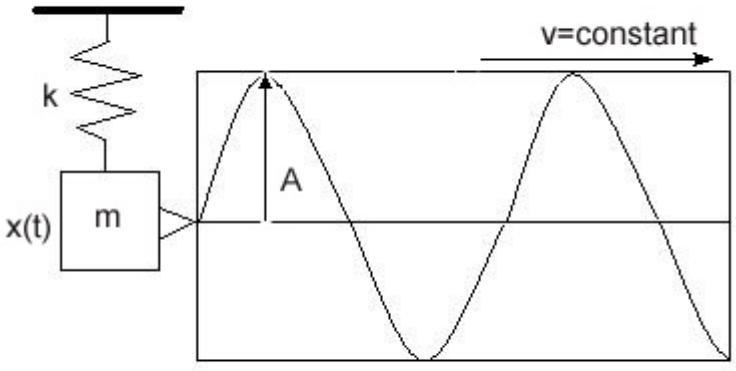
บทที่ 2
ทฤษฎีการออกแบบ

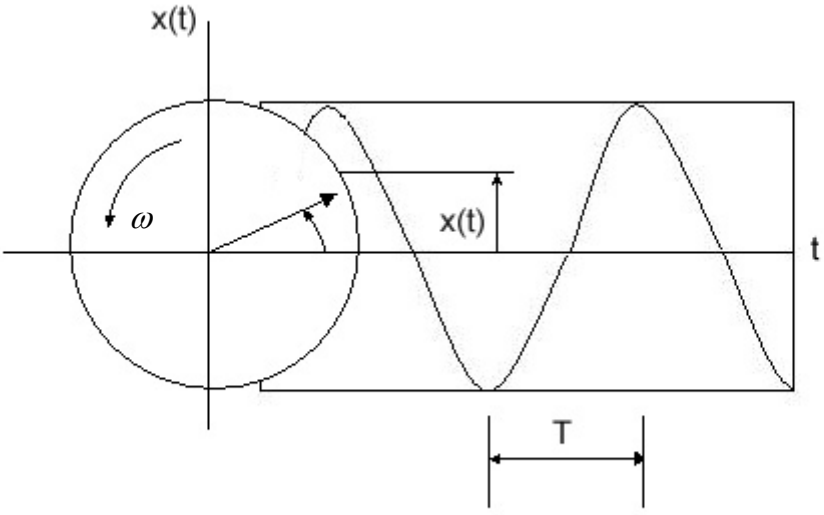
ในการสร้างเครื่องนับเม็ดยา จะต้องใช้ทฤษฎีอยู่สามเรื่องคือ ทฤษฎีการสั่นสะเทือน ทฤษฎีการออกแบบเครื่องจักรกล ทฤษฎีทางไฟฟ้าและอิเลคโทรนิค ซึ่งควรจะศึกษาให้เข้าใจเพื่อจะได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องนับเม็ดยา

2.1 ทฤษฎีการสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือน คือ อาการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของมวล ระบบที่จะเกิดการสั่นสะเทือนได้จะต้องมีองค์ประกอบอย่างน้อย 2 ส่วน คือมวล และสปริง ในกรณีที่ระบบประกอบด้วยมวลและสปริง ในกรณีที่ระบบประกอบด้วยมวลและสปริงการสั่นสะเทือนจะเกิดขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแรงภายนอก และการสั่นสะเทือนจะเกิดขึ้นตลอดเวลา ไม่มีการหยุด ถึงแม้ว่าจะไม่มีแรงภายนอกกระทำกับระบบแล้วก็ตาม แต่ถ้าระบบมีองค์ประกอบครบสามส่วน คือ มวล สปริง และตัวหน่วง การสั่นสะเทือนจะสามารถหยุดได้เองหลังจากที่เอาแรงภายนอกที่กระตุ้นระบบออกไป



รูปที่ 2.1 ลักษณะการเกิดการสั่นสะเทือน



รูปที่ 2.2` การเคลื่อนที่ของมวล m เทียบกับการหมุนเป็นวงกลม

การเกิดการสั่นสะเทือนจะมีลักษณะตามรูปที่ 2.1 ถ้าระบบประกอบด้วยมวล m และสปริง k เมื่อมวลถูกกระตุ้นด้วยแรงดล จะทำให้มวล m เคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยแอมพลิจูด A คงที่ ถ้านำปากกาไปติดไว้ที่มวล m และนำแถบกระดาษมารองรับปากกา เมื่อเลื่อนกระดาษด้วยความเร็วคงที่ปากกาจะเขียนการเคลื่อนที่ของมวล ลงกระดาษรูปไซค์ ถ้านำมาเขียนลงในระบบแกนจะได้ตามรูปที่ 2.2

เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ขึ้นลงของมวล m จะเห็นว่ามวล m เคลื่อนที่ขึ้นลงกลับไปกลับมาเหมือนกับการเคลื่อนที่หมุนรอบเป็นวงกลม ที่จุดสมดุลของมวล m เปรียบได้กับมุมที่วงกลมเป็น $\theta = 0$ องศา และเมื่อมวล m เคลื่อนที่ก็เปรียบได้กับรัศมี A หมุนกวาดไปรอบ ๆ จุดศูนย์กลาง ตำแหน่งของมวล m ที่มุมใด ๆ หาได้จาก $x(t) = a\sin\theta$ และถ้ารัศมี Aหมุนรอบจุดศูนย์กลางด้วยความเร็วเชิงมุม ω rad/s จะได้ว่าที่เวลา t ใด ๆ รัศมี A จะทำมุมเป็น $\theta = \omega t$ rad ซึ่งจะทำให้ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของมวล m เป็น $\theta = \omega t$ rad ซึ่งจะทำให้ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของมวล m เป็น $x(t) = A\sin\omega t$ ซึ่งการเคลื่อนที่ของมวล m ในลักษณะนี้เรียกว่าการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก (Harmonic)

ในการเคลื่อนที่ของมวล m ครบ 1 รอบของวงกลม หรือเคลื่อนที่ครบ 360 องศา หรือ 2π rad นี้เรียกว่า มวล m เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ เรียกว่าคาบเวลาของการเคลื่อนที่ กำหนดเป็น T มีหน่วยเป็นวินาที และจำนวนรอบต่อการเคลื่อนที่ใน 1 วินาที เรียกว่า ความถี่ f กำหนดได้จาก

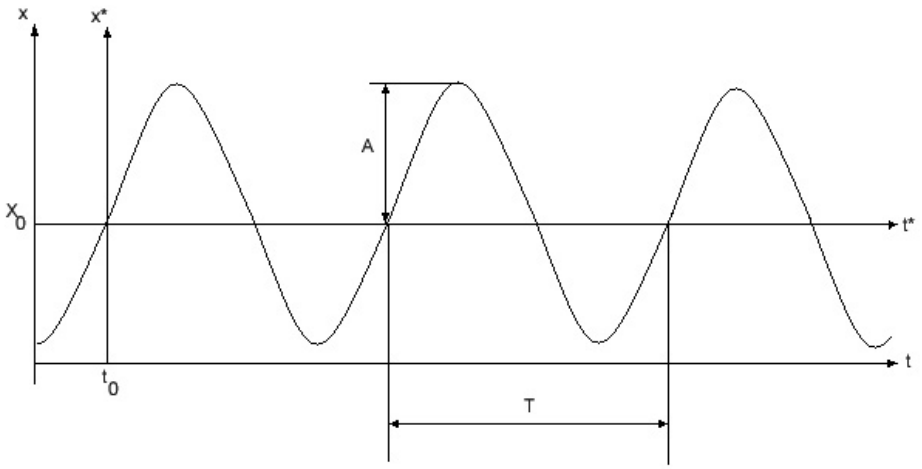
$$f = \frac{1}{T}$$

โดยที่ f มีหน่วยเป็น Hz (เฮิรตซ์) หรือ รอบต่อนาที

ส่วนความเร็วเชิงมุม ω ของรัศมี A อาจเรียกว่าความถี่เชิงมุมก็ได้ และจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความถี่ f เนื่องจากความถี่ f เป็นความถี่ซึ่งแสดงถึงจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ของรัศมี A ใน 1 วินาที แต่ 1 รอบมีค่าเท่ากับ 2π rad ดังนั้นการที่จะเปลี่ยน f เป็น ω จะกำหนดได้จาก $\omega = 2\pi f$

สำหรับการพิจารณาตำแหน่ง หรือระบบแกนของการเคลื่อนที่ของมวล m จะพิจารณาได้จากรูปที่ 2.3 ถ้าพิจารณาระบบแกน (x*,t*) จะได้สมการของการเคลื่อนที่ของมวล m เป็น

$$x^*(t) = A\sin\omega t^* \qquad (2.1)$$
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

