บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การเคลื่อนที่แบบวงกลม
2. ชุดทดลอง
3. ชุดตรวจจับวัตถุ
4. การอินเตอร์เฟส
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์
6. โปรแกรม Scilab
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเคลื่อนที่แบบวงกลม

การเคลื่อนที่แบบวงกลม เป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วสม่ำเสมอ แต่มีการเปลี่ยนทิศทางไปทีละน้อย ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับที่มีรัศมีค่าหนึ่ง จะต้องใช้แรงดึงมากขึ้นเมื่อแกว่งให้เร็วขึ้น (เวลาครบรอบสั้นลง) แสดงว่าการทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมจะต้องใช้แรงดึง แรงที่กระทำต่อวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ในแนววงกลม และมีทิศเข้าหาศูนย์กลางของแนววงกลม เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง (F_c) การเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุจะมีลักษณะเฉพาะ เป็นการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่งที่มีแนวการเคลื่อนที่เป็นรูปวงกลม วัตถุจะเคลื่อนที่กลับมาซ้ำทางเดิมเสมอ ช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบเรียกว่าคาบ (period) ใช้สัญลักษณ์ T ซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที และจำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน 1 หน่วยเวลา เรียกว่าความถี่ (frequency) ใช้สัญลักษณ์ f มีหน่วยเป็นรอบ/วินาที หรือเฮิรตซ์ (Hz) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) ความสัมพันธ์ระหว่างคาบและความถี่

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

คาบ (T) คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หรือ วินาทีต่อรอบ (s)

ความถี่ (f) คือ จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ รอบต่อวินาที (Hz)

อัตราเร็วเชิงเส้น (v) คือ ระยะทางตามแนวเส้นรอบวงของวงกลมที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน หนึ่งหน่วยเวลา (m/s)

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = 2\pi rf$$

อัตราเร็วเชิงมุม (ω) คือ มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมที่รัศมีกวาดไปได้ในหนึ่งหน่วย เวลา มีหน่วย เรเดียน/วินาที (rad/s)

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

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

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

ความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (a_c) คือ ความเร่งเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีขนาดคงที่ และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเสมอ เมื่อ r คือ รัศมีการเคลื่อนที่ในแนววงกลม (m)

$$a_C = \frac{v^2}{r}$$

$$a_C = \omega^2 r$$

แรงสู่ศูนย์กลาง (F_c) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลม มีทิศ เดียวกับทิศของความเร่ง เมื่อ m คือมวลของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม (kg)

$$F_C = m a_C$$

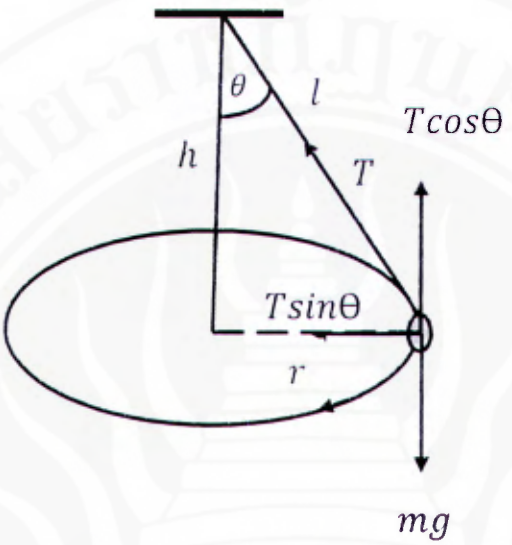
ดังนั้น

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

หรือ

$$F_c = m\omega^2 r$$

การเคลื่อนที่เป็นวงกลมกรวย



ภาพที่ 2.1 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมกรวย

เชือกเบายาว l ปลายข้างหนึ่งติดวัตถุมวล m อีกปลายหนึ่งตรึงแน่นแกว่งให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวราบ รัศมี r ขณะที่มวลเคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวราบ ด้วยอัตราเร็วคงที่ v ได้รับแรงกระทำ 2 แรงคือ แรงตึงเชือก (T) และน้ำหนักของวัตถุ (mg) แตกแรง T เข้าสู่แนวราบและแนวดิ่ง แรง T ในแนวราบมีทิศสู่ศูนย์กลาง (ช่วง ทมชิตต์ และคณะ, 2551)

$$T\sin\theta = F_c$$

ดังนั้น
$$T\sin\theta = \frac{mv^2}{r} \qquad (2.1)$$

แรง T ในแนวดิ่งเท่ากับ Tcosθ มีทิศขึ้น วัตถุไม่มีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวดิ่ง

$$\sum_i F = 0$$

$$T\cos\theta - mg = 0$$

ดังนั้น
$$T\cos\theta = mg \qquad (2.2)$$

นำสมการ (2.1) หารด้วยสมการ (2.2) จะได้

$$\frac{(2.1)}{(2.2)} \qquad \frac{T\sin\theta}{T\cos\theta} = \frac{\frac{mv^2}{r}}{mg}$$

