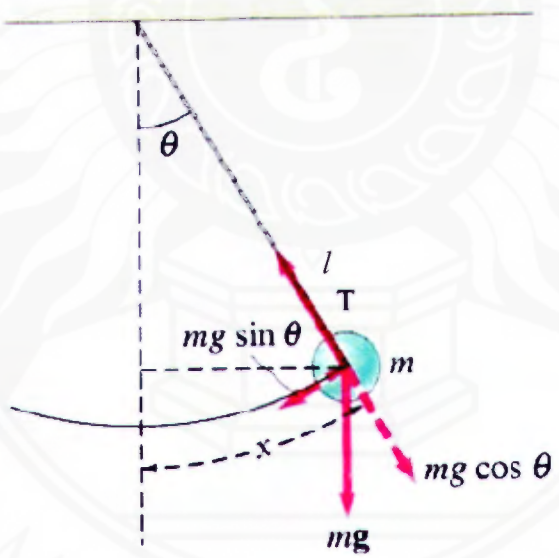
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่ายโดยการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และการจำลองทางคณิตศาสตร์ มีการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย การเชื่อมต่อชุดทดลองกับคอมพิวเตอร์และการจำลองทางคณิตศาสตร์

การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย

ลูกตุ้มอย่างง่าย (simple pendulum) ประกอบด้วยมวลขนาดเล็กตามอุดมคติเป็นจุดแขวนที่ปลายด้ายหรือเชือกอ่อน โดยธรรมชาติวัตถุแขวนห้อยในแนวดิ่งเป็นตำแหน่งสมดุล เมื่อดึงวัตถุให้เอียงทำมุมเล็ก ๆ กับแนวดิ่งแล้วปล่อย วัตถุจะเคลื่อนที่กลับไปมาซ้ำทางเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ดังรูป



ภาพที่ 2 การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย
ที่มา : จิแอนโคลี (Giancoli, 2000, 372)

ขณะที่ลูกตุ้มมวล m ที่ผูกกับเส้นเชือกยาว l เอียงทำมุม θ กับแนวดิ่ง มีแรงสองแรงกระทำต่อมวล m คือน้ำหนักของลูกตุ้ม mg และแรงดึงในเส้นเชือก T ทำมุม θ กับแนวดิ่ง ดังภาพที่ 2

เนื่องจากแรง mg สามารถคิดแยกออกเป็นสองแรงในแนวตั้งฉากกัน ดังภาพที่ 2 จะเห็นว่าแรง $mg\sin\theta$ เป็นแรงที่ดึงมวล m กลับสู่ตำแหน่งสมดุล ให้แรงนี้เป็นแรง F คือ

$$F = -mg\sin\theta$$

ถ้า θ เป็นมุมเล็กๆ (ค่าของมุมที่ทำให้ $\sin\theta \approx \tan\theta$) การเคลื่อนที่โค้งประมาณได้ว่าเป็นเส้นตรง มีขนาดการกระจัด x และ $\sin\theta = \frac{x}{l}$ จะได้

$$F = -mg\frac{x}{l}$$

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน $F = ma$ จะได้

$$-mg\frac{x}{l} = ma$$

$$a = -\frac{g}{l}x$$

จะเห็นว่า ความเร่งของลูกตุ้มแปรผันตรงกับการกระจัดและมีทิศทางตรงกันข้าม การแกว่งของลูกตุ้มจึงเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิกด้วย

การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกเป็นการเคลื่อนที่แบบแกว่งชนิดหนึ่ง โดยมีสมการการเคลื่อนที่ตามสมการ (1)

$$x = A\sin(\omega t + \varphi) \tag{1}$$

เมื่อ x, A, ω, t และ φ คือ การกระจัด แอมพลิจูด ความเร็วเชิงมุม เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และเฟส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ครบรอบเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ คือ คาบ (T) สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้เป็นสมการ (2)

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \tag{2}$$

กรณีของลูกตุ้มอย่างง่ายเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 2 จะได้สมการ

$$-mg\sin\theta = m\frac{d^2s}{dt^2} \tag{3}$$

เมื่อ $s = l\theta$ และ l คงที่ สามารถเขียนสมการ (3) ใหม่ได้เป็น (4)

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\sin\theta \tag{4}$$

เมื่อพิจารณา θ น้อยๆ จะได้ว่า sinθ ใกล้เคียง θ และ $\frac{d^2\theta}{dt^2} = \omega$ จึงสามารถเขียนสมการ (4) ใหม่ได้เป็นสมการ (5)

$$\omega = \sqrt{\frac{l}{g}} \tag{5}$$

จากสมการ (2) และสมการ (5) จะได้

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{6}$$

สามารถนำความสัมพันธ์จากสมการ (6) ไปหาค่า g ได้

ถ้ามุมการแกว่งกว้าง จะไม่ถือว่าเป็นการแกว่งแบบซิมเปิลฮาร์โมนิก บางครั้งถ้ามุมการแกว่งไม่กว้างเกินไป สามารถประมาณคาบการแกว่งได้จากสมการ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}(1 + \frac{1}{16}\theta_0^2 + \frac{11}{3072}\theta_0^4 + \frac{173}{737280}\theta_0^6 + ...)} \tag{7}$$

(Simpson, 2010)

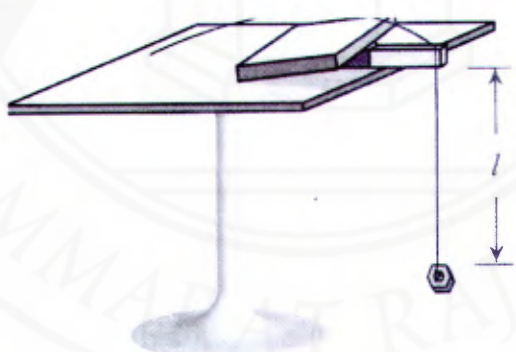
ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย

1. การทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่ายตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สสวท., 2553) ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การทดลอง 4.4 **ลูกตุ้มอย่างง่าย**

จุดประสงค์ เพื่อหาความเร่งโน้มถ่วงของโลก g

วิธีทดลอง



ภาพที่ 3 การจัดอุปกรณ์ทดลอง

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553, 161)

1) ทำลูกตุ้มอย่างง่าย โดยใช้นอตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 cm ผูกสายเอ็นยาวประมาณ 1 m ใช้ไม้หนีบ (สำหรับหนีบเสื้อ) หนีบอีกปลายหนึ่งของเส้นเอ็นยึดไม้หนีบกับขอบโต๊ะให้นอตห้อยอยู่ในแนวดิ่ง ความยาวของเส้นเอ็น (l) ให้วัดจากจุดแขวนถึงศูนย์กลางของนอต