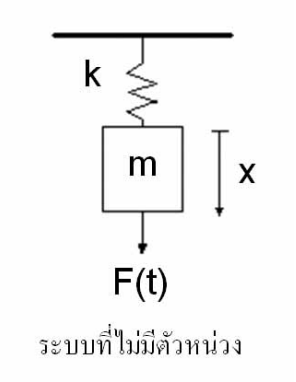


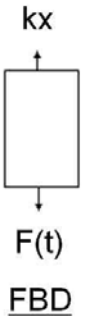
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของมวล m

จากรูปที่ 2.3 ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของมวล m ในระบบแกน (x,t) จะได้สมการการเคลื่อนที่เป็น

$$x(t) = X_0 + a\sin\omega(t - t_0) \qquad (2.2)$$

โดยที่ X_0 เป็นออฟเซต (Offset) คือเป็นตำแหน่งที่มวล m จะอยู่ในภาวะสมดุลเมื่อไม่มีการเคลื่อนที่ และ ωt_0 เป็นมุมเฟส (phase angel) ของการเคลื่อนที่





รูปที่ 2.4 แสดงแผนภาพอิสระของระบบ

การสั่นสะเทือนแบบบังคับของระบบของระบบที่ไม่มีตัวหน่วง จะพิจารณาได้จากรูปที่ 2.4 ระบบประกอบด้วย มวล และสปริง ถูกกระทำด้วยแรงจากภายนอก $f(t) = F\sin\omega t$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันฮาร์มอนิก จากกฎข้อที่สองของนิวตัน $\sum F = m\ddot{x}$ ได้สมการการเคลื่อนทีซึ่งเป็นสมการเชิงอนุพันธ์อันดับสอง เป็น

$$-kx + f(t) = m\ddot{x}$$

$$m\ddot{x} + kx = f(t)$$

เอา m หารตลอดของสมการได้

$$\ddot{x} + \omega_n{}^2 x = \frac{1}{m} f(t)$$

การตอบสนองของระบบจะมีอยู่ 2 ส่วนคือ การตอบสนองแบบเอกพันธ์ (x_h) และการตอบสนองแบบสถานะทรงตัวมั่น (x_{ss}) และผลรวม ของการตอบสนองทั้งสอง จะเป็นการตอบสนองแบบบริบูรณ์ของระบบ (x_t)

$$x_h(t) = A\cos\omega_n t + B\sin\omega_n t$$

$$x_{ss}(t) = \frac{F\sin\omega t}{m\left(\omega_n{}^2 - \omega^2\right)}$$

และ

$$x(t) = x_h(t) + x_{ss}(t)$$

$$= A\cos\omega_n t + B\sin\omega_n t + \frac{F\sin\omega t}{m\left(\omega_n{}^2 - \omega^2\right)}$$

การส่งถ่ายแรงไปยังฐาน

เมื่อมวล m ถูกกระทำด้วยแรงจากภายนอกจะส่งผลทำให้แรงส่งผ่านสปริงและตัวหน่วงไปยังฐานได้ ปริมาณของแรงที่ส่งผ่านไปยังฐานเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบฐานรองรับระบบต่อไป

สมมติว่าการตอบสนองเอกพันธ์มีค่าน้อย จะพิจารณาเฉพาะการตอบสนองแบบสถานะอยู่ตัว ดังนั้นการตอบสนองของระบบเป็น

$$x(t) = \frac{F}{m(\omega_n{}^2 - \omega^2)}\sin\omega t \qquad (2.3)$$

ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบเดียวกันกับการตอบสนองแบบฮาร์มอนิก

$$x(t) = X\sin\omega t \qquad (2.4)$$

ถ้าเทียบสมการ(2.3)และ(2.4)จะได้แอมพลิจูดของการเคลื่อนที่ของมวล m เป็น

$$X = \frac{F}{m(\omega_n^2 - \omega^2)} = \frac{F}{k\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)} \qquad (2.5)$$

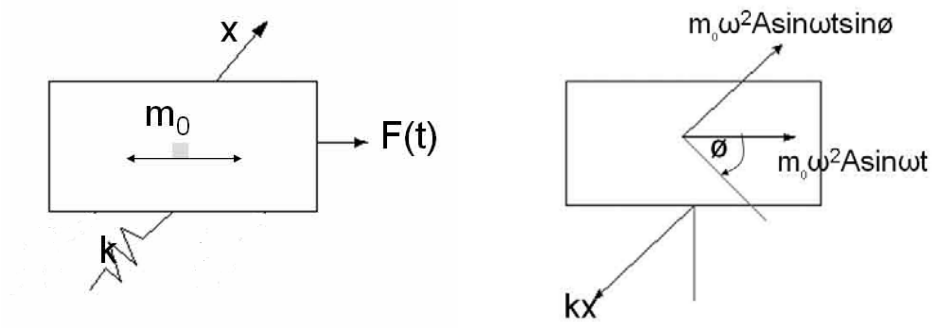
เมื่อ X เป็นแอมพลิจูดของการเคลื่อนที่ของมวล m ซึ่งก็คือระยะยืดหรือหดของสปริง ดังนั้นแรงที่ส่งผ่านไปยังฐานก็คือ $F_t = kX$ และอัตราส่วนระหว่างแรงที่ส่งผ่านสปริงกับแอมพลิจูดของแรงภายนอก F เรียกว่า อัตราการส่งถ่ายแรง (Transmission Ratio)ซึ่งหาได้จาก

$$TR = \frac{F_t}{F} = \frac{kX}{F} = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}}$$

ระบบตามโครงงานนี้ประกอบด้วยตัวสั่นทางไฟฟ้า มีมวลไม่สมดุลเป็น m_0 รองรับด้วยสปริง 1 ตัว มีค่าคงที่ของสปริงสมมูลเป็น k จะหาแรงส่งถ่ายไปยังฐานได้ดังนี้

สมการเคลื่อนที่เชิงอนุพันธ์ของการเคลื่อนที่ของระบบคือ

$$m\ddot{x} + kx = m_0\omega^2 A\sin\omega t\sin\theta$$



ในที่นี้ $F = m_0\omega^2 A\sin\omega t$

จากสมการ (2.5) ได้

$$X = \frac{m_0\omega^2\sin\omega t}{m\left(\omega_n^2 - \omega^2\right)}$$

เอา ω_n^2 หารตลอดได้

$$X = \frac{m_0\omega^2\sin\omega t}{k\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]}$$

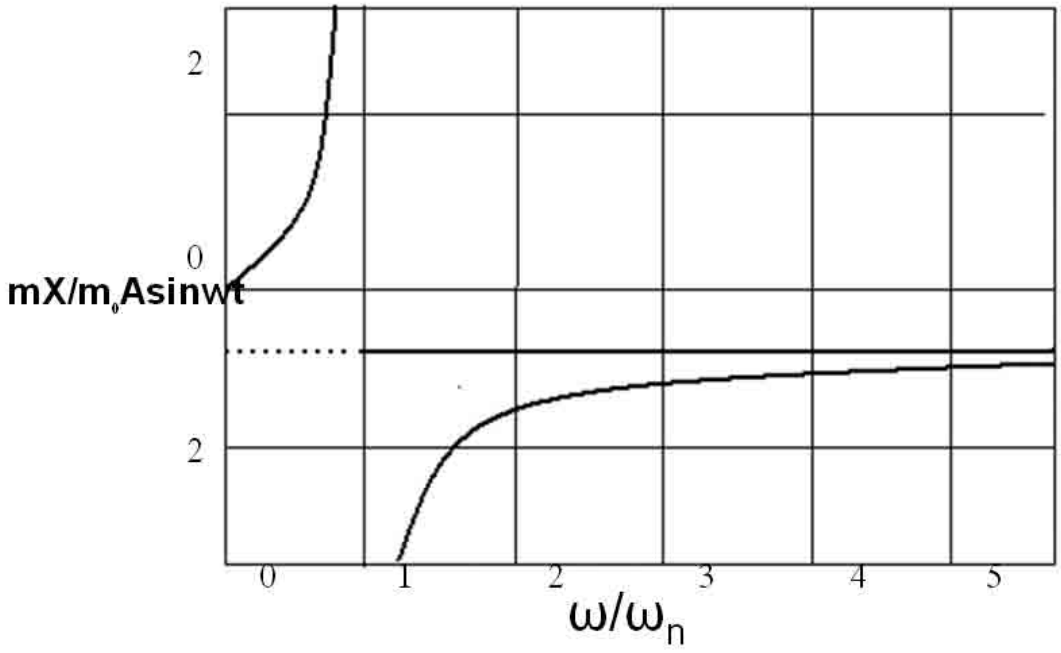
จัดให้อยู่ในรูปของ Transmission Ratio ได้

$$TR = \frac{kx}{m_0 \omega^2 A \sin \omega t} = \frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2}$$

กำหนดให้เป็นอัตราส่วนขยายได้เป็น

$$\frac{Xm}{m_0 A \sin \omega t} = \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2}$$