$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$$

ค่าของมุม θ ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วเชิงเส้น v ไม่ขึ้นอยู่กับมวล เมื่ออัตราเร็วเพิ่มขึ้น ค่าของมุม θ ก็จะเพิ่มขึ้นแต่มุม θ จะไม่มีโอกาสเท่ากับ 90 องศา เพราะมีแรงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ (mg) จากภาพ ที่ 2.1 จะได้

$$r = l\sin\theta$$

จาก $$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = \frac{2\pi l\sin\theta}{T}$$

จากสมการ $$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{(\frac{2\pi l\sin\theta}{T})^2}{gl\sin\theta}$$

$$\cos\theta = \frac{gT^2}{4\pi^2 l}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 l\cos\theta}{g}$$

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

หรือ $$T = 2\pi\sqrt{\frac{h}{g}} \qquad (2.3)$$

ชุดทดลอง

ชุดทดลอง เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎ สูตร หรือทฤษฎีที่กำหนดไว้แล้ว เพื่อใช้ทดลองหาความสัมพันธ์และสร้างกฎเกณฑ์ขึ้นใหม่ ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วม ส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจหลักการทางทฤษฎีมากขึ้น การออกแบบและการสร้างชุดทดลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอน จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบ ทุกๆ ด้านที่เกี่ยวข้อง ที่สำคัญได้แก่ การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของการเรียนว่าเนื้อหาหลักต้องการอะไร ผู้เรียนต้องมีกิจกรรมอย่างไร จึงจะแสดงว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ ถ้าต้องการแสดงออกด้วยผลการทดลองค้นคว้า หรือหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ซึ่งต้องใช้ชุดทดลองประกอบ ก็จะต้องสร้างชุดทดลอง โดยการออกแบบขึ้นเองหรือดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่ (มนต์ชัย เทียนทอง, 2530) การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบ สร้าง และพัฒนาชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อหาคาบการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนววงกลมในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือชั้นอื่นๆ ที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับชุดทดลอง ในการสร้างคำนึงถึงหลักเกณฑ์การสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือ 5 ขั้นตอน (โช สาลีฉัน, 2541)

1. ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่สร้างขึ้น
2. เลือกวัสดุที่จะใช้สำหรับออกแบบ เลือกวัสดุที่มีอยู่แล้วหรือหาได้ง่ายในท้องถิ่น
3. ดำเนินการออกแบบและสร้าง
4. ทดลองตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้ว
5. ปรับปรุงแก้ไข หากทดลองแล้วผลออกมาคลาดเคลื่อนมาก

ชุดตรวจจับวัตถุ

ชุดตรวจจับวัตถุ เป็นเครื่องจับเวลาของวัตถุมีหลักการใช้อินฟราเรดไดโอด TSAL 7400 เป็นตัวส่งสัญญาณช่วง 940 นาโนเมตร ที่สามารถส่งแสงอินฟาเรดอยู่ตลอดเวลาและใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ TOPS 050 TB2 เป็นตัวรับสัญญาณอินฟราเรดย่านความถี่ช่วง 750 – 1050 นาโนเมตร และ ส่งสัญญาณการรับแสงไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มายังตำแหน่งระหว่างตัวส่งกับตัวรับสัญญาณอินฟราเรด ทำให้สัญญาณขาดหายไปจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและส่งสัญญาณพัลส์ที่มีคาบตรงกับคาบของวัตถุทำให้วงจรเป็นวงจรเปิด เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเลยไป ส่วนส่งสัญญาณอินฟราเรดจะส่งสัญญาณ และส่วนที่รับสัญญาณได้รับแสงอินฟราเรด ทรานซิสเตอร์จะเสมือนถูกลงกราวด์ วงจรก็จะเป็นวงจรปิดอีกครั้ง ในขณะที่วัตถุ