2) แกว่งนอตและจับเวลาการแกว่งเพื่อหาคาบ (T) โดยเปลี่ยนความยาวของเส้นเอ็นต่างกัน 6 ค่า การจับเวลาแต่ละครั้งให้จับเวลาเมื่อนอตแกว่งครบ 30 รอบ หาค่าเฉลี่ยของเวลาครบ 30 รอบ แล้วจึงหาคาบ

3) เขียนกราฟระหว่าง T^2 กับ (l) โดยให้ T^2 อยู่บนแกนตั้ง (l) อยู่บนแกนนอน (เพราะสาเหตุใดจึงเขียนกราฟระหว่าง T^2 กับ (l))

หาค่า g จากความชันของกราฟ และประมาณค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นไปได้ g ที่ได้จากการทดลองเป็นเท่าใด

2. การทดลองเพนดูลัมโดย ธเนศ สินธุ์ประจิม (2552, 36-44) ได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม สำหรับนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ดังนี้

การทดลอง **เพนดูลัม**

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
2. สามารถหาค่าคงที่โน้มถ่วงได้

อุปกรณ์

1. ชุดทดลองเพนดูลัม

ทฤษฎี

การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกเป็นการเคลื่อนที่แบบแกว่งชนิดหนึ่ง โดยมีสมการการเคลื่อนที่ตามสมการ

$$x = A\sin(\omega t + \varphi)$$

เมื่อ x, A, ω, t และ φ คือ การกระจัด แอมพลิจูด ความเร็วเชิงมุม เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และเฟส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ครบรอบเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ คือ คาบ (T) สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้เป็นสมการ

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

กรณีของเพนดูลัมเมื่อพิจารณาจะได้สมการ

$$-mg\sin\theta = m\frac{d^2s}{dt^2}$$

เมื่อ $s = l\theta$ และ l คงที่ สามารถเขียนสมการใหม่ได้เป็น

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\sin\theta$$

เมื่อพิจารณา θ น้อยๆ จะได้ว่า $\sin\theta$ ใกล้เคียง θ และ $\frac{d^2\theta}{dt^2} = \omega$ จึงสามารถเขียนสมการ ใหม่ได้เป็นสมการ

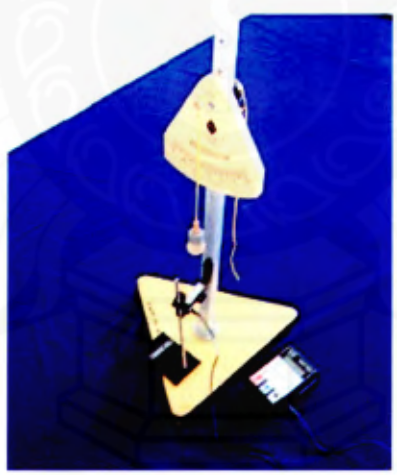
$$\omega = \sqrt{\frac{l}{g}}$$

จะได้

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

วิธีทดลอง

1) ติดตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชุดทดลองเพนดูลัม

ที่มา : ธเนศ สินธุ์ประจิม (2552, 42)

2) ปรับความยาวเชือกห้อยลูกตุ้มให้ยาว 30 cm โดยใส่เฉพาะลูกตุ้มอย่างเดียวไม่ต้องมีห่วงเหล็ก ดึงเชือกให้ทำมุม 15° แล้วปล่อยให้แกว่ง จับคาบในการเคลื่อนที่โดยใช้โฟโต้เกตและสมาร์ทไทเมอร์ บันทึกผล

3) เปลี่ยนเป็นมุม 20° 25° 30° แล้วทดลองเหมือนเดิม

4) ที่ค่ามุมเท่ากับ 30° ความยาวเชือก 30 cm เท่าเดิม ให้เพิ่มห่วงเหล็กลงไป 3 ห่วงแล้วแกว่งเพื่อหาคาบการเคลื่อนที่เช่นเดิม จากนั้นจึงเพิ่มห่วงลงไปครั้งละ 3 ห่วง ทดลองเหมือนเดิม

5) ที่ลูกตุ้มรวมกับห่วง 3 ห่วง ทดลองโดยเปลี่ยนความยาวเชือกจาก 30 cm เป็น 40 cm 50 cm 60 cm และ 70 cm ตามลำดับ โดยให้มุมเท่ากับ 30°

6) เขียนกราฟระหว่าง T กับ θ, T กับ m, T กับ l, และ T^2 กับ l โดยให้ T อยู่แกนตั้งเสมอ

7) จากกราฟ T^2 กับ l หาค่าความชันของกราฟเพื่อใช้ค่า g โดยพิจารณาสมการของเส้นตรง

$$y = mx + c$$

เทียบกับสมการยกกำลัง 2 จะได้

$$T^2 = \left(4\pi^2\right)\frac{l}{g}$$

หรือ

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{g}\right)l$$

จะได้

$$m = \frac{4\pi^2}{g}$$

$$g_{Exp} = \frac{4\pi^2}{m}$$

8) เปรียบเทียบค่า g ที่ได้จากการทดลองกับค่าทฤษฎีโดยการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากสมการ

$$\% = \frac{\left(g_{The} - g_{Exp}\right)}{g_{The}} \times 100$$

การเชื่อมต่อชุดทดลองกับคอมพิวเตอร์

วงจรอินเตอร์เฟส เป็นระบบเชื่อมโยงที่รวบรวมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ มาใช้ในการทดสอบค่าความเปลี่ยนแปลงหรือความแตกต่างของสัญญาณแอนะลอก แล้วทำการแสดงผลที่ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถนำผลการประมวลไปเก็บไว้และนำไปควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ โดยการทำงานผ่านระบบสัญญาณรับเข้า (data acquisition system) ระบบควบคุมอุปกรณ์ภายนอก (control system) ระบบเชื่อมโยง (interface system) และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (computer language)

จะเห็นได้ว่าเมื่อออกแบบอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการวัดคาบการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มอย่างง่าย และสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขจำลองปัญหาฟิสิกส์ ก็จะทำให้สามารถบันทึกผลการทดลองและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองทางฟิสิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการเชื่อมต่อชุดทดลองกับไมโครคอมพิวเตอร์และสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขจึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถใช้งานเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หรือเครื่องมือภายนอก (external equipment) ต่างๆ ได้ เพื่อทำการวัดปริมาณทางกายภาพและส่งผลกลับในการควบคุมปริมาณทางกายภาพ หรืออาจจะเป็นการประยุกต์ใช้ในการควบคุมรักษาความปลอดภัยให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคาร เช่น การควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร การควบคุมการทำงานของลิฟท์ขึ้นลง การควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ การควบคุมหรือวัดอุณหภูมิ เป็นต้น

การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานควบคุมนั้น สิ่งแรกที่จะต้องมี คือ ส่วนของสัญญาณอินพุต ซึ่งอาจจะมาจากตัวตรวจจับต่างๆ ผ่านวงจรภาคหน้าเพื่อเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณอินพุตให้เหมาะสมกับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เมื่อข้อมูลอินพุตถูกส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้มาเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมก่อนที่จะส่งออกไปยังภายนอก ผ่านอุปกรณ์เอาต์พุตต่างๆ ซึ่งอาจจะเป็นการส่งออกไปยังจอภาพ หรือส่งออกไปยังจุดเชื่อมต่ออื่นๆ เพื่อควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุตต่อไป (พาณิชย์ อินต๊ะ, 2548, หน้า 76-81)

ในการส่งข้อมูลออกไปนั้นจะส่งเป็นรูปแบบของเลขฐานสอง เช่น 01101100_2 ซึ่งเลขแต่ละตัวจะแทนด้วย 1 bit อาจเป็น 8 bit หรือ 16 bit ขึ้นอยู่กับระบบนั้นๆ โดยผ่านพอร์ตของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ถ้าหากเป็นการต่อจากพอร์ตเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นพอร์ตอนุกรม (serial port) หรือพอร์ตขนาน (parallel port) สัญญาณที่ถูกส่งออกมาจะมีระดับแรงดันไฟฟ้า ดังนี้

- serial port (RS-232) 3 VDC ถึง 25VDC

- parallel port (printer port) 5 VDC (TTL) ต่อ 1 bit

จะเห็นได้ว่าระดับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากพอร์ตทั้งสองนั้นสามารถที่จะนำไปควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ภายนอกได้ เช่น พอร์ตขนาน (printer port) ระดับแรงดันไฟฟ้า 5VDC สามารถนำมาใช้ในการขับรีเลย์ ทรานซิสเตอร์ หลอดไฟ หรือ LED ให้ทำงานได้โดยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปควบคุมการทำงานของพอร์ตขนาน เป็นต้น

การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกทั้งส่วนของอินพุต และเอาต์พุต สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. พอร์ตต่อกับคีย์บอร์ด หรืออาจเรียกกันว่า PS/2, mini-DIN

2. พอร์ตต่อเมาส์ หรืออาจเรียกกันว่า PS/2, mini-DIN

3. พอร์ตต่อจอภาพ

4. พอร์ตต่ออนุกรม อาจเรียก serial port, com port (COM1, COM2) ใช้ในระบบติดต่อสื่อสาร RS-232

5. พอร์ตต่อขนาน อาจเรียก parallel port เช่น printer port เป็นพอร์ตต่อขนานชนิดหนึ่งที่ใช้ต่อพ่วงกับเครื่องพิมพ์

6. พอร์ตต่อจอยสติก

7. พอร์ตต่อโมเด็ม ตัวคอนเน็กเตอร์จะเป็นประเภทเดียวกับสายสัญญาณโทรศัพท์

8. พอร์ต USB (universal serial bus) เป็นพอร์ตรุ่นใหม่ที่สามารถพ่วงอุปกรณ์ได้มาก เช่น เมาส์ คีย์บอร์ด โมเด็ม กล้องดิจิตอล เป็นต้น

9. พอร์ตเชื่อมต่อระบบเครือข่าย จะมีอยู่ในการ์ดแลนด์ เรียกว่า พอร์ต RJ-45

10. พอร์ต SCSI (small computer system interface) มักใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ต้องการความเร็วสูง เช่น ฮาร์ดดิสก์ที่ต้องการความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลสูง

เมื่อเลือกการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแล้วลำดับต่อไปจะต้องเลือกระบบสำหรับใช้ติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก โดยจะต้องเลือกระบบสื่อสารให้ตรงกับฮาร์ดแวร์ที่เลือกใช้ ซึ่งระบบสื่อสารต่าง ๆ มีดังนี้

1. USB (universal serial port) รวมถึง firewire (IEEE-1348) เป็นระบบติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบใหม่ที่มีความเร็วสูง เป็นระบบที่ติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์หรือคอมพิวเตอร์กับฮาร์ดแวร์ ซึ่ง USB1 ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อแทนการติดต่อแบบ RS-232 และ centronics printer ports ซึ่งอุปกรณ์โมเด็มปัจจุบันได้เลือกใช้ระบบสื่อสารชนิดนี้ หรืออุปกรณ์ตัว

อื่นๆ เป็นต้น firewire ได้ถูกออกแบบเพื่อรองรับการสื่อสารสำหรับข้อมูลที่เป็นสัญญาณภาพ เสียง วีดีโอ

2. microwire, SPI, I^2C interface การติดต่อสื่อสารเป็นแบบ synchonous serial เหมาะสำหรับใช้ในระยะสั้นๆ โดยสายสัญญาณของระบบนี้จะใช้เพียง 2 เส้นเท่านั้น ดังนั้นจึงเหมาะสมกับระบบที่มีทรัพยากรในการควบคุมจำกัด ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (single chip microcontroller) ที่มีพอร์ตจำนวนไม่มากมักนิยมใช้ระบบนี้ในการควบคุมและติดต่อสื่อสาร

3. ethernet ใช้ติดต่อสื่อสารในระบบเครือข่ายหรือระบบ LAN ซึ่งเป็นระบบที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อกันในเครือข่ายหลายตัว เป็นระบบที่มีความเร็วสูงและความจุ แต่ละอุปกรณ์ (hardware) และโปรแกรม (software) ซึ่งจะมีความซับซ้อน อีกทั้งราคาสูงกว่าระบบการติดต่อสื่อสารแบบอื่นๆ

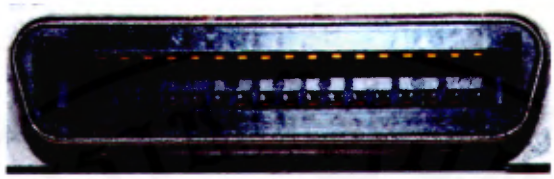
4. centronics parallel printer port interface สามารถส่งข้อมูลได้หลายบิตสำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างพีซีกับเครื่องพิมพ์ เครื่องสแกนเนอร์ เครื่องเก็บข้อมูลแบบภายนอก (data accquisition devices) เป็นต้น

5. IrDA (interface data association) เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้แสงอินฟราเรด ซึ่งใช้ได้ในระยะทางสั้นๆ ในสถานที่ที่จำกัดซึ่งไม่สามารถติดตั้งสายเคเบิลได้ หรือในสถานที่ที่ต้องการความสะดวกสบาย เช่น รีโมตทีวี หรือวีดีโอ เมาส์ หรือ คีย์บอร์ดอินฟราเรด เป็นต้น