ที่ความถี่ $\omega = 0$ แอมพลิจูดของการเคลื่อนที่เป็น 0 ไม่มีการส่งถ่ายแรงไปยังฐาน แต่ที่ $\omega = \omega_n$ แอมพลิจูดมีค่าอนันต์ มีการส่งแรงไปยังฐานมาก และในช่วง $0 \le \omega \le \omega_n$ แอมพลิจูดจะมีทิศทางขึ้นตามทิศของ x (สปริงยืดออก) และที่ $\omega_n \le \omega \le \infty$ สปริงถูกกดลง



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงอัตราส่วนขยายที่เปลี่ยนไปกับความถี่

จาก $$F = kx$$

และ $$\frac{kx}{m_0\omega^2 A\sin\omega t} = \frac{1}{1-\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}$$

จะได้ $$F_t = \frac{m_0\omega^2 A\sin\omega t}{1-\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\sin\theta}$$

แทนค่าต่าง ๆ ลงไปดังนี้

แทนค่า A = 0.003m , m0 = 0.013 kg

และให้ sinωt = 1 , sinØ = 1 , ω/ωn = 1

จะได้แรงที่ส่งผ่านไปยังฐานสูงสุดของระบบคือ

Ft =0.003 x 502x 0.013

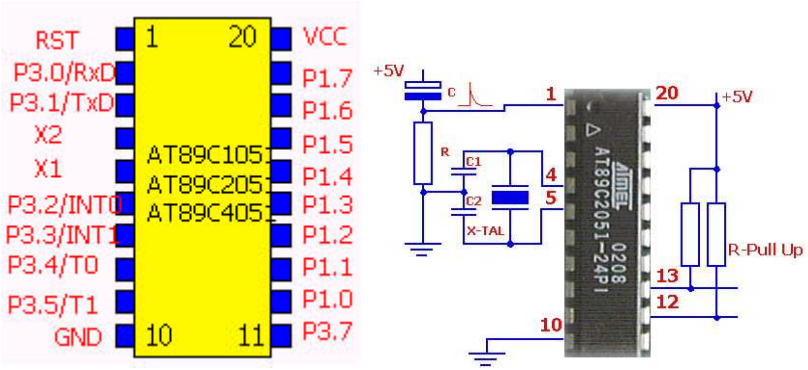
=0.0975 N

ซึ่งแรงที่ได้จากการคำนวณนี้มีค่าน้อยมากเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักของโครงสร้างของเครื่องนับเม็ดยาซึ่งค่าแรงสั่นสะเทือนในระดับนี้จะไม่มีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องนับเม็ดยาซึ่งค่าที่คำนวณได้จะนำไปอ้างอิงในการออกแบบโครงสร้างเครื่อง

2.2 ทฤษฎีทางไฟฟ้าและอิเลคโทรนิค

ในส่วนการควบคุมในเครื่องนับเม็ดยาต้นแบบโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมอุปกรณ์อื่น ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่ในการรับคำสั่งจากผู้ใช้ส่งไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม

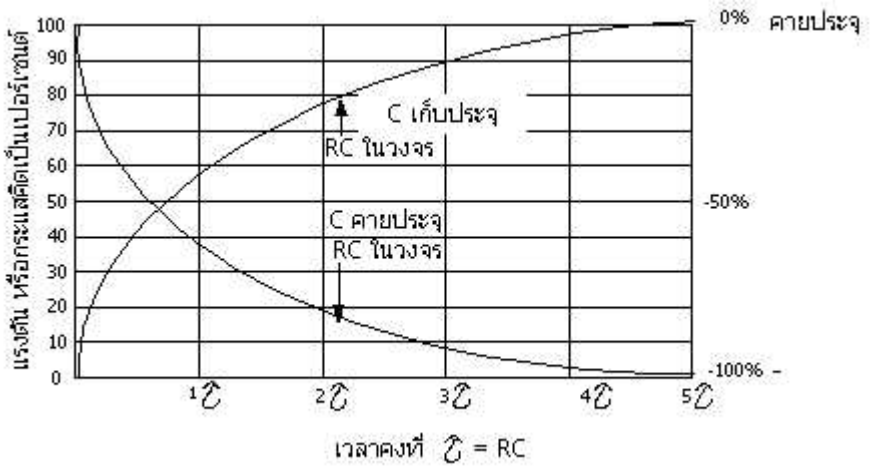
ภาคไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.6การจัดตำแหน่งขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ส่วนนี้จะใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาด 20 ขาซึ่งเป็นชนิดที่มีหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Memory) ในวงจรนี้สามารถจะเลือกใช้ไอซีเบอร์ AT89C1051, AT89C2051 หรือ AT89C4051 โดยเลือกใช้งานได้ตามขนาดหน่วยความจำที่ต้องการ สวิตซ์ ,C และ R จะเป็นวงจรกำหนดคาบเวลาของสัญญาณ รีเซตของ IC สังเกตจากรูปสัญญาณที่ขารีเซต (ขา 1) ของไอซี IC ซึ่งจะทำการรีเซตที่สถานะลอจิก "1" (สูง) ในช่วงเวลาอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล โดยจะถูกกำหนดช่วงของคาบเวลาด้วย C และ R ซึ่งมีลักษณะการทำงานเมื่อเปิดสวิตซ์ เพื่อป้อนแรงไฟให้กับบอร์ดเป็นครั้งแรก C จะทำการเริ่มต้นเก็บประจุทันที แรงดันที่ตัวเก็บประจุไม่สามารถที่จะเพิ่มทันทีทันใดได้ แต่จะมีแรงดันเพิ่มขึ้นจาก 0 โวลต์ ไปเรื่อยๆ ทำให้สถานะของขารีเซตเป็นลอจิก "1" อยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้น C ก็จะเก็บประจุจนเต็มทำให้ที่ขารีเซตเป็นสถานะลอจิก "0" (ต่ำ) ไอซีก็จะเริ่มต้นทำงาน ถ้าต่อสวิตซ์ขนานกับ C แล้วทำการกดสวิตซ์ จะทำการลัดวงจรของ C ทำให้เกิดการคายประจุอย่างรวดเร็ว หลังจากที่ทำการปล่อยคีย์สวิตซ์ ก็จะทำให้ C

เริ่มทำการประจุใหม่ และจะทำเช่นที่ผ่านมาอีกครั้ง IC จะได้รับสัญญาณนาฬิกามาจาก คริสตอล X1 ,C1 และ C2 ซึ่งตัวเก็บประจุ C1 และ C2 จะเป็นแบบเซรามิค ที่มีค่าอยู่ในระหว่าง 22 pF - 47 pF ส่วนคริสตอลค่าความถี่ที่ได้จะระบุที่ด้านข้างของตัวคริสตอล โดยใช้ค่าแรงดันได้ไม่เกิน 24 โวลต์ ขาของพอร์ต P1 และ P3 จะมีตัวต้านทานพูลอัฟภายใน ยกเว้นขา P1.0 P1.1 จะไม่มีตัวต้านทานพูลอัฟภายใน ซึ่งตัวต้านทานพูลอัฟ จะทำหน้าที่สำหรับการยกระดับสัญญาณ (Pull - up) ของขาพอร์ตให้มีค่าสถานะสูง และจ่ายกระแสเมื่อถูกดึงระดับสถานะให้ต่ำจากภายนอกขา ดังนั้นจะต้องต่อ P1.0 P1.1 โดยจะมีตัวต้านทานพูลอัฟค่าประมาณ 10 กิโลโอห์ม



รูปที่ 2.7 แสดงแรงดันหรือกระแสเทียบกับเวลา

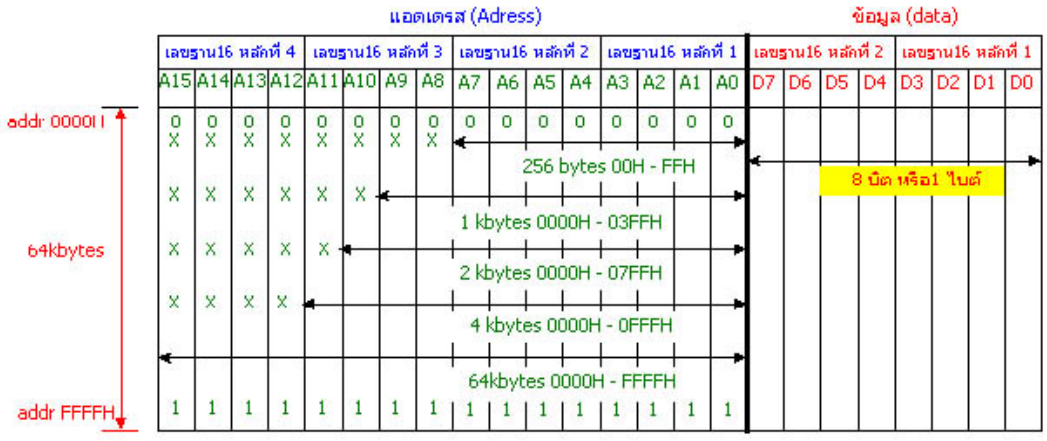
การจัดหน่วยความจำของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