เคลื่อนที่ผ่านตัวรับและตัวส่ง จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเริ่มนับเวลานาฬิกา และหยุดนับ เนื่องจากต้องมีการตรวจสอบจุดเริ่มต้นและจุดที่ต้องการจับเวลา จึงต้องมีตัวส่งและตัวรับสองชุด โดยชุดแรกจะใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อเริ่มจับเวลา และอีกชุดเพื่อใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุเพื่อหยุดเวลา เมื่อวัตถุ มาบังคับลำแสงไม่ให้ตกกระทบถึงตัวรับ ตัวรับจะส่งสัญญาณไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่ามีวัตถุผ่านเข้ามา ก็จะแสดงเวลาที่เริ่มต้น (start time) ในขณะนั้น จนวัตถุนั้นจะไปบังลำแสงที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ ก็จะแสดงเวลาที่ตำแหน่งหยุดเวลา (stop time) ทำให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดการนับเวลาและแสดงเวลาตำแหน่งหยุดเวลา พร้อมกับแสดงเวลาที่ตำแหน่งต่าง (duration) นั่นคือเวลาของวัตถุจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดที่ต้องการจับเวลา ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ จะคำนวณเวลาที่ได้เป็นมิลลิวินาที

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่สามารถสร้างระบบควบคุม และเป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่มีการรวมฟังก์ชันการทำงาน ที่มีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ และพอร์ตในการเชื่อมต่อแบบต่างๆ (พิพัฒน์ เลาหสงคราม, 2537)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีส่วนประกอบ 5 ส่วน

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: central processing unit)

2. หน่วยความจำ (memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้จะไม่สูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูลเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไป

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (output port)

4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (bus) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (data bus) บัสแอดเดรส (address bus) และบัสควบคุม (control bus)

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 ของบริษัท Philips มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 64 กิโลไบต์ มีขาพอร์ตสำหรับใช้งาน 4 พอร์ต (P0-P3) พร้อมทั้งไทเมอร์ 3 ตัว มีโมดูล PCA สำหรับสร้างสัญญาณ PWM มากถึง 5 ช่อง รวมทั้งมีหน่วยความจำแรมพิเศษ 1 กิโลไบต์ และสามารถโปรแกรมหน่วยความจำผ่านพอร์ตอนุกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (อดิศักดิ์ ชิณะวงศ์, 2551) มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตที่เข้ากันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2. ในการโปรแกรมสามารถลบและเขียนใหม่ได้ถึงหนึ่งหมื่นครั้งมีขนาดหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์

3. หน่วยความจำข้อมูลแรมภายในมีขนาด 1 กิโลไบต์

4. โปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมแบบ ISP

5. ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 40 MHz กรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 12 ลูกต่อแมชชีนไซเกิลและ 20 MHz กรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 6 ลูกต่อแมชชีนไซเกิล

6. ขาพอร์ต 8 บิต 4 พอร์ต แบบกึ่งสองทิศทางเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต

7. อุปกรณ์เพอริเฟอรัลภายในไมโครคอนโทรเลอร์สามารถทำงานด้วยความเร็ว 12 ลูกสัญญาณนาฬิกาต่อแมชชีนไซเกิลได้ แม้ว่าซีพียูจะทำงานด้วยความเร็ว 6 ลูกสัญญาณนาฬิกาภายในต่อแมชชีนไซเกิล

8. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์

9. ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว

10. มีรีจิสเตอร์ตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลหรือ DPTR 2 ตัว

11. สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 8 ประเภท

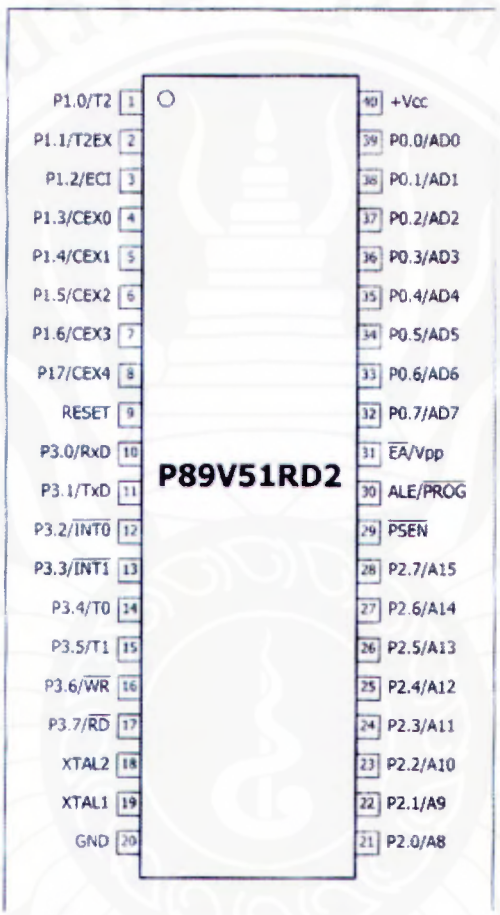
12. กำหนดนัยสำคัญของการตอบสนองอินเตอร์รัปต์ได้ 4 ระดับ