6. MIDI (musical instrument digital interface) ใช้สำหรับการสื่อสารแบบอนาลอกในเครื่องมือด้านเครื่องเสียง เครื่องมือด้านดนตรี (ซินติไซเซอร์ / เปอร์คัตชั่น / กีตาร์เอฟเฟ็ก) เครื่องมือควบคุมเสียงในโรงภาพยนตร์ (มิกเซอร์ / อีควอไลเซอร์ / เอฟเฟ็กต่างๆ)

พอร์ตเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

1. พอร์ตขนาน (parallel port) (ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ parallel port, 13 กันยายน 2553) เป็นพอร์ตที่มีการรับส่งข้อมูลเป็นแบบขนาน และนิยมต่อพ่วงกับเครื่องพิมพ์ ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกตามความนิยมอีกชื่อว่าว่า พอร์ตเครื่องพิมพ์ (printer port) พอร์ตขนานมีการรับ/ส่งข้อมูลแบบขนาน จึงทำให้มีอัตราการรับ/ส่งข้อมูลแบบอนุกรมประมาณ 8-10 เท่า และการประมวลผลข้อมูลส่วนใหญ่จะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นพอร์ตขนานสามารถประยุกต์นำมาใช้ในการรับ/ส่งข้อมูล 8 บิตได้โดยไม่จำเป็นต้องสร้างฮาร์ดแวร์เพิ่มเติมใดๆ



ภาพที่ 5 หัวต่อ DB-25 ขา

สายสัญญาณเชื่อมโยงระหว่างพอร์ตเครื่องพิมพ์แบบขนานจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ภายนอก ด้านพอร์ตเครื่องพิมพ์แบบขนานจะเป็นหัวต่อแบบ DB-25 ขา ดังแสดงในภาพที่ 5

จะเห็นได้ว่าการนำพอร์ตขนานมาใช้งานด้านการควบคุมฮาร์ดแวร์ภายนอกจะมีความสะดวก ประหยัด และได้ความเร็วในการเชื่อมต่อในระดับที่น่าพอใจ นอกจากนั้นหากนำคุณสมบัติของการเขียนโปรแกรมง่ายๆ ผ่านระบบปฏิบัติการวินโดว์ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic (VB) จะสามารถสร้างระบบการเชื่อมต่อที่สมบูรณ์ใช้งานได้ง่าย

2. พอร์ตอนุกรม (serial port) (ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม, 8 มกราคม 2553) การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต โดยมีรูปแบบการรับส่งที่เป็นมาตรฐาน ต้องมีการตรวจสอบความพร้อมในการรับและส่งข้อมูลของตัวส่งและตัวรับ การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีข้อดีในเรื่องของจำนวนสายสัญญาณที่น้อยมากและไม่ แปรผันตามจำนวนบิตของข้อมูล ระยะทางในการรับส่งข้อมูลสูงกว่าแบบขนานมาก โดยปกติถ้าเป็นพอร์ตอนุกรม RS-232C จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุตโดยประมาณ

การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา ข้อมูล และกราวด์

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือ การรับและส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราบอด หรือบอดเรต (baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

ตำแหน่งแอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมีตำแหน่งดังนี้คือ

COM1 มีแอดเดรสพื้นฐาน (base) อยู่ที่ 3F8H

COM2 มีแอดเดรสพื้นฐาน (base) อยู่ที่ 2F8H

COM3 มีแอดเดรสพื้นฐาน (base) อยู่ที่ 3E8H

COM4 มีแอดเดรสพื้นฐาน (base) อยู่ที่ 2E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออสจะทำการตรวจสอบตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์

เครื่องคอมพิวเตอร์ PC โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรม RS-232 สูงสุดได้ 4 พอร์ต ซึ่งจะมีชื่อเรียกเป็น COM1 COM2 COM3 และ COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวจะใช้ UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

3. พอร์ตยูเอสบี (USB port) USB ย่อมาจาก universal serial bus เมื่อแปลความหมายแบบตรงตัวก็จะได้ความหมายว่า บัสอนุกรมอเนกประสงค์ มีคุณสมบัติทางเทคนิคโดยสรุปดังนี้

1) สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์หลาย ๆ ชนิดรวมเข้าสู่คอนเน็กเตอร์ตัวเดียว สูงสุด 127 ตัว (ไม่รวมอุปกรณ์มาสเตอร์)

2) ไม่เกิดการขัดแย้งกันของการเข้าใช้ทรัพยากรของระบบ (IRQ)

3) ตรวจสอบการเชื่อมต่อและตั้งค่าการทำงานต่าง ๆ อัตโนมัติ ระหว่างที่เครื่องกำลังทำงานอยู่

4) ความเร็วในการถ่ายทอดข้อมูลจะขึ้นอยู่กับมาตรฐาน มีรายละเอียดดังนี้

มาตรฐาน USB 1.0/1.1 มีอัตราในการถ่ายทอดข้อมูลความเร็วต่ำ (low speed) เท่ากับ 1.5 เมกะบิตต่อวินาที (Mbit/sec) และความเร็วเต็มที่ (full speed) เท่ากับ 12 เมกะบิตต่อวินาที (Mbit/sec)

มาตรฐาน USB 2.0 จะมีอัตราเร็วในการถ่ายทอดเพิ่มขึ้นอีก 1 ระดับคือ ความเร็วสูง (high speed) ซึ่งมีความเร็วสูงถึง 480 เมะบิตต่อวินาที

5) ที่ขาของพอร์ตยูเอสบีมีแรงดันไฟตรง +5V จ่ายออกมาด้วย ทำให้อุปกรณ์ต่อพ่วงที่ใช้พลังงานไม่มากนัก สามารถใช้แรงดันจากพอร์ตยูเอสบีนี้เป็นไฟเลี้ยงเพื่อทำงานได้ โดยไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกเพิ่มเติมอีก แต่กระแสไฟฟ้ารวมต้องไม่เกิน 100 มิลลิแอมป์

ยูเอสบี เป็นการส่งข้อมูลที่อุปกรณ์ทุก ๆ ตัวจะต้องส่งสัญญาณรวมกันไปในสายสัญญาณเพียงคู่เดียว ดังนั้นอุปกรณ์ทุกๆ ตัวที่เชื่อมต่อกับบัสจะต้องส่งข้อมูลเรียงลำดับกันไป

เพื่อไม่ให้เกิดการชนกันของข้อมูล ทำให้ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ จะมีข้อมูลวิ่งไปได้เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น ไม่สามารถรับและส่งข้อมูลไปในเวลาเดียวกันได้