หน้าที่การทำงานของหน่วยความจำจะทำหน้าที่เก็บโปรแกรมคำสั่ง และข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดค่าต่างๆให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือใช้เก็บค่าต่างๆที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้กระทำตามคำสั่งการจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือ (Code Memory)
2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)
3. รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function)

1.หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือหน่วยความจำรหัสคำสั่ง (Code Memory)

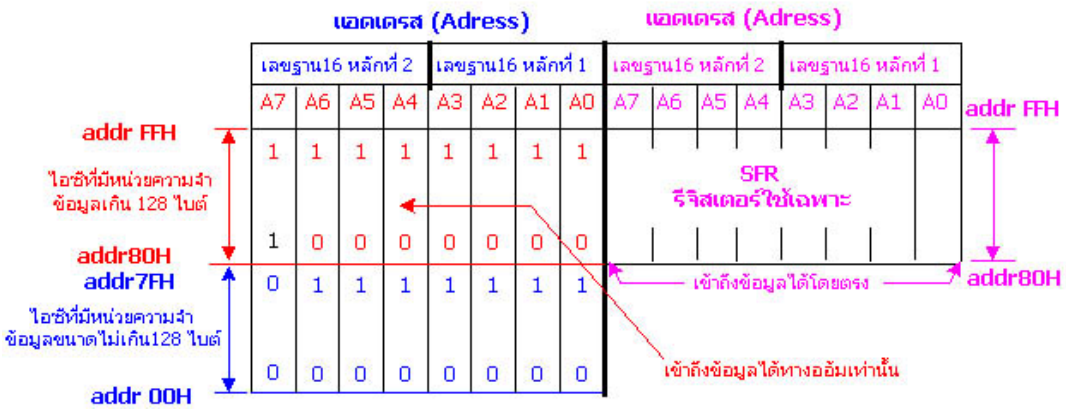
หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม(ทำหน้าที่เช่นเดียวกับรอม) หรือหน่วยความจำรหัสคำสั่ง (Code Memory) จะทำหน้าที่เก็บชุดคำสั่งเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ยกตัวอย่าง เช่นในขณะที่เปิดเครื่องไมโครเวฟ จะมีการแสดงผลรายการหลักที่หน้าจอ LCD เพื่อคอยให้ป้อนค่าเวลาที่ต้องการจะอุ่นอาหาร คำสั่งที่จอ LCD เพื่อให้ป้อนข้อมูลนั้นจะเขียนคำสั่งอยู่ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมนั้นเอง ถึงจะเปิดเครื่องไมโครเวฟกี่ครั้ง ก็จะมีการแสดงผลที่ LCD ให้เราป้อนค่าเวลาที่ต้องการเหมือนเดิม ภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C1051AT89C2051 และ AT89C4051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมได้ 1 Kbytes, 2 Kbytes และ 4 Kbytes ตามลำดับ หน่วยความจำจะเป็นลักษณะแบบแฟลช ที่มีคุณสมบัติในการใช้งานโดยสามารถจะทำการลบข้อมูลด้วยไฟฟ้า และเก็บข้อมูลเข้าเก็บไว้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้กว่า 1000 ครั้ง โดยใช้เครื่องโปรแกรมที่ไม่ยุ่งยากและราคาไม่แพง ข้อสังเกต ส่วนของแอดเดรส(ADRRES)ไม่สามารถที่จะใช้ตำแหน่งเดียวกันได้ แต่ข้อมูล(DATA)สามารถที่จะมีข้อมูลเหมือนกันได้ จากตารางอุปมาเหมือนกับมีกระดาษจำนวนเท่ากับ 2n บรรทัดมาให้ ดังนั้นหากต้องการเขียนข้อมูลใดๆลงในแต่ละบรรทัด จะต้องมีตำแหน่งของบรรทัดที่ไม่ซ้ำกัน และการที่จะเลือกจำนวนของบรรทัด ขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูลที่ต้องการจะเขียน ยกตัวอย่างเช่นหากต้องการขนาดของข้อมูลในการเขียนโปรแกรมเพียง 2000 บรรทัด อาจจะเลือกใช้หน่วยความจำขนาด 2Kbytes โดยมีแอดเดรสตั้งแต่ 0000H - 07FF



รูปที่ 2.8 รูปแสดงปริมาณหน่วยความจำ

2.หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

หน่วยความจำข้อมูล(RAM) จะทำหน้าที่เก็บรักษาข้อมูล โดยข้อมูลอาจจะเป็นค่าหลังจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการการประมวลผล หรือเก็บค่าข้อมูลที่จะให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลในขณะนั้น และจะทำหน้าที่เป็น สแตก (Stack)บางส่วน ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าเป็นเครื่องไมโครเวฟที่ใช้สำหรับอุ่นอาหาร ก็คือส่วนที่เราป้อนข้อมูลเช่นเวลาหรืออุณหภูมิที่เป็นปัจจุบัน หลังจากหน่วยความจำโปรแกรมแสดงรายการ หลักที่ LCD นั้นเอง สังเกตว่าหากเราปิดเครื่อง แล้วเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งหนึ่ง ค่าข้อมูลที่เป็นเวลา และอุณหภูมิเดิมที่เรากำหนดไว้ในครั้งแรกก็จะหายไป และจะให้ป้อนค่าข้อมูลใหม่อีกครั้ง ดังนั้นการที่จะรักษาข้อมูลเดิมไว้ได้ จะต้องมีแหล่งจ่ายไฟสำรองไว้สำหรับเพื่อเลี้ยงให้กับตัวไอซีตลอดเวลา หรือที่เรียกว่า Battery backup * สำหรับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C1051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ 64 bytes ส่วนAT89C2051 และ AT89C4051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ 128 bytes



ตารางที่ 2.1 ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal data memory)

หน่วยความจำข้อมูลภายในยังแบ่งส่วนของการใช้งานได้อีกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์จะเป็นหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไปอยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH และหน่วยความจำในตำแหน่งแอดเดรสที่ 80H-FFH ซึ่งจะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) ในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป จะแสดงได้ดังตาราง2.10โดยพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH สามารถที่จะแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังนี้

2.1 พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูล (แรม)ตำแหน่งที่ 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์