13. สามารถติดต่อหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

14. มีวอตช์ด็อกไทเมอร์

15. มีวงจรโมดูลนับโปรแกรมได้ (PCA) ซึ่งบรรจุวงจรตรวจจับสัญญาณ เปรียบเทียบสัญญาณ วงจรมอดูเลชั่นทางความกว้างพัลส์ และวอตช์ด็อกไทเมอร์

MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 เป็นไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์ รายละเอียดของตำแหน่งขาและหน้าที่การทำงาน ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การจัดขาของ P89V51RD2

ที่มา: อดิศักดิ์ ชิณะวงศ์ (2551:13)

Vcc ขาที่ 40 เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

GND ขาที่ 20 เป็นขากราวด์

ขาสัญญาณ พอร์ต 0 ขาที่ 39-32 (P0.0-P0.7) มีจำนวน 8 ขา แต่ละขา เรียกเป็น 1 บิต ทำหน้าที่แอดเดรสบัสและดาต้าบัส (AD0-AD7) ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก เป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต หากต้องการให้บิตใดเป็นอินพุต ให้เขียนข้อมูลบิตนั้นเป็นสถานะลอจิก “1” แล้วส่งไปแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการ

ขาสัญญาณ พอร์ต 1 ขาที่ 2-8 (P1.0-P1.7) มีจำนวน 8 บิต เป็นขาสัญญาณของไทเมอร์ 2 และขาสัญญาณ PCA ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ขา P1.5-P1.7 สามารถขับกระแสได้สูง 16 มิลลิแอมป์ ต่อขา

P1.0 หรือ T2 เป็นขาอินพุต นับค่าของไทเมอร์ 2 และขาเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกา

P1.1 หรือ T2EX เป็นขาอินพุต ควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาท์เตอร์ 2

P1.2 หรือ ECI เป็นขาอินพุต สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกสำหรับโมดูล PCA

P1.3 หรือ CEX0 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCA โมดูล 0

P1.4 หรือ CEX1 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCA โมดูล 1

P1.5 หรือ CEX2 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCAโมดูล 2

P1.6 หรือ CEX3 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCA โมดูล 3

P1.7 หรือ CEX4 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต ภายนอกของวงจรตรวจจับและเปรียบเทียบสำรับ PCA โมดูล 4

ขาสัญญาณ พอร์ต 2 ขาที่ 21-18 (P2.0-P2.7) มีจำนวน 8 บิต ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ใช้ต่อกับขาแอดเดรสบัสของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15) ทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตหรือพอร์ตเอาต์พุต

ขาสัญญาณ พอร์ต 3 ขาที่ 10-17 (P3.0-P3.7) มีจำนวน 8 บิต ในแต่ละบิตมีตัวต้านทานพูลอัปอยู่ภายใน เป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต สำหรับการใช้งานทั่วไป นอกจากนั้นขาของพอร์ต 3 ยังใช้งานเป็นพอร์ตหน้าที่พิเศษ ดังนี้

P3.0 หรือ RxD เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม

P3.1 หรือTxD เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม

P3.2 หรือ INT0 เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0

P3.2 หรือ INT0 เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1

P3.4 หรือ T0 เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0

P3.5 หรือT1 เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1

P3.6 หรือWR เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 หรือ RD เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

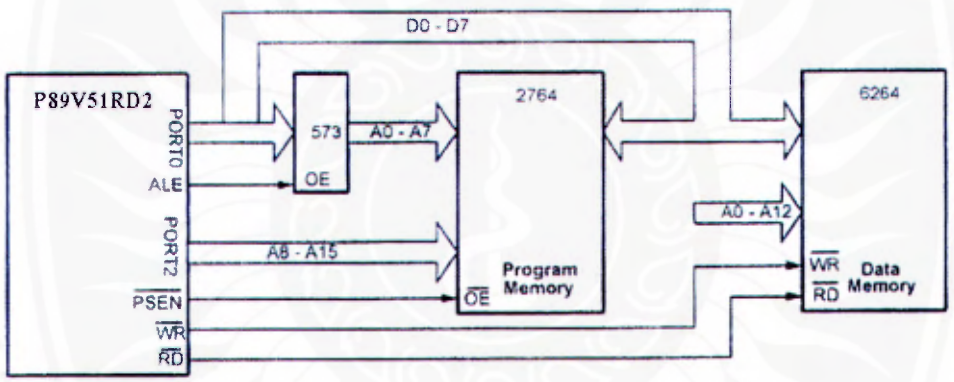
RESET ขาที่ 9 เป็นอินพุตใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการป้อนสัญญาณลอจิก."1"อย่างน้อยเป็นเวลา 2 แมชชีนไซเกิลโดยวงจรนาฬิกายังทำงานอย่างปกติ