จังหวะการรับส่งข้อมูลของยูเอสบีจะถูกควบคุมจากโฮสต์ (host) ซึ่งก็คือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นจุดรวมของอุปกรณ์ทุกตัวที่เชื่อมต่ออยู่ นั่นเอง การรับส่งข้อมูลจะถูกกำหนดเป็นเฟรม โดยทุกๆ 1 มิลลิวินาที (ms) จะเกิดการรับส่งข้อมูลขึ้น 1 เฟรม ในแต่ละเฟรมจะแบ่งย่อยออกเป็นแพ็กเก็ต (packet) เริ่มต้นการทำงานของแต่ละเฟรมโดยโฮสต์จะส่งสัญญาณเริ่มต้นเฟรมหรือ SOF (start of frame) ออกไปเพื่อให้อุปกรณ์ทุกตัวรู้จังหวะการเริ่มเฟรม หลังจากนั้นโฮสต์ก็จะเริ่มส่งหรือรับข้อมูลต่างๆ ตามที่ได้จัดลำดับความสำคัญไว้ โดยอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ภายในบัสจะต้องทำงานตามจังหวะที่โฮสต์กำหนดไว้เท่านั้น การส่งข้อมูลกลับไปยังโฮสต์จะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อได้รับการถามหรือร้องขอจากโฮสต์

ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่จำเป็นสำหรับระบบยูเอสบี มีดังนี้

1) ส่วนซอฟต์แวร์

1.1) ไดรเวอร์อุปกรณ์ยูเอสบี (USB device drivers)

1.2) ไดรเวอร์ยูเอสบี (USB driver)

1.3) ไดรเวอร์โฮสต์คอนโทรลเลอร์ (USB host controller driver)

2) ส่วนฮาร์ดแวร์

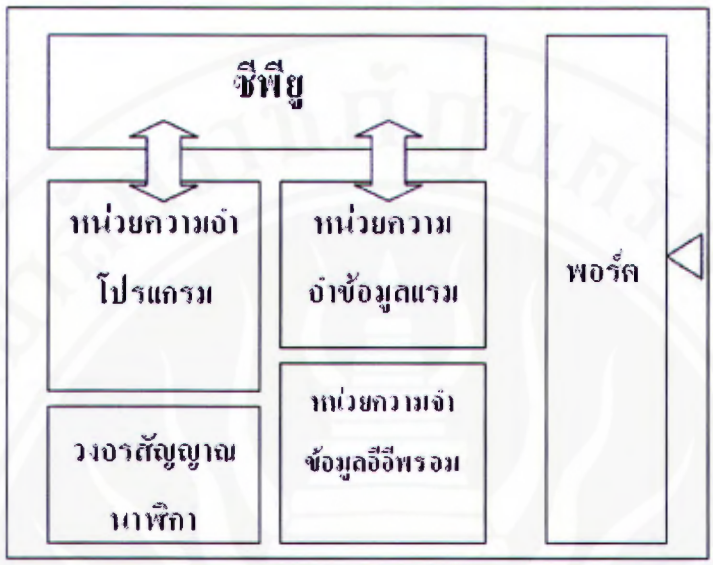
2.1) ยูเอสบีโฮสต์คอนโทรลเลอร์ (USB host controller) / รูตฮับ (root hub) ได้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์นั่นเอง

2.2) ยูเอสบีฮับ (USB hub) อาจไม่มีก็ได้ถ้าจำนวนช่องของพอร์ตยูเอสบี ที่คอมพิวเตอร์มีมากเพียงพอ

2.3) อุปกรณ์ยูเอสบี (USB device) มีให้เห็นมากมายทั้งพรินเตอร์ สแกนเนอร์ ฮาร์ดดิสก์ โมเด็ม เมาส์ คีย์บอร์ด และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) (เอกชัย มะการ, 2552) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่คนส่วนใหญ่คุ้นเคย กล่าวคือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักที่มีความสำคัญมากในระบบคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน โดยทำการบรรจุไว้ในตัวถังเดียวกัน



ภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบไปด้วย 5 ส่วน คือ

1) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : central processing unit)

2) หน่วยความจำ (memory) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำเก็บโปรแกรม (program memory) ทำหน้าที่คล้าย ๆ กับฮาร์ดดิสก์ในคอมพิวเตอร์ ข้อมูลไม่สูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง และหน่วยความจำข้อมูล (data memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลในการทำงานชั่วคราว ข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในคอมพิวเตอร์ทั่วไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรมซึ่งข้อมูลจะหายเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นแบบอีอีพรอม (EEPROM : erasable electrically programmable read-only memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือเรียกว่าพอร์ต (port) มีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ พอร์ตรับสัญญาณหรือพอร์ตอินพุต (input port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (output port) ส่วนนี้มีความสำคัญมากเนื่องจากใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกและอุปกรณ์ภายนอกเหล่านั้นนั่นเองที่เป็นสื่อกลางในการติดต่อกับมนุษย์ ยกตัวอย่างพอร์ตอินพุตใช้ต่อกับสวิตซ์เพื่อรับข้อมูลที่ผู้ใช้งานกดป้อนเข้ามาซึ่งเหมือนกับการใช้คีย์บอร์ดในการป้อนข้อความเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ พอร์ตเอาต์พุตใช้ต่อกับลำโพงเพื่อขับเสียง ต่อกับหลอดไฟเพื่อแสดงผล ต่อกับมอเตอร์เพื่อควบคุมการหมุน ต่อกับหน่วยความจำเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการเก็บข้อมูล หากเปรียบเทียบ

กับคอมพิวเตอร์พอร์ตเอาต์พุตก็คือส่วนที่ต่อกับเครื่องพิมพ์สำหรับพิมพ์ข้อมูลออกมาและส่วนที่ต่อกับจอมอนิเตอร์เพื่อแสดงภาพ เป็นต้น

4) เส้นทางสัญญาณหรือบัส (bus) การติดต่อแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต จะกระทำบนสายสัญญาณจำนวนมาก เรียกว่า เส้นทางสัญญาณหรือบัส โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (data bus) บัสแอดเดรส (address bus) และบัสควบคุม (control bus)

บัสข้อมูลเป็นสายสัญญาณที่บรรจุข้อมูลสำหรับการประมวลผลทั้งหมด ขนาดของบัสจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการประมวลผลของซีพียูและเทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นๆ สำหรับในงานทั่วไป ขนาดของบัสข้อมูลคือ 8 บิต และในปัจจุบันมีการพัฒนาไปถึง 16, 32 และ 64 บิตแล้ว บัสแอดเดรสเป็นสายสัญญาณที่บรรจุค่าตำแหน่งของหน่วยความจำ โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนั้น ซีพียูต้องกำหนดตำแหน่งที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน ซึ่งก็คือการกำหนดค่าแอดเดรส จำนวนสายสัญญาณของบัสแอดเดรสจึงต้องมีจำนวนมากและถ้ายิ่งมีมากเท่าใดจะเป็นการแสดงถึงความจุของหน่วยความจำที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นสามารถติดต่อได้สามารถคำนวณได้จาก

