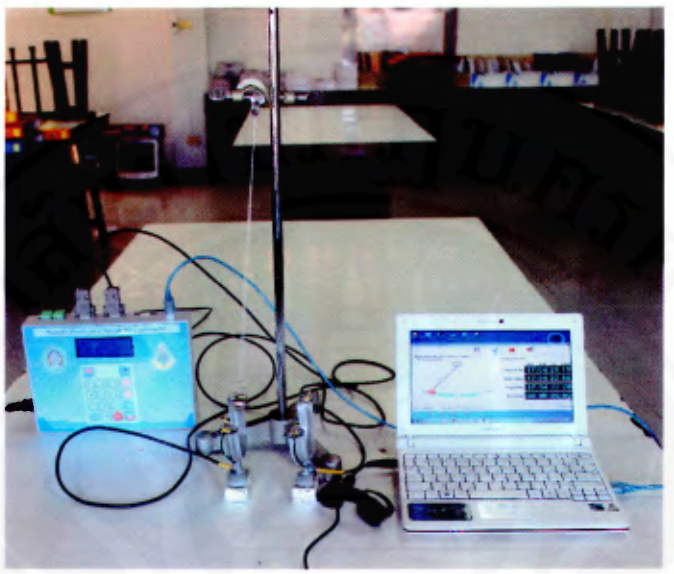
ภาพที่ 17 รายละเอียดการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

5. เชื่อมต่อชุดทดลองวัดคาบการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มอย่างง่ายกับวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่แสดงผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีวิธีการดำเนินการ โดยการเตรียมชุดทดลอง ซึ่งประกอบด้วย ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย และวงจรเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ ติดตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 แผนผังการทำงานของชุดทดลองอินเตอร์เฟสคอมพิวเตอร์การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม
อย่างง่าย

6. ทำการทดลองวัดคาบการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มอย่างง่ายและนำเสนอผลการทดลองในรูปกราฟด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2



ภาพที่ 19 การประกอบชุดทดลองเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย

6.1 ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับมุมเริ่มต้น โดยให้ความยาวแขนของลูกตุ้มเท่ากับ 0.20 m ปรับเชือกให้เอียงทำมุม 5° กับแนวดิ่งแล้วปล่อยลูกตุ้มให้เคลื่อนที่ผ่านวงจรส่งและตรวจจับแสง เปลี่ยนความยาวแขนของลูกตุ้มเป็น 0.25, 0.30, 0.35 จนถึง 0.80 m โดยเพิ่มขึ้นครั้งและ 0.05 m แล้วทำการทดลองเหมือนเดิม

6.2 แสดงผลการทดลองที่ได้จากข้อ 6.1 ด้วยกราฟแสดงคาบของการเคลื่อนที่ (T) เปรียบเทียบกับความยาวแขนของลูกตุ้ม (l) ด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2 โดยใช้เทคนิค least square fit ใช้คำสั่งดังนี้

```
-->clf;
-->x=(0.2:0.05:0.8)'
-->y=[0.94;1.03;1.11;1.20;1.28;1.34;1.42;1.49;1.60;1.65;1.71;1.77;1.83]
-->plot2d(x,y,0)
-->X=[x.^2 x ones(x)]
-->a=X\y
-->xx=[0:0.05:1]'
-->yy=a(1)*xx.^2+a(2)*xx+a(3)
-->plot2d(xx,yy)
-->xgrid([1])
```

```
-->xtitle('Simple Pendulum','Length(m)','Period(s)')
```

6.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T^2 กับ l ด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2 โดยใช้เทคนิค least square fit ใช้คำสั่งดังนี้

```
-->clf;
-->x=(0.2:0.05:0.8)'
-->y=[0.94;1.03;1.11;1.20;1.28;1.34;1.42;1.49;1.60;1.65;1.71;1.77;1.83]
-->y^2
-->plot2d(x,y^2,0)
-->X=[x ones(x)]
-->a=X\y^2
-->xx=[0:0.05:1]'
-->yy=a(1)*xx+a(2)
-->plot2d(xx,yy)
-->xgrid([1])
-->xtitle('Simple Pendulum','l (m)','T^2 (s^2)')
```