ALE ขาที่ 30 เป็นเอาต์พุต Address Latch Enabie ออกมาทุกๆแมชชีนไซเกิล อย่างไรก็ตาม สามารถดิสเอเบิลสัญญาณพัลส์นี้ได้ โดยการเซตบิต 0 ของรีจิสเตอร์ AUXR

PSEN ขาที่ 29 เป็นเอาต์พุต Program Store Enabie ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง

EA/Vpp ขาที่ 31 เป็นอินพุต External Access enabie/Programming Voltage Input: ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ "0" เลือกให้ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก"1"เลือกให้ติดต่อกับหน่วยความจำภายใน

XTAL1 ขาที่ 19 เป็นขาอินพุตรับสัญญาณจากวงจรขยายออสซิลเลเตอร์ (ขา XTAL2)



ภาพที่ 2.3 หน่วยความจำของ P89V51RD2
ที่มา: อดิศักดิ์ ชิณะวงศ์ (2551:16)

ภายในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89V51RD2 จะแบ่งการทำงานออกเป็นบล็อก การทำงานประกอบด้วยหน่วยความจำโปรแกรม (program memory) หน่วยความจำข้อมูล (data memory) หน่วยความจำโปรแกรม (program memory) ทำหน้าที่เก็บคำสั่งของผู้เขียนโปรแกรม ส่วนใหญ่จะใช้ EPROM เป็นตัวเก็บ โดยมีสัญญาณ PSEN เป็นขาสัญญาณเพื่อติดต่อกับ EPROM สามารถอ้างหน่วยความจำได้ 64 กิโลไบต์ ชื่อของ EPROM นั้นส่วนใหญ่จะขึ้นด้วย 27 แล้วตามด้วยขนาดของหน่วยความจำ เช่น 2764 หมายเลข 64 คือขนาดหน่วยความจำ 64/8 = 8 กิโลไบต์ จะได้ขนาดของ EPROM

ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (data Memory) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ คือ RAM ที่ต่ออยู่ภายนอกสามารถเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ขา RD (ขา 17) WR (ขา 16) ในการเขียนและอ่าน data จาก RAM MCS-51 และสามารถอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์

การอินเตอร์เฟส

การอินเตอร์เฟส คือ การทำงานติดต่อร่วมกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อื่น มีการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ นอกเหนือจากจะต้องทำงานติดต่อกับ RAM และ ROM แล้ว ยังต้องมีการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่มีการส่งข้อมูลอินพุต เอาต์พุต เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบสมบูรณ์ ในระบบต่างๆ ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะทำงานต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ (พานิช อินต๊ะ และโกศล โอฬารไพโรจน์, 2550)

การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกของเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องผ่านแผงอุปกรณ์เชื่อมต่อจึงจะสามารถควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ แผงอุปกรณ์เชื่อมต่อทำงาน 2 หน้าที่ คือ

1. เป็นตัวจ่ายกระแสให้สูงขึ้น เพื่อขับอุปกรณ์เอาต์พุตที่ต้องการกระแสมากๆ

2. เป็นตัวกันชน (buffer) ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก ในกรณีที่มีสัญญาณอินพุตไม่เหมาะสมเข้ามา

อุปกรณ์ในการเชื่อมต่อภายนอก มี 2 ประเภท คือ

1. อุปกรณ์อินพุต ทำหน้าที่ รับสัญญาณอินพุตที่เหมาะสมกับการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เมื่อสัญญาณอินพุตถูกส่งมาประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ สัญญาณจะถูกปรับแต่งให้เหมาะสมตรงตามเงื่อนไขที่ต้องการ ก่อนจะส่งกลับออกไปควบคุมยังอุปกรณ์ภายนอก

2. อุปกรณ์เอาต์พุต เป็นอุปกรณ์ที่คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณมาควบคุมการทำงาน โปรแกรมสำหรับการเชื่อมต่อ (soft ware interface) คอมพิวเตอร์กับแผงอุปกรณ์เชื่อมต่อ มีหลายโปรแกรม เช่น ภาษาซี ภาษาแอสเซมบลี Visual basic เป็นต้น จะมีการประมวลผล รับ-ส่ง เป็นฐานสอง (เลข 1 หรือเลข 0) ฐานสองหนึ่งตัวเรียกว่า 1 บิต การส่งอาจส่งเป็นประโยคคำที่ใช้ฐานสอง 8 บิต หรือ 16 บิต ผ่านช่องทางพอร์ตขนาน พอร์ตอนุกรม USB พอร์ต และสล๊อตการ์ด