จำนวนแอดเดรสของหน่วยความจำ = 2^n โดยที่ n คือจำนวนสายสัญญาณ

ตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหนึ่งมีสายแอดเดรส 10 เส้น ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ 2^{10} = 1,024 ตำแหน่ง

หากต้องการทราบความจุของหน่วยความจำจริง ๆ จะต้องทราบถึงขนาดของบัสข้อมูลก่อนว่าเป็นเท่าไร หากเป็น 8 บิต ความจุของหน่วยความจำที่มีสายแอดเดรส 10 เส้น จะเท่ากับ 8 × 1024 = 8,192 บิต โดยปกตินิยมเรียกความจุของหน่วยความจำในหน่วยเป็นไบต์ (byte) หรือกิโลไบต์ (kilo byte : KB) มากกว่า โดย 1 ไบต์เท่ากับ 8 บิต และ 1 กิโลไบต์เท่ากับ 1,024 ไบต์ (ไม่ใช่ 1,000 เหมือนกับหน่วยวัดทั่วไป) ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาเป็นตัวอย่างจึงมีความจุของหน่วยความจำเท่ากับ 8,192 บิต หรือ 1,024 ไบต์ หรือ 1 กิโลไบต์

บัสควบคุมเป็นกลุ่มของสายสัญญาณควบคุมการติดต่อทั้งหมดของซีพียูกับหน่วยความจำและพอร์ตสำหรับสายสัญญาณควบคุมหลักได้แก่ สายสัญญาณเลือก-อ่าน-เขียนหน่วยความจำ สายสัญญาณเลือก - อ่าน – เขียนข้อมูลกับพอร์ต

5) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่งเนื่อง จากการทำงานทั้งหมดในไมโครคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะโดยใช้สัญญาณนาฬิกา หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจังหวะในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะถี่และมีมากตาม ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

อินฟราเรดเซ็นเซอร์

แสงอินฟราเรด (infrared sensor) (อินฟราเรดเซ็นเซอร์, 27 มกราคม 2553) คือ แสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าแสงสีแดงลงไป ดังนั้นจึงไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาของมนุษย์ ซึ่งคุณสมบัตินี้เองจึงทำให้ชนิดที่ใช้แสงอินฟราเรดเป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยจะอาศัยหลักการของการสะท้อนของแสง กล่าวคือใช้อุปกรณ์ส่งแสงเป็นแหล่งกำเนิดปล่อยแสงออกไป และเมื่อแสงกระทบกับวัตถุด้านหน้ามันก็จะสะท้อนแสงกลับมาเข้าที่ตัวรับแสง ส่วนอัตราของการสะท้อนกลับนั้นขึ้นอยู่กับสีและสภาพความมันของวัตถุที่สะท้อน เช่น สีดำจะมีอัตราการสะท้อนกลับน้อยกว่าสีขาว หรือสภาพพื้นที่ผิวที่มีความราบเรียบเป็นมันวาวจะสามารถสะท้อนแสงได้ดีกว่าพื้นที่ผิวที่มีลักษณะด้านและขรุขระ เป็นต้น

คุณสมบัติของแสงอินฟราเรด

1) แสงอินฟราเรดมีความถี่ 10^{11}-10^{14} เฮิร์ต และความยาวคลื่นตั้งแต่ 10^{-13}-10^{-6} เมตร

2) แสงอินฟราเรดตรวจรับได้ด้วยประสาทสัมผัสทางผิวหนัง หรือฟิล์มถ่ายรูปชนิดพิเศษ

3) แสงอินฟราเรดสิ่งมีชีวิตจะแผ่ออกมาตลอดเวลาเพราะเป็นคลื่นความร้อน

4) แสงอินฟราเรดใช้ในการสื่อสาร เช่น ถ่ายภาพพื้นโลกจากดาวเทียม ใช้เป็นรีโมทคอนโทรลของเครื่องรับวิทยุและโทรทัศน์ และใช้ควบคุมจรวดนำวิถี

5) แสงอินฟราเรดใช้เป็นพาหะนำสัญญาณในใยแก้วนำแสง (optical fiber)

เนื่องจากแสงอินฟราเรดมีความยาวคลื่นที่สั้น มีคุณสมบัติที่เด่นคือจะเดินทางเป็นแนวเส้นตรงและไม่สามารถเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางหรือวัตถุได้ จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการสื่อสารในระยะสั้นๆ หรือตรวจจับสิ่งของต่างๆ อินฟราเรดประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนเครื่องรับและเครื่องส่ง

ส่วนเครื่องส่งจะทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดให้กับเครื่องรับ ใช้ IR LED เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด แสงที่ส่งออกมาจะมีช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ของแสงธรรมดาทั่ว ๆ ไป คือมากกว่า 20 kHz

ส่วนเครื่องรับ จะใช้โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือแอลดีอาร์ เป็นตัวรับแสงก็ได้ โดยที่ทั้งเครื่องรับและส่งจะต้องมีความถี่เท่ากัน เพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้ไม่สามารถรับส่งสัญญาณได้

การทำงานของอินฟราเรดเซ็นเซอร์

อินฟราเรดเซ็นเซอร์มีหลักการทำงานคือ จะส่งแสงอินฟราเรดจากเครื่องรับไปยังเครื่องส่งโดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกันและเครื่องรับและเครื่องส่งอยู่คนละที่กัน

1) เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน จะใช้หลักการสะท้อนกับวัตถุเมื่อมีวัตถุผ่านหรือขวางกั้นอยู่ เพื่อให้ระบบทำงานแต่ถ้าวัตถุไม่สะท้อนแสงหรือสะท้อนแสงได้น้อย เช่น วัตถุสีดำ ตัวเซนเซอร์จะไม่ทำงานหรือทำงานได้ไม่ดี

2) เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่คนละที่กัน จะอาศัยหลักการการตัดเส้นทางเดินของแสงเมื่อมีการตัดเส้นทางเดินของแสงระบบจะทำงาน โดยมีการนำไปประยุกต์ใช้งานมากมาย เช่น ทำวงจรตรวจจับคนเดินผ่าน เป็นต้น

การจำลองทางคณิตศาสตร์

ตัวแบบ หรือ Model เป็นคำที่ใช้เพื่อสื่อความหมายหลายอย่าง โดยทั่วไปจะหมายถึงวิธีการดำเนินงานที่เป็นแบบอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น แบบจำลองสิ่งก่อสร้าง Longman (1981) ได้ให้ความหมายโดยสรุปไว้ว่า หมายถึงสิ่งที่เป็นแบบย่อส่วนของของจริง ซึ่งเท่ากับแบบจำลอง