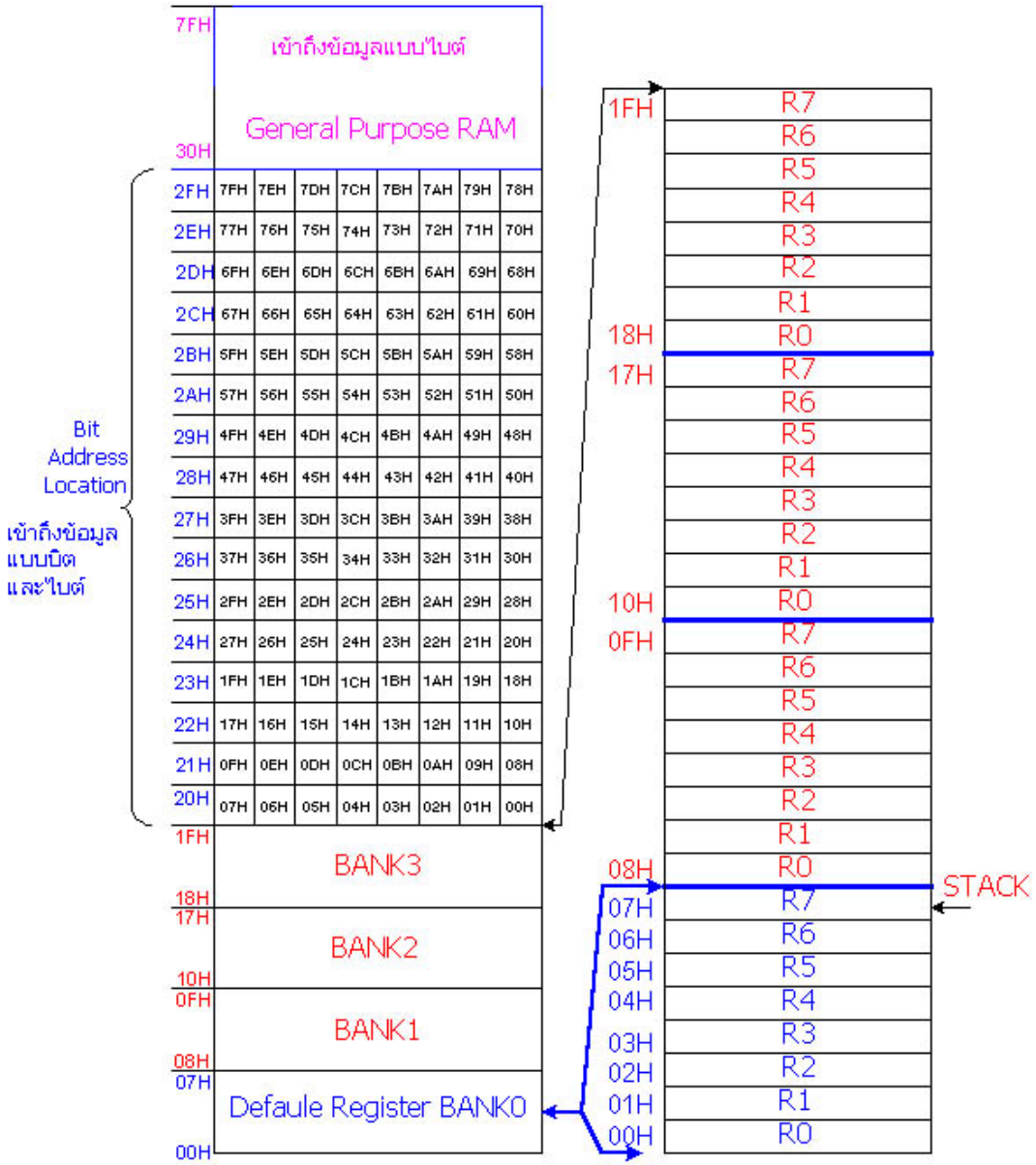
จะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า แบงก์ (Bank) และในแต่ละแบงก์ จะมี 8 ไบต์ ดังแสดงในรูป2.1 พื้นที่ในแต่ละแบงก์จะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจิสเตอร์ R0-R7 เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิตหรือ 1 ไบต์) โดยที่รีจิสเตอร์ R0 จะอยู่ในตำแหน่งแรกของแต่ละแบงก์ และ รีจิสเตอร์ R7 จะอยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของแต่ละแบงก์ ในการนำไปใช้งานจะเลือกใช้รีจิสเตอร์ R0-R7 ได้เพียงแบงก์เดียว และเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงก์ใดๆก็ได้ โดยการกำหนดค่าข้อมูลที่รีจิสเตอร์ PSW ในส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)หากไม่ได้กำหนดค่าใดๆ เมื่อทำการรีเซตให้กับ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ จะถูกกำหนด ให้เริ่มต้นใช้งานที่รีจิสเตอร์ R0-R7 ในหน่วยความจำตำแหน่งแบงก์ 0ให้ ดังนั้นในการทดลองเริ่มต้นในส่วนแรกๆจะยังไม่กำหนดค่าใดๆ

2.2 พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูลภายใน (แรม) ตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์

เป็นส่วนที่สามารถใช้งานในลักษณะการเข้าข้อมูลแบบ ไบต์หรือแบบบิตได้ และสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง เพียงแต่ระบุตำแหน่งหรือชื่อของบิตนั้นๆได้ ซึ่งจะมีด้วยกันอยู่จำนวนทั้งหมด 128 บิต แต่ละบิตจะมีหมายเลขตำแหน่งของบิตคือ 00H-7FH โดยตำแหน่งบิตที่ 00H ก็คือข้อมูลของบิตต่ำสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H หรือ อาจเรียกว่า (20H.1) และตำแหน่งของบิตที่ 7FH คือข้อมูลบิตสูงสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 2FH หรืออาจเรียกว่า (20H.7) การอ้างตำแหน่งแบบบิตจะทำให้โปรแกรมทำงานได้รวดเร็วขึ้น

2.3 พื้นที่บริเวณหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่งที่ 30H-7FH จะเป็นพื้นที่ของหน่วยความจำใช้งานทั่วไป

การติดต่อกับข้อมูลในตำแหน่งต่างๆ ของหน่วยความจำส่วนนี้จะอ้างตำแหน่งข้อมูลได้ในลักษณะของแบบไบต์เท่านั้น และพื้นที่ส่วนนี้อาจจะใช้เป็นสแตกได้

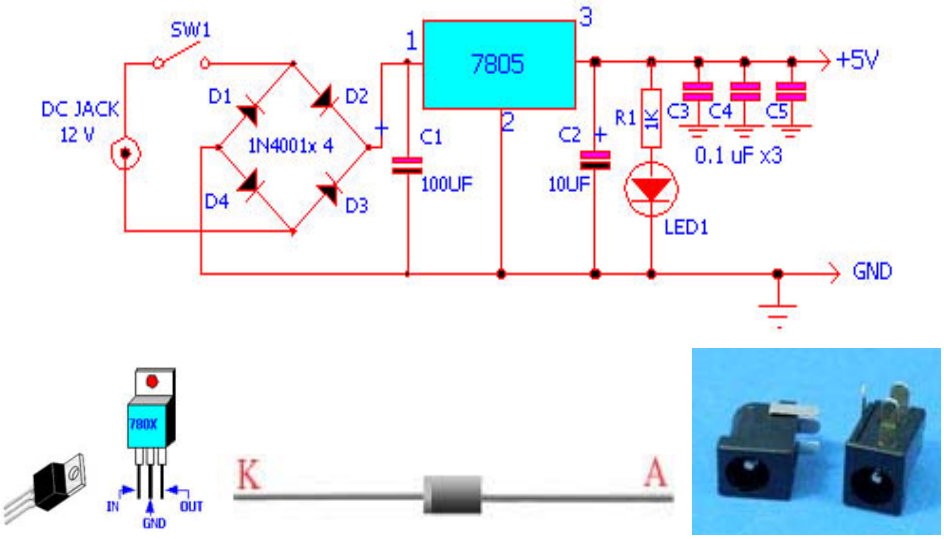


รูปที่ 2.9 แสดงพื้นที่การใช้งานหน่วยความจำ

ขั้นตอนการสร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการสร้างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้นใช้เองนั้นต้องมีการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ชนิดต่างๆของเครื่องนับเม็ดยาซึ่งต้องมีการสร้างวงจรไฟเลี้ยงขึ้นก่อน

ภาคจ่ายไฟ

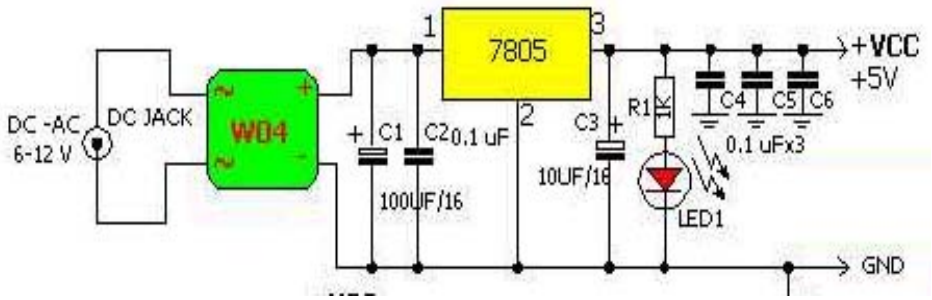


รูปที่ 2.10วงจรไฟเลี้ยง

การทำงานของวงจร เริ่มจากสวิตช์ SW1 ทำหน้าที่ เปิด-ปิด การจ่ายไฟให้กับวงจรทั้งหมด โดยใช้แหล่งจ่ายไฟแบบ DC หรือ AC ทีมีแรงดันไฟขนาด 6-9 โวลต์ ไดโอด D1-D4 ต่อเป็นวงจรบริดจ์ เพื่อจะให้เข้ากับการต่อขั้วไฟ DC จากอแดปเตอร์ที่จะเป็นแบบขั้วไฟบวกอยู่ด้านนอกขั้วไฟลบอยู่ด้านใน หรือขั้วไฟลบอยู่ด้านนอกขั้วไฟบวกอยู่ด้านใน ก็สามารถใช้งานได้ หรืออาจจะใช้แหล่งจ่ายไฟ AC จากหม้อแปลงโดยตรง ที่มีขนาดประมาณ 6-9 โวลต์เอซี โดยไดโอดที่ต่อวงจรบริดจ์จะทำหน้าที่เป็นวงจรเรกติไฟเออร์ โดยเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