โปรแกรม Scilab

โปรแกรม Scilab เป็นโปรแกรมภาษาขั้นสูง Scilab เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยกลุ่มของนักวิจัยจากประเทศฝรั่งเศส ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการคำนวณทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลข และแสดงผลกราฟิกที่ซับซ้อน

โปรแกรม Scilab เป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ต้องเสียเงินค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์ สามารถนำไปใช้งานได้ในหลาย ระบบปฏิบัติการ (ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์, 2551)

ข้อดีของโปรแกรม Scilab

1. ง่ายต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจ
2. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยาก
3. สามารถประมวลผลข้อมูลที่อยู่ในรูปเชิงสัญลักษณ์ (symbolic) และข้อมูลที่อยู่ในรูปของเมทริกซ์ (matrix) ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
4. มีฟังก์ชัน (function) สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์จำนวนมากพร้อมใช้งาน
5. มีกล่องเครื่องมือ (toolbox) ที่ประกอบด้วยฟังก์ชันต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหาทางด้านวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ และอื่นๆ
6. สามารถพัฒนาฟังก์ชันใหม่ๆ ขึ้นมาใช้งานร่วมกับโปรแกรม Scilab ได้
7. สามารถใช้งานร่วมกันกับโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน ภาษาซี และภาษา MATLAB
8. สามารถสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปได้
9. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้

ประโยชน์ของโปรแกรม Scilab คือประหยัดเวลาในการคำนวณที่ซับซ้อน ช่วยในการเขียนกราฟที่ซับซ้อน ถูกต้องและแม่นยำกว่าการคำนวณโดยมนุษย์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

นันทชัย ทองแป้น และบุรินทร์ คณะเจริญ (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดต้นแบบเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ (กลศาสตร์) เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์โดยอาศัยหลักการของแสง อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ ในการพัฒนาเครื่องมือตรวจจับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการนำข้อมูลดังกล่าวไปประมวลผล วิเคราะห์ผล และแสดงผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ตามลำดับ จากการทดสอบชุดเครื่องมือดังกล่าวพบว่า สามารถวัดเวลาได้ละเอียด 1/1000 วินาที ตามค่าความถี่ของผลึกที่ใช้ในการออกแบบฐานเวลาของโปรแกรมวัดเวลา และทดสอบใช้ชุดเครื่องมือในการทดลองเรื่องการตกอย่างอิสระของวัตถุ เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก พบว่าการวัดเวลาจำนวน 20 ครั้ง มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 0.03% และหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (ห้อง 4-222) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ได้เท่ากับ 9.826 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง โดยมีเปอร์เซ็นต์

ความคลาดเคลื่อน 0.265% นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ชุดเครื่องมือดังกล่าวกับการเรียนการสอน หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ทุกชนิดของการเคลื่อนที่

ประนอม หมอกกระโทก (2545) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างและพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง ให้มีประสิทธิภาพด้านการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อชุดทดลองของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น ใช้ประกอบการเรียนเรื่อง อัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง การตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา ซึ่งประสิทธิภาพของชุดทดลองตรวจสอบจากผลการทดลองเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ การหาคุณภาพของชุดทดลองโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และการหาประสิทธิภาพทางการศึกษาโดยใช้เกณฑ์ 80/80 ทดลองสอนใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการสุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนปราสาทวิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 15 คน โดยใช้เวลาในการสอน 12 คาบ คาบละ 50 นาที พบว่า ชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ชุดทดลองมีประสิทธิภาพทางการศึกษา 81.73/80.43 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เจตคติของนักเรียนต่อชุดทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อนุวัฒน์ บุญธรรมโม (2545) วิจัยเรื่องการศึกษาและการประยุกต์ใช้งานการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม โดยการใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการวัดคาบและความเร็วของการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัมอย่างง่าย โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับค่าเชิงทฤษฎี และได้ว่าคาบของการเคลื่อนที่จะมีค่าคงที่ และได้ว่าคาบของการเคลื่อนที่จะมีค่าคงที่ เมื่อมุมเริ่มต้นมีค่าน้อยกว่า 20 องศา และมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมุมเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ส่วนพลังงานจลน์มีการลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียล ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับทางทฤษฎี อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นได้นำมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลและโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ โดยผลการทดลองที่ได้ต่างจากค่าเชิงทฤษฎีไม่เกิน 3%