Good (1983) ได้ให้ความหมายของรูปแบบไว้ว่า รูปแบบหมายถึงแบบอย่างของสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพื่อเป็นแนวทางการการสร้างหรือทำซ้ำ เป็นตัวอย่างเพื่อการเลียนแบบ เป็นแผนภูมิหรือรูปสามมิติซึ่งเป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหลักการหรือแนวคิด เป็นชุดของปัจจัยหรือตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ทิศนา แขมมณี (2551) ให้ความหมายของรูปแบบว่า หมายถึงตัวแทนที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายพฤติกรรมของลักษณะบางประการของสิ่งของที่เป็นจริงอย่างหนึ่ง หรือเป็นเครื่องมือทางความคิดที่บุคคลใช้ในการหาความรู้ความเข้าใจปรากฏการณ์

สุบรรณ์ พันธ์วิศวาส และชัยวัฒน์ ปัญจพงศ์ (2552) ใช้คำว่า แบบจำลอง (Model) คือการย่อหรือเลียนแบบความสัมพันธ์ที่ปรากฏอยู่ในโลกของปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการจัดระบบความคิดในเรื่องนั้นให้ง่ายขึ้นและเป็นระเบียบ

จึงกล่าวได้ว่า ตัวแบบคือแบบจำลองอย่างง่ายหรือย่อส่วนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เสนอแบบจำลองนั้น ๆ ได้ศึกษาและพัฒนาขึ้นมา เพื่อแสดงหรืออธิบายปรากฏการณ์ให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น หรืออาจใช้ประโยชน์ในการทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น หรือใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไป โดยสรุป ตัวแบบ หรือแบบจำลองจึงหมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทน

ของโครงสร้างทางความคิด หรือองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ที่แสดงตัวเป็นระบบของเรื่องที่จะศึกษา ในที่นี้ก็คือระบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

โดยทั่วไปจัดให้การเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเป็นระบบหนึ่ง ที่สามารถสร้างสมการเคลื่อนที่แบบ ODE (ordinary differential equation) ให้เป็นตัวแบบ จากนั้นนำตัวแบบไปใช้เพื่อหาความสัมพันธ์อื่นๆ ที่เป็นการจำลองแบบ จากตัวแบบ โดยอาศัยโปรแกรมไซแลบ (scilab) ในการสร้างตัวแบบและประยุกต์ใช้ตัวแบบโดยการจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น ในการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มอย่างง่าย

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโปรแกรม Scilab

โปรแกรม Scilab (เสกสรร ไชยจิตต์, 2551) เป็นโปรแกรมภาษาขั้นสูงที่พัฒนาโดยกลุ่มของนักวิจัยจาก INRIA และ ENPC ในประเทศฝรั่งเศส ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการคำนวณทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลขและแสดงผลกราฟิกที่ซับซ้อน โปรแกรม Scilab เป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ต้องเสียเงินค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์ สามารถนำไปใช้งานได้ในหลายระบบปฏิบัติการ เช่น ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (Linux) ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) ระบบปฏิบัติการ Solaris และระบบปฏิบัติการ HP-UX เป็นต้น

ข้อดีของโปรแกรม Scilab

1) ง่ายต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจ

2) ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยาก

3) สามารถประมวลผลข้อมูลที่อยู่ในรูปเชิงสัญลักษณ์ (symbolic) และข้อมูลที่อยู่ในรูปของเมทริกซ์ (matrix) ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

4) มีฟังก์ชัน (function) สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์จำนวนมากพร้อมใช้งาน

5) มีกล่องเครื่องมือ (toolbox) จำนวนมากที่ประกอบด้วยฟังก์ชันต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหาทางด้านวิศวกรรม, วิทยาศาสตร์ และอื่น ๆ

6) สามารถพัฒนาฟังก์ชันใหม่ ๆ ขึ้นมาใช้งานร่วมกับโปรแกรม Scilab ได้

7) สามารถใช้งานร่วมกันกับโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN) ภาษาซี (C) และภาษา MATLAB ได้

8) สามารถสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับทำการจำลองระบบ (system simulation) ได้

9) สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้เนื่องจากมีรหัสแหล่งที่มา (source code) คู่มือการใช้งาน (manual) และ on-line help

ประโยชน์ของโปรแกรม Scilab

1) เพื่อการประหยัดเวลาในการคำนวณที่ซับซ้อน

2) เพื่อช่วยในการเขียนกราฟที่ซับซ้อน

3) มีความถูกต้องและแม่นยำกว่าการคำนวณโดยใช้มนุษย์

การใช้โปรแกรม Scilab เขียนกราฟ (graphs) โปรแกรม Scilab มีคำสั่งสำหรับการเขียนกราฟต่าง ๆ เช่น

1) คำสั่ง plot (x,y) ใช้ในการเขียนกราฟ โดยค่าของ x จะแสดงอยู่ในแนวนอน และค่าของ y จะแสดงอยู่ในแนวตั้ง

2) เราสามารถกำหนดคำสั่งใน Scilab เพื่อให้เขียนกราฟของหลาย ๆ ฟังก์ชั่นเพื่อเปรียบเทียบค่าได้ เช่น คำสั่ง plot2d (x,y) ใช้ในการเขียนกราฟ 2 มิติ โดยค่าของ x จะแสดงอยู่ในแนวนอน และค่าของ y จะแสดงอยู่ในแนวตั้ง

Scilab สามารถสร้างรูปแบบ (model) และแบบจำลอง (simulation) ทางคณิตศาสตร์ระบบต่างๆ ที่หลากหลายได้ เช่น

1) สมการอนุพันธ์ธรรมดาทั่วไป (ordinary differential equations : ODE)

2) ปัญหาค่าขอบ (boundary value problems)

3) สมการที่ต่างกัน (difference equations)

4) สมการพีชคณิตเชิงอนุพันธ์ (differential algebraic equation)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