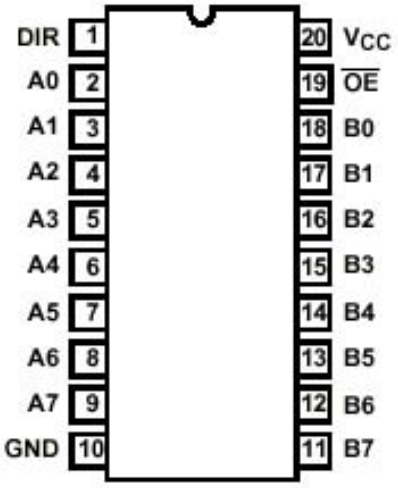
ตัวเก็บประจุ C1 จะทำหน้าที่กรองแรงดันหรือฟิลเตอร์ (Filter) เพราะในการเปลี่ยนแรงดันไฟกระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟกระแสตรง จะยังมีการกระเพื่อมของแรงดันไฟตรงที่เราเรียกว่า ริปเปิล (Ripple) ดังนั้นเราจึงใช้ตัวเก็บประจุเพื่อลดค่าแรงดันริปเปิลลงไป โดยการเก็บค่าประจุไว้เมื่อช่วงแรงดันสูง และจะจ่ายประจุให้กับโหลดเมื่อมีการกระเพื่อมทางด้านต่ำดังนั้นโหลดจะได้แรงดันที่ราบเรียบขึ้น IC1 เป็นไอซีเร็กกูเรเตอร์ (Regulate) ขนาด 5 โวลต์ ซึ่งจะทำ

หน้าที่รักษาระดับของแรงไฟให้มีค่าคงที่ 5 โวลต์ ตัวเก็บประจุ C2 จะทำหน้าที่กรองแรงดัน ที่ออกมาจากเอาต์พุตของ IC1 ส่วน C3,C4 และ C5 ทำหน้าที่กรองสัญญาณความถี่สูงทิ้งไป ซึ่งอาจจะเกิดจากอุปกรณ์วงจรภายในของไอซี ในการต่อใช้งานจะต่อระหว่างขาไฟเลี้ยงของไอซีกับขากราวด์ โดยต่อให้ใกล้กับขาไอซีให้มากที่สุด ส่วนตัวต้านทาน R1 จะทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ป้อนให้กับ LED1 เพื่อกำหนดความสว่าง ถ้าหากค่าความต้านทานน้อยก็จะทำให้ LED1 สว่างมาก และกินกระแสมากขึ้น หากค่าความต้านทานน้อยเกินไปอาจจะทำให้ LED1 เสียหายได้ ดังนั้นในการกำหนดความสว่างของ LED1 ให้พอดีสำหรับการแสดงสภาวะการทำงานของบอร์ด ก็ควรจะใช้ค่าความต้านทานที่มีค่ามาก แต่ยังให้แอลอีดีมีความสว่างพอสังเกตได้ จะเป็นการประหยัดแหล่งจ่ายไฟของระบบ



รูปที่ 2.12 วงจร VCC

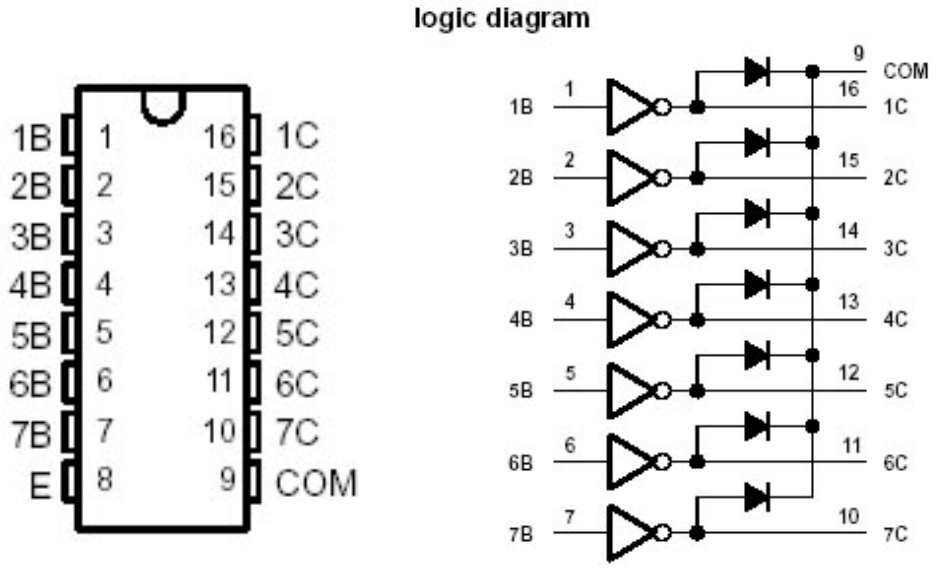
ภาคไอซีบับเฟอร์ (Buffer) และไดเวอร์ Driver



CONTROL INPUTS		OPERATION
$\overline{OE}$	DIR	
L	L	B Data to A Bus
L	H	A Data to B Bus
H	X	Isolation

รูปที่ 2.13การวางตำแหน่งขาของบัฟเฟอร์

IC เบอร์ 74LS245 จะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) ข้อมูลขนาด 8 บิต ในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อพอร์ตกับอุปกรณ์ภายนอก ในกรณีที่ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่สามารถที่จ่ายกระแสมากเกินกว่า ที่จะขับอุปกรณ์เอาต์พุตโดยตรงได้ ดังนั้นจึงต้องผ่านไอซีที่ทำหน้าที่บัฟเฟอร์เสียก่อนจึงเปรียบเสมือนเป็นอุปกรณ์ป้องกันหรือตัวกันชน ให้กับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเอง

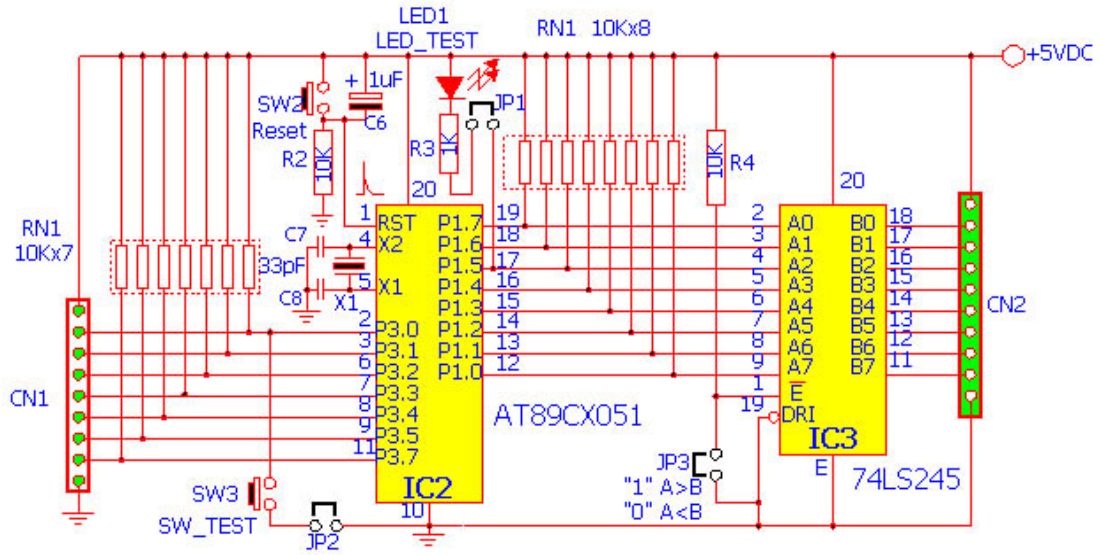


รูปที่ 2.14การจัดวางตำแหน่งขาของไดรเวอร์

IC เบอร์ ULN2003 เป็นไอซี Driver แสดงผลทางเอาต์พุตให้เป็นแอลอีดีได้หลายๆดวง และสามารถขับอุปกรณ์เอาต์พุตขนาดไม่เกิน 500 mA เช่นมอเตอร์ รีเลย์ หรือสเตปปิ้งมอเตอร์ โดยสามารถจะนำมาให้ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) ข้อมูลขนาด 8 บิต ในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อพอร์ตกับอุปกรณ์ภายนอก

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

IC3 ในที่นี้ใช้เบอร์ 74LS245 จะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) ข้อมูลขนาด 8 บิต ในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อพอร์ตกับอุปกรณ์ภายนอก ในกรณีที่ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่สามารถที่จ่ายกระแสมากเกินกว่า ที่จะขับอุปกรณ์เอาต์พุตโดยตรงได้ ดังนั้นจึงต้องผ่านไอซีที่ทำหน้าที่บัฟเฟอร์เสียก่อน จึงเปรียบเสมือนเป็นอุปกรณ์ป้องกันหรือตัวกันชน ให้กับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเอง จุดต่อ JP3 จะทำการเลือกทิศทางของไอซีบัฟเฟอร์ 74LS245 โดยถ้ากำหนด JP3 ต่อถึงกัน(Close) แสดงว่าพอร์ต P1จะรับข้อมูลจากภายนอกที่เป็นอินพุตเข้ามา แต่ถ้า JP3 ไม่ได้ต่อถึงกัน (Open) จะเป็นการเลือกให้พอร์ต P1 ส่งข้อมูลออกไปเป็นเอาต์พุตภายนอก



รูปที่ 2.15วงจรที่ใช้ในการทดสอบจริง

รูปที่ 2.16ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด รุ่น MCT-02-B

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะใช้ทดลอง

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขายในปัจจุบันมีอยู่หลายเบอร์ แต่ที่สำคัญคุณสมบัติพื้นฐานมีดังนี้