6.4 หาความชันและค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ที่ได้จากการทดลอง โดยโปรแกรม Scilab 5.3.2 ใช้คำสั่ง ดังนี้

```
-->x=(0.2:0.05:0.8)'
-->y=[0.94;1.03;1.11;1.20;1.28;1.34;1.42;1.49;1.60;1.65;1.71;1.77;1.83]
-->y^2
-->plot2d(x,y^2,0)
-->X=[x ones(x)]
-->a=X\y^2
-->xx=[0:0.05:1]'
-->yy=a(1)*xx+a(2)
-->yy/xx
-->xx=[0:0.05:1];
-->yy=a(1)*xx+a(2);
-->yy/xx
-->g=(4*%pi^2)/(yy/xx)
```

6.5 ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับมุมเริ่มต้นที่มีค่าน้อยๆ โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 6.1 โดยเปลี่ยนมุมเริ่มต้นเป็น 3° 7° และ 9°

6.6 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากข้อ 6.5 ด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2 โดยใช้เทคนิค least square fit ใช้คำสั่งดังนี้

```
-->clf;
-->x=(0.2:0.05:0.8)'
-->y=[0.94;1.03;1.11;1.20;1.28;1.34;1.42;1.49;1.60;1.65;1.71;1.77;1.83]
-->z=[0.93;1.03;1.11;1.20;1.28;1.34;1.42;1.49;1.60;1.65;1.71;1.77;1.83]
-->m=[0.93;1.03;1.11;1.20;1.28;1.34;1.43;1.49;1.60;1.65;1.71;1.77;1.83]
-->n=[0.94;1.03;1.11;1.21;1.28;1.34;1.43;1.49;1.60;1.65;1.71;1.77;1.83]
-->plot2d(x,y,0)
-->plot2d(x,z,-1)
-->plot2d(x,m,-2)
-->plot2d(x,n,-9)
-->X=[x.^2 x ones(x)]
-->a=X\y
-->b=X\z
-->c=X\m
-->d=X\n
-->xx=[0:0.05:1]'
-->yy=a(1)*xx.^2+a(2)*xx+a(3)
-->zz=b(1)*xx.^2+b(2)*xx+b(3)
-->mm=c(1)*xx.^2+c(2)*xx+c(3)
-->nn=d(1)*xx.^2+d(2)*xx+d(3)
-->plot2d(xx,yy)
-->plot2d(xx,zz,2)
-->plot2d(xx,mm,3)
-->plot2d(xx,nn,5)
-->xgrid([1])
-->xtitle('Simple Pendulum','l (m)','T(s)')
```

6.7 ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับมุมเริ่มต้นที่มีขนาดโตขึ้น ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 6.1 โดยเปลี่ยนมุมเริ่มต้นเป็น 5° 15° และ 25° ใช้ลูกตุ้มไม้ทรงกลม มวล 4.10 g

6.8 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากข้อ 6.7 ด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2 โดยเทคนิค least square fit ใช้คำสั่งดังนี้

```
-->clf;
-->x=(0.2:0.05:0.8)'
-->y=[0.92;1.02;1.12;1.21;1.28;1.36;1.43;1.50;1.57;1.63;1.69;1.75;1.82]
-->z=[0.92;1.02;1.12;1.21;1.29;1.36;1.44;1.50;1.57;1.63;1.69;1.75;1.82]
-->m=[0.92;1.03;1.13;1.23;1.31;1.38;1.46;1.54;1.60;1.65;1.72;1.78;1.85]
-->plot2d(x,y,0)
-->plot2d(x,z,-2)
-->plot2d(x,m,-4)
-->X=[x.^2 x ones(x)]
-->a=X\y
-->b=X\z
-->c=X\m
-->xx=[0:0.05:1]'
-->yy=a(1)*xx.^2+a(2)*xx+a(3)
-->zz=b(1)*xx.^2+b(2)*xx+b(3)
-->mm=c(1)*xx.^2+c(2)*xx+c(3)
-->plot2d(xx,yy)
-->plot2d(xx,zz,5)
-->plot2d(xx,mm,3)
-->xgrid([1])
-->xtitle('Simple Pendulum','Length(m)','Period(s)')
```

6.9 หาความสัมพันธ์ระหว่างคาบของการแกว่งกับมวลของลูกตุ้ม โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 6.1 โดยใช้ลูกตุ้มเหล็กทรงกลม มวล 69 กรัม ลูกตุ้มเหล็กทรงกระบอก มวล 32.10 กรัม และลูกตุ้มไม้ทรงกลม มวล 4.10 กรัม