สุวัชชัย เลิศสถาพรสุข (2547) ทำการสร้างชุดทดลองประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พร้อมกับใบงาน 12 ใบงาน ในการวิจัยได้เลือกใบงาน 4 ใบงาน โดยนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม จำนวน 20 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 โดยนักศึกษาทำการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนเป็นจำนวน 4 ใบงาน และนำความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนไปใช้ในการปฏิบัติใบงานรวม ในระหว่างปฏิบัติใบงานมีการประเมินความสามารถทางการปฏิบัติ โดยสังเกตด้วยแบบวัดความสามารถ

ทางการปฏิบัติและเมื่อปฏิบัติใบงานเสร็จจะมีการทดสอบด้วยแบบทดสอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พบว่า ชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.89/81.45 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ปราโมทย์ เสตสุวรรณ และปิยะรัตน์ พราหมณี (2549) วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองทางฟิสิกส์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการอ่านค่าและประมวลผล ซึ่งสรุปผลการวิจัยดังนี้ ชุดทดลองฟิสิกส์หลายๆ การทดลอง มักจะประสบปัญหาในการวัดค่าที่ผู้ทดลองเป็นผู้ดำเนินการด้วยตนเอง เช่น การวัดค่าช่วงเวลา ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก และมีผลต่อเนื่องในการนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาค่าตัวแปรอื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้ออกแบบระบบควบคุม การจับเวลาอัตโนมัติโดยควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 สื่อสารด้วยพอร์ตอนุกรม และพัฒนาชุดโปรแกรมให้ทำการเก็บข้อมูลและคำนวณผลข้อมูลโดยให้ทำงานได้อัตโนมัติ ด้วยโปรแกรม visual basic 6.0 นอกจากนี้ยังสามารถนำไปปรับใช้กับการทดลองอื่นๆ ได้ โดยยังใช้อุปกรณ์ส่วนใหญ่ร่วมกัน เพียงแต่เปลี่ยนชุดอุปกรณ์ตรวจจับและโปรแกรมควบคุมและประมวลผลสำหรับการทดลองนั้นๆ และงานวิจัยนี้ได้ทดสอบกับชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบ pendulum เพื่อวัดคาบเวลา และสามารถเชื่อมโยงข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการคำนวณและแสดงผลเป็นกราฟ และบันทึกข้อมูลการทดลองเก็บลงบนฐานข้อมูล (database) ซึ่งสามารถเรียกขึ้นมาดูและนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ภายหลัง

ฐิติมา เทพญา (2550) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบแบกระจายศูนย์ของโปรแกรมไซน์แลป บนสถาปัตยกรรมระดับสูง นำเสนอการขยายขีดความสามารถของโปรแกรม Scilab ให้สามารถสร้างแบบจำลองที่ทำงานแบบกระจายได้ตามมาตรฐานการจำลองแบบกระจาย HLA ใน 4 บริการหลัก Federation Management, Declaration Management, Object Management และ Time Management พัฒนาเป็นโมดูลรวมเข้ากับโปรแกรม Scilab ทดสอบโมดูลด้วยการใช้ฟังก์ชันของโปรแกรม Scilab ควบคู่กับฟังก์ชันที่สร้างขึ้นทำให้แบบจำลองสามารถจำลองแบบกระจายได้อย่างถูกต้อง

ธัญญะ โพธิ์รัง (2550) การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โดยสร้างชุดทดลองแรงสู่ศูนย์กลาง ประกอบด้วย รถทดลอง เครื่องชั่งสปริง ติดมอเตอร์ ต่อกับชุดอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย เครื่องนับสัญญาณและตัวเซ็นเซอร์ เพื่อจับเวลา 1 รอบ นำไปคำนวณหาอัตราเร็วเชิงมุม นำไปใช้กับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จำนวน 80 นาย ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนนายร้อยที่มีต่อการเรียนด้วยชุดทดลอง พบว่า

ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.76/87.50 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลอง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความคิดเห็นของนักเรียนนายร้อยที่มีต่อการเรียนด้วยชุดทดลองอยู่ในระดับมาก