- มีคำสั่งที่ใช้ได้กับตระกูล MCS-51 (Compatible)

- มีหน่วยความจำภายในอย่างน้อย 128 ไบต์ (เรียกว่าแรม หรือหน่วยความจำข้อมูล ใช้เก็บข้อมูลประเภทชั่วคราว)

- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ (ในกรณีใช้หน่วยความจำภายนอก) 65,536 ไบต์ หรือ 64KB หรือ 16 ขาแอดเดรส ก็หามาจาก 2^16 (2 ยกกำลัง16) บางทีเรียกหน่วยความจำโปรแกรม หรือพวกรอม อีพรอม หรือแฟลช์ ที่ใช้เก็บรหัสหรือโค๊ดคำสั่งต่างๆ แต่เดียวนี้เกือบทุกเบอร์ก็จะเอาหน่วยความจำส่วนนี้เก็บไว้ในตัวไอซีตัวเดียวกัน ซึ่งเป็นแบบหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชมีตั้งแต่ค่า 2KB,4KB,8KB,16KB,20KB ถึง 64KB (เป็นหน่วยความจำแบบที่อยู่ใน HANDY DRIVE)

- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ ฟูลดูเพล็กซ์ ติดต่อได้ 2 ทิศทางรับ ส่งได้

-มีวงจร Counter/Timer ที่อยู่ภายใน ทำเป็นตัวนับค่าตามที่กำหนด หรือทำเป็นนาฬิกาก็ได้

-ใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลตกินกระแสไม่มากนัก

-มีวงจรอินเตอร์รัพท์ คือการขัดจังหวะ เพื่อที่จะได้ไปทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดไว้หากมีเหตุการณ์ที่ต้องการตรวจสอบ

-มีหน่วยความจำที่เข้าได้แบบบิต (8 บิตเท่ากับ 1ไบต์ โดยทั่วไปเปลี่ยนข้อมูลที่ละไบต์ แต่ในที่นี้สามารถแก้ไขได้แบบบิตคือบิตเดียวได้) อย่างอื่นจะมีเพิ่มเติมตามเบอร์ และคุณสมบัติของบริษัทที่ผลิตไอซี

การทดสอบบอร์ดทดลอง

มีขั้นตอนดังนี้

- ติดตั้งบอร์ดทดลอง โดยไฟเลี้ยง 12 โวลต์ ให้บอร์ดทดลองและต่อสายโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์กับพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์

- เปิดโปรแกรม Kiel –C 51 เขียน Source Code ด้วยภาษา C

- Save File เป็นนามสกุล .C

- ทำการ คอมไพล์ถ้าไฟล์ที่เราเขียนถูกต้องไฟล์จะเปลี่ยนนามสกุลเป็น .HEX

- เปิดโปรแกรม MRT-ISP 2.1 เพื่อเขียนโปรแกรมลงหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

- เลือกพอร์ต LPT1

- เปิดไฟล์ .HEX ที่ต้องการเขียนลงใน CPU แล้วกดปุ่ม Program จนครบ 100 % และ Program False Ok เมื่อโปรแกรมข้อมูลเสร็จโปรแกรมจะแจ้งว่า Program Complete ทันทีทุกครั้งที่โปรแกรมเรียบร้อยแล้วจะเกิดการรีเซตอัตโนมัติสามารถใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทันที แต่ถ้ามีข้อผิดพลาดโปรแกรมจะแจ้ง Program Error

- ถ้าต้องการลบโปรกรมในหน่วยความจำโปรแกรมก็สามารถทำได้โดยง่ายเพียงแต่กดปุ่ม Erase เท่านั้น

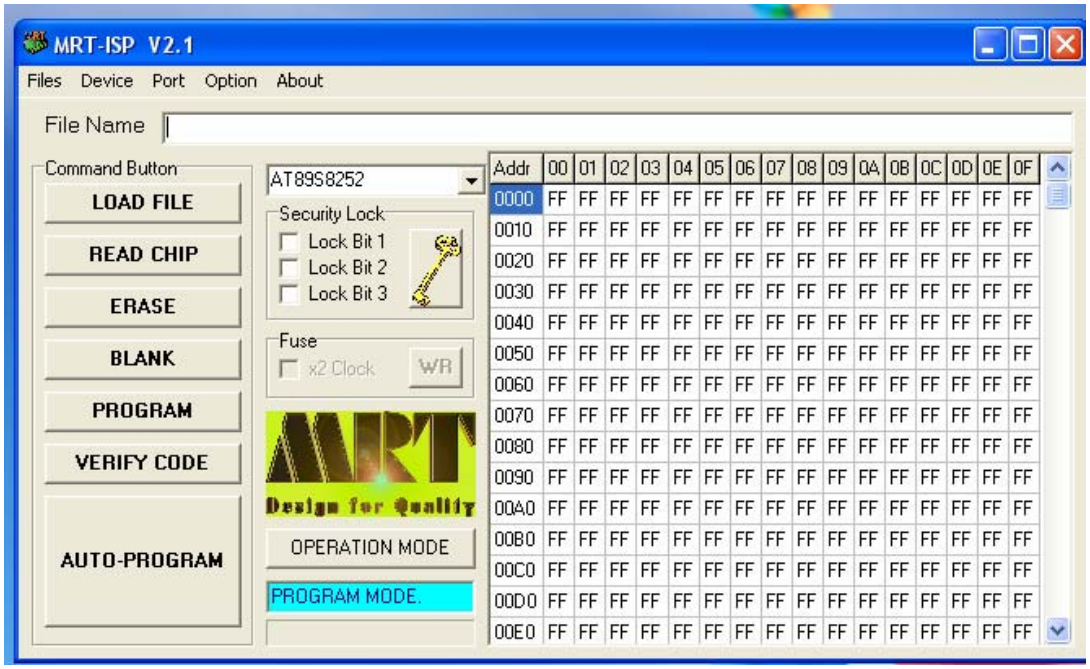
กรตรวจสอบเมื่อโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ทำงาน

มีขั้นตอนดังนี้

- การต่อวงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ถูกต้องหรือไม่

- สายต่อระหว่างพอร์ตขนาน ของคอมพิวเตอร์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

- ไฟเลี้ยงแก่บอร์ดโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกต้องหรือไม่ถ้าถูกไฟแสดงสถานะที่บอร์ดจะติด



รูปที่ 2.17โปรแกรม MRT-ISP 2.1

STEPPING-MOTOR

เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในการสร้างเครื่องนับเม็ดยาต้นแบบ โดยใช้เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเปลี่ยนทิศทางในการไหลของเม็ดยา เมื่อเครื่องนับเม็ดยานับเม็ดยาได้ครบตามจำนวนที่ต้องการเพื่อเปลี่ยนทิศทางในการไหลของเม็ดยาเพื่อที่จะได้มีเวลาในการเปลี่ยนอุปกรณ์รองรับเม็ดยา

ทฤษฎีเบื้องต้น

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์มาทำการควบคุมได้สะดวก และเป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุน ที่ต้องการตำแหน่ง และทิศทางที่แน่นอน การทำงานของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะขับเคลื่อนทีละขั้นๆ ละ (Step) 0.9, 1.8, 5, 7.5, 15 หรือ 50 องศา ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวนั้นๆ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงทั่วไป (DC MOTOR) โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็นแบบสเต็ปๆ ได้ ดังนั้นในการนำไปกำหนดตำแหน่งจึงควบคุมได้ยากกว่าแต่ในส่วนใหญ่จะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มาทำการการควบคุม

ข้อดีของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เมื่อเปรียบกับมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)

1. การควบคุมไม่ต้องอาศัยตัวตรวจจับการหมุน

2. ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีส่วนที่จะต้องสึกหรอ และปัญหาของการสปาร์ค (ที่เกิดจากหน้าสัมผัสของแปรงถ่านแหวนตัวนำในโรเตอร์)ที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน

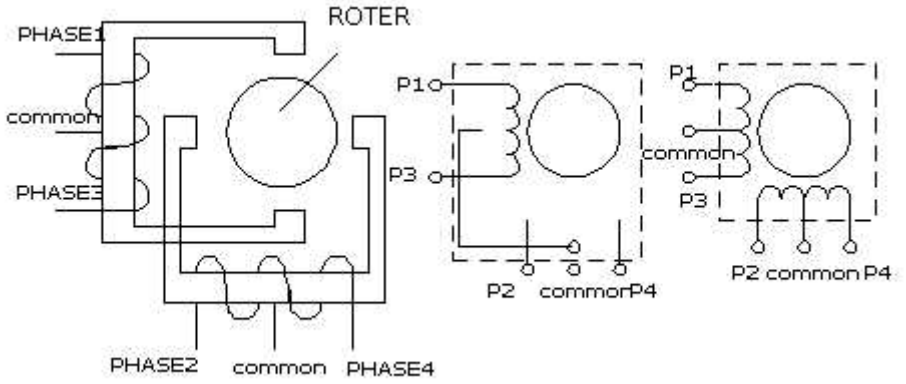
3. การควบคุมโดยทางวงจรดิจิตอลหรือไมโครโพรเซสเซอร์ ทำได้ง่าย และสะดวก