สัมฤทธิ์ อัศดรวิเศษ (2544) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองเชิงตัวเลขในฟิสิกส์พื้นฐานด้วย Mathematica : โปรเจ็กไทล์ วงจรอนุกรม RLC เพนดูลัม โดยนำวิธีการเชิงตัวเลขและการโปรแกรมด้วย Mathematica ร่วมกับภาษาซีมาพัฒนาแบบจำลองในปัญหาฟิสิกส์พื้นฐาน เช่น โพรเจกไทล์ วงจรอนุกรม RLC และเพนดูลัม เป็นต้น พบว่าปัญหาโพรเจกไทล์ในกรณีที่แรงต้านอากาศแปรผันตรงกับความเร็วขณะใดขณะหนึ่งยกกำลังสอง ที่มุมยิง 45° กับแนวระดับ ระยะทางตามแนวราบจะไม่ใช่ระยะทางไกลที่สุด ส่วนปัญหาวงจรอนุกรม RLC ผลการคำนวณครอบคลุมผลเฉลยทุกกรณี เช่น overdamping critical damping และ underdamping เป็นต้น ที่สถานะชั่วครู่และสถานะคงตัว การเปลี่ยนแปลงของ $V_R(t)$, $V_L(t)$ และ $V_c(t)$ นั้นมีแอมพลิจูดและความถี่แตกต่างกันทั้งสามกรณี ในกรณี underdamping เมื่อความถี่ที่ให้ตรงกับความถี่ธรรมชาติของวงจรจะทำให้เกิดการสั่นพ้อง แต่ถ้าใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติจะทำให้เกิด

ปรากฏการณ์บีตส์ สำหรับปัญหาเพนดูลัม ผลการคำนวณที่ได้จะครอบคลุมผลเฉลยทุกกรณีและทุกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น แต่เมื่อใดก็ตามที่การกระจัดเชิงมุมมีค่ามากจนกระทั่ง $\sin\theta$ ไม่มีค่าประมาณ θ แอมปลิจูดและความถี่ของปริมาณเชิงมุมต่าง ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่แน่นอนตลอดเวลา

อนุวัฒน์ บุญธรรมโม (2546) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาและการประยุกต์ใช้งานการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม โดยการใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการวัดคาบและความเร็วของการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่าย โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าเชิงทฤษฎีและสรุปได้ว่าคาบการเคลื่อนที่จะมีค่าคงที่เมื่อมุมเริ่มต้นมีค่าน้อยกว่า 20 องศาและมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมุมเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ส่วนพลังงานจลน์มีการลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียลซึ่งมีค่าสอดคล้องกับทางทฤษฎี อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นได้นำมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลและโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุโดยผลการทดลองที่ได้ต่างจากค่าเชิงทฤษฎีไม่เกิน 3%

รัตน์ติกาญ สุทธิเกิด (2550) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยโปรแกรม Scilab เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยโปรแกรม Scilab หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีระดับจิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จิรันดร บู๊ฮวดใช้ และปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์ (2553) พัฒนาชุดฝึกการเรียนการสอนโดยใช้ Visual Basic ร่วมกับ Scilab โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดฝึกการเรียนการสอนทางคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิศวกรรมไฟฟ้า ให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากการอนุญาตให้ผู้สนใจมีการดาวน์โหลดชุดฝึกเหล่านี้ไปทดลองใช้งาน พบว่ามีผู้สนใจจำนวนมาก จึงสรุปได้ว่าโปรแกรม Scilab สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม Visual Basic เพื่อพัฒนาชุดฝึกการเรียนการสอนวิชาต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Zheng, et al (1994) ได้ทำการวิจัยด้วยการใช้ชุดทดลอง MBL และการประยุกต์ใช้วิธีการเชิงตัวเลข (numerical integral methods) และแคลคูลัสในการคำนวณหาคาบของเพนดูลัม เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าที่วัดคาบได้จากการทดลองกับคาบที่วัดได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ Mathcad ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาภาวะของเพนดูลัมที่มีความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นของเพนดูลัม (nonlinear pendulum) ซึ่งพบว่าในการทดลองคาบที่ได้จากการทดลองมี

ค่าใกล้เคียงกับคาบที่คำนวณได้จากทฤษฎีเมื่อมุมเริ่มต้นมีค่าน้อยกว่า 50° และเมื่อมุมเริ่มต้นเพิ่มมากขึ้นค่าคาบจากการทดลองและการคำนวณจากทฤษฎีมีความแตกต่างกันมากขึ้น

Ocaya (2000) ได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาคาบของเพนดูลัมเชิงประกอบโดยใช้โฟโตไดโอด (photodiode sensor) เป็นตัวตรวจจับสัญญาณที่เกิดขึ้นจากการตัดผ่านลำแสงที่ตกกระทบโฟโต้ไดโอดของเพนดูลัมเชิงประกอบ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโฟโต้ไดโอดเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยในการออกแบบการทดลองได้ใช้วงจรการเปลี่ยนกระแสเป็นศักย์ไฟฟ้า (I-V converter) และไอซีเบอร์555 ในการแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ให้เป็นสัญญาณพัลส์ (pulse) ที่มีความเหมาะสม ทำให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ (interrups) ขึ้น โดยในการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์การรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรแปลงสัญญาณกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะสื่อสารกันผ่านทางพอร์ตเครื่องพิมพ์และใช้ซอฟท์แวร์ในการเก็บวิเคราะห์ข้อมูลเป็นซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้โปรแกรมภาษาซี จากผลการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่สร้างขึ้นสามารถวัดคาบการทดลองที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 3 ตำแหน่ง และสามารถนำคาบที่ได้จากการทดลองคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยพบว่าค่าที่ได้มีความผิดพลาดเฉลี่ยประมาณ 1%

Santarelli, Carolla and Ferner (1993) ได้ทำการศึกษาการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่ายโดยใช้ชุดทดลอง MBL ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อการทดลองเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งชุดการทดลองประกอบด้วย photogate sensor, ULI และไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคาบของการเคลื่อนที่กับค่ากำลังสองของความเร็วที่ตำแหน่งสมดุล และค่ากำลังสองของความเร็วกับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของเพนดูลัมอย่างง่าย ผลการทดลองพบว่าความสัมพันธ์ของคาบและค่ากำลังสองของความเร็วมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้น และค่ากำลังสองของความเร็วจะลดลงแบบเอกโปเนนเชียลตามเวลาด้วย

Torzo and Peranzoni (2009) ศึกษาการใช้การจำลองเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ในการสอนฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษา เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของลูกตุ้ม เพื่อสนับสนุนการทดลองทางฟิสิกส์ ได้แก่กระบวนการทำนายผล ตั้งสมมติฐาน และแปลผลการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า การใช้การจำลองเชิงตัวเลขง่ายๆ ด้วยคอมพิวเตอร์สามารถให้ข้อมูลที่เวลาจริงมาศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดีกว่าการทดลองแบบเก่า

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่าการใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับชุดทดลองทางวิทยาศาสตร์จะทำให้ได้ผลการทดลองที่มีความละเอียด และมีความผิดพลาดน้อยเมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี นอกจากนี้การใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ในการศึกษาสนับสนุนการทดลองทางฟิสิกส์ ทำให้ได้ข้อมูลที่จะนำมาศึกษาวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องสูง ผู้ใช้เกิดความสนใจและสามารถเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ได้ง่ายกว่าการทดลองแบบเก่า