รัตน์ติกาญ สุทธิเกิด (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของวิชาฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยโปรแกรม Scilab เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนกำแพงแสนวิทยา อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จำนวน 36 คน ที่ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย ซึ่งเรียนวิชาฟิสิกส์โดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยโปรแกรม Scilab พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ชัยวรรณ์ สายเผ่าพันธ์ (2553) วิจัยเรื่องการสร้างชุดทดลองเพื่อหาแรงสู่ศูนย์กลาง เพื่อศึกษาและพิจารณาแรงสู่ศูนย์กลางที่กระทำต่อวัตถุซึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วตามแนวสัมผัสคงตัวโดยที่รัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมสามารถวัดได้ด้วยตัวรับรู้ที่ประดิษฐ์ขึ้นมา ซึ่งทำงานโดยอาศัยหลักการของหม้อแปลงโดยพันขดลวดปฐมภูมิและขดลวด ทุติยภูมิรอบแกนฉนวนรูปทรงกระบอกกลวง การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ ความต่างศักย์ที่ได้นี้จะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของวัตถุ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเมื่อวัตถุมีมวลเท่ากัน ความเร็วเชิงมุมจะเป็นปฏิภาคกับรัศมีและแรงสู่ศูนย์กลาง ชุดทดลองนี้ทำให้นักเรียน นักศึกษาและผู้ที่สนใจ เข้าใจแนวคิดเรื่องแรงสู่ศูนย์กลาง การเคลื่อนที่แบบวงกลม และสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดีกว่าชุดทดลองที่มีราคาสูง

ศิริชัย รัฐอนันต์พินิจ, ชาญ กบเผือก และอมรา พงษ์ปัญญา (2554) วิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมและแรงสู่ศูนย์กลาง ได้สร้างชุดการสอนที่มีส่วนประกอบด้วย ตาชั่งสปริง ชุดรางอุปกรณ์ ชุดมวลเคลื่อนที่ สเกลวัดระยะ มอเตอร์เกียร์ ชุดปรับความเร็วรอบ ขาตั้งยึดอุปกรณ์ เชือกพร้อมตัวป้องกันการบิด ใช้หาแรงสู่ศูนย์กลางโดยปรับความเร็วเชิงมุมเมื่อมวลคงที่ และหาแรงสู่ศูนย์กลางโดยปรับมวลเมื่อความเร็วเชิงมุมและรัศมีคงที่ ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ นำไปใช้กับกลุ่มนักศึกษา จำนวน 20 คน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินผล พบว่าการวิเคราะห์แบบทดสอบและหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรครอนบัค (cronback) ได้ 0.85 ดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8-1.0 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ผู้สอนและนักศึกษาอยู่ในเกณฑ์ดีในด้านการออกแบบด้านการทดลอง และด้านประสิทธิภาพการเรียนการสอน มีประสิทธิภาพ 81/84

งานวิจัยต่างประเทศ

Doran & other (1993) ศึกษาวิธีการประเมินทักษะการปฏิบัติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าเทคนิคการประเมินแบบดั้งเดิม คือการทดสอบด้วยข้อเขียน และรายงานผลการทดลองยังคงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินต้องประกอบด้วยคู่มือนักเรียน อุปกรณ์สำหรับการทดลอง และการให้คะแนนที่น่าเชื่อถือ

Douglas (1998) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่เป็นของจริง สำหรับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบการถ่ายทอดความรู้จากการอ่านเนื้อหาแบบวรรณคดี และการออกแบบอุปกรณ์ตามรายละเอียดเฉพาะเรื่องที่เคลื่อนไหวได้ นำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา จากการวิเคราะห์ พบว่าการใช้อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมาสาธิตและเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้จริงในภาคปฏิบัติเป็นการขยายพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ ทำให้เกิดความเข้าใจที่ถาวรและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีมาก

Orton – Flynn (1997) ศึกษาเรื่องการออกแบบชุดการเรียนโดยใช้สื่อการเรียนมัลติมีเดียนำมาใช้การสอนในเรื่องที่ยาก สำหรับนักเรียนโดยใช้ชุดการเรียนที่เน้นการปฏิสัมพันธ์ของการสื่อสารมัลติมีเดียมาใช้ มีการสังเกตและพิจารณาจากผลงานของนักเรียนที่เรียนจากชุดการเรียน MIC (multimedia interactive calculator) ผลการศึกษาพบว่า ชุดการเรียนมีประสิทธิภาพ โดยจะช่วยให้นักเรียนค้นพบรูปของจำนวน และเข้าใจความจริงของจำนวน และได้แสดงถึงประโยชน์การสอนคณิตศาสตร์สำหรับเนื้อหายาก

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวเป็นสิ่งยืนยันได้ว่า ชุดการทดลองทางฟิสิกส์เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ นำมาใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์ ช่วยแก้ปัญหาในการบันทึกผลการทดลองที่ได้ผลไม่ถูกต้องตรงตามทฤษฎี ทำให้ผู้ทดลองสามารถทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลได้รวดเร็ว ถูกต้อง นำข้อมูล ประมวลผลและนำเสนอผลการทดลอง สามารถแปลความหมายได้ทันที ช่วยประหยัดเวลาในการทำการทดลอง นักเรียนมีเวลาศึกษาความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำความคิดเห็น ข้อเสนอแนะและหลักการ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์