6.10 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากข้อ 6.9 ด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2 ด้วยเทคนิค least square fit ใช้คำสั่งดังนี้

```
-->clf;
-->x=(0.2:0.05:0.8)'
-->y=[0.94;1.03;1.11;1.20;1.28;1.34;1.42;1.49;1.60;1.65;1.71;1.77;1.83]
-->z=[0.93;1.06;1.14;1.22;1.31;1.38;1.44;1.52;1.60;1.66;1.72;1.77;1.84]
-->m=[0.92;1.02;1.12;1.21;1.28;1.36;1.43;1.50;1.57;1.63;1.69;1.75;1.82]
-->plot2d(x,y,-9)
-->plot2d(x,z,-7)
-->plot2d(x,m,-2)
-->X=[x.^2 x ones(x)]
-->a=X\y
-->b=X\z
-->c=X\m
-->xx=[0:0.05:1]'
-->yy=a(1)*xx.^2+a(2)*xx+a(3)
-->zz=b(1)*xx.^2+b(2)*xx+b(3)
-->mm=c(1)*xx.^2+c(2)*xx+c(3)
-->plot2d(xx,yy)
-->plot2d(xx,zz,2)
-->plot2d(xx,mm,3)
-->xgrid([1])
-->xtitle('Simple Pendulum','l(m)','T(s)')
```

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาบการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่ายด้วย Scilab 5.3.2

1. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงคาบการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่ายด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2 โดยใช้ค่า g ละติจูดเท่ากับ 9.781 m/s^2 ด้วยคำสั่งในโปรแกรม Scilab 5.3.2 ดังนี้

```
-->clf;
-->L=(0:0.05:1);
-->g=9.781;
-->T=2*(22/7)*sqrt(L/g)
-->plot2d(L,T)
-->xgrid([1])
-->xtitle('Simple Pendulum period versus length','l(m)','T(s)')
```

2. สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T^2 กับ l ด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2 ใช้คำสั่ง ดังนี้

```
-->clf;
-->L=(0:0.05:1);
-->g=9.781;
-->T=2*(22/7)*sqrt(L/g)
-->plot2d(L,T^2)
-->xgrid([1])
-->xtitle('Simple Pendulum period^2 versus length','l(m)','T^2(s^2)')
```

3. หาค่าความชันที่ได้จากกราฟในข้อ 2 ด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2 ใช้คำสั่ง ดังนี้

```
-->clf;
-->L=(0.2:0.05:0.8);
-->g=9.781;
-->T=2*(22/7)*sqrt(L/g)
-->(T^2)/L
```

การเปรียบเทียบผลการทดลองเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์วัดคาบการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่ายกับผลการจำลองทางคณิตศาสตร์คาบการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย

1. เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองและการจำลองเชิงตัวเลขแล้วแสดงเป็นกราฟด้วยโปรแกรม Scilab 5.3.2 โดยนำผลที่ได้จากการทดลองวัดคาบการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่ายยกกำลังสองเปรียบเทียบกับความยาวแขนของลูกตุ้ม โดยให้มวลของลูกตุ้มคงที่ คาบเริ่มต้นของการแกว่งคงที่เท่ากับ 5° ความยาวเชือกเท่ากับ 0.20 – 0.80 m และเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.05 m เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการจำลองด้วยคำสั่งดังนี้

```
-->x=(0.2:0.05:0.8)'
-->y=[0.94;1.03;1.11;1.20;1.28;1.34;1.42;1.49;1.60;1.65;1.71;1.77;1.83]
-->y^2
-->plot2d(x,y^2,0)
-->X=[x ones(x)]
-->a=X\y^2
-->xx=[0:0.05:1]'
-->yy=a(1)*xx+a(2)
-->plot2d(xx,yy,6)
-->xgrid([1])
-->xtitle('Simple Pendulum','l','T^2')
-->L=(0:0.05:1);
-->g=9.781;
-->T=2*(%pi)*sqrt(L/g)
-->plot2d(L,T^2)
```

2. นำค่าความชัน (m) และค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองและการจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยสมการ

$$\%\text{diff} = \left|\frac{\text{theoretical} - \text{measured}}{\text{theoretical}}\right| \times 100\%$$