รูปที่ 2.18 เสต็ปมอเตอร์และการใช้งาน

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการทดลองนี้ จะใช้สเต็ปปิ้งแบบยูนิโพล่าร์ (Uni.-polar stepper motor) ซึ่งโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ด้วยกันคือ

1 ส่วนที่ทำการหมุน (Rotor) จะเป็นแม่เหล็กถาวรหรืออื่นๆ

2 ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) เป็นขดลวดที่พันไว้จำนวนหลายๆขด



รูปที่ 2.19 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส แบบยูนิโพล่าร์ (Uni-polar stepper motor)

วิธีการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้หมุนโดยการกระตุ้นเฟส

ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อที่จะให้ทำการหมุน มีวิธีการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน โดยถ้าหากต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้นๆเป็นสถานะลอจิก "1" และในการกระตุ้นเฟสของของสเต็ปปิ้งมีอยู่ด้วยกัน 2แบบคือ

1. การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเต็ปมอเตอร์ (Full Step Motor) แบ่งออกเป็น 2 แบบ

1.1 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟ แสดงดังตารางรูป 6.15.ก จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวด ของสเตปปิ้งมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแส ที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีน้อย

1.2 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส (Two-Phase Driver) แสดงดังตารางที่ 2.2 รูปที่ 6.15 ข เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของสเตปปิ้งมอเตอร์พร้อมๆกันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกับไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นและจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

2. การกระตุ้นเฟส แบบฮาลฟ์สเต็ป (Half Step Motor) หรือ one-two phase Driver คือ การกระตุ้นเฟสแบบ ฟลู สเต็ป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แสดงดังตารางรูป 6.15.ค แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของ สเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียว ของแบบฟูลสเต็ป 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

รูป 6.15 ก แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

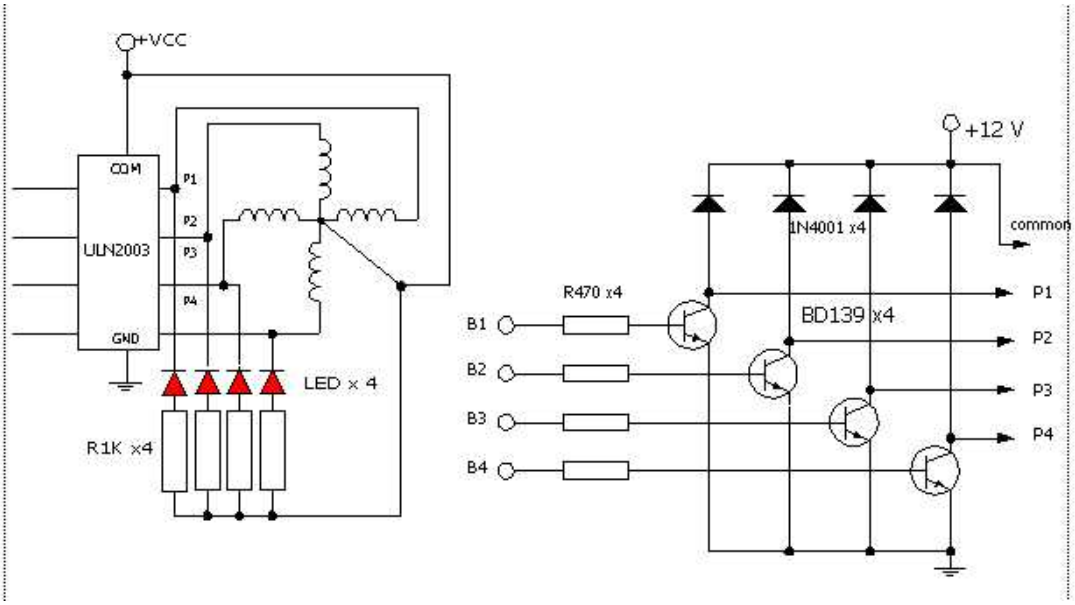
รูป 6.15 ข แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

รูป 6.15 ค แบบฮาลฟสเต็ป 2 เฟส

ตารางที่ 2.2 แสดงการกระตุ้นเฟสแบบต่างๆของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

วงจรที่ใช้ในการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยใช้ไอซีสำเร็จรูปและวงจรจากทรานซิสเตอร์ แสดงได้ในรูปที่ 2.20 โดย ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ ULN2003 จะมีคุณสมบัติเป็นไอซีไดรเวอร์กระแสสูงแบบคอลเล็คเตอร์เปิด สามารถเลือกแรงดันได้กว้าง 5-30 โวลต์ จ่ายกระแสได้สูงถึง 500 mA ต่อขา และมีไดโอดที่ป้องกันกระแสย้อนกลับอยู่ภายในไอซี ส่วนแอลอีดีที่ต่อในวงจรเราจะต่อไว้เพื่อแสดงการกระตุ้นแต่ละเฟส ของแต่ละแบบ

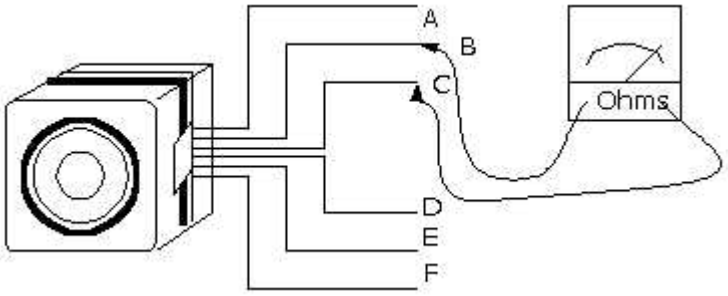


รูปที่ 2.20แสดงการต่อวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยใช้ไอซีสำเร็จรูป และวงจรทรานซิสเตอร์

วิธีการตรวจสอบหาเฟสของขดลวดสเต็ปปิ้งมอเตอร์

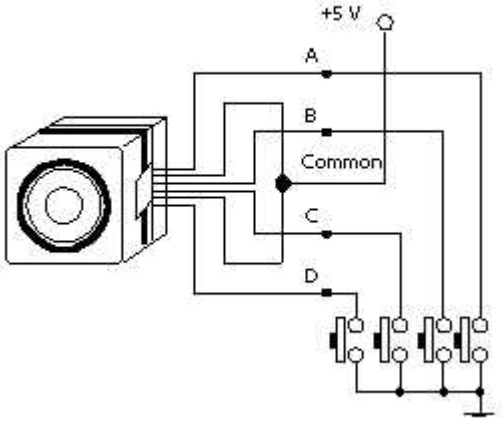
ในขั้นตอนที่ 1 ให้สังเกตว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่นำมาทดลองที่เป็นแบบยูนิโพล่าร์ (Uni-polar stepper motor) จะมีจำนวนสาย 5เส้นหรือ 6 เส้น (ถอดจากดิสก์ไดร์ฟเก่าขนาด 5 นิ้ว นำมาใช้งานได้)

ขั้นตอนที่ 2 ใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทานของเส้นลวดในแต่ละขดดังรูป 2.21 ขั้นตอนการวัด ให้หาสายที่ต่อเป็นจุดร่วมก่อน(common) โดยให้ใช้ มัลติมิเตอร์ตั้งค่าไว้สำหรับการวัดค่าความต้านทาน แต่ละเส้น สังเกตที่ค่าความต้านทาน ถ้าหากไม่ได้วัดระหว่าง จุดต่อร่วม(common) กับสายแต่ละเส้น ค่าความต้านทานจะมีค่าเป็น 2 เท่าของการวัดระหว่างจุดต่อร่วมกับสายที่ใช้งาน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้จุด B เป็นจุดร่วม หากวัดระหว่างที่จุด A กับจุด B จะมีค่าเท่ากับ 60 Ohm แต่ถ้าวัดระหว่างที่จุด A และจุด C ซึ่งไม่ใช่จุดร่วมก็จะได้ค่าเท่ากับ 120 Ohm หากเป็นแบบที่มีสาย 6 เส้นก็จะมีจุดร่วมสองจุด เพราะมีขดลวดคนละชุดกัน และสายที่เป็นจุดร่วมส่วนใหญ่จะมีสีเหมือนกัน ทำนองเดียวกันหากเป็นแบบที่มีสาย 5 เส้นก็จะมีจุดร่วมเพียงจุดเดียวเท่านั้น



รูปที่ 2.21การใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทาน

ขั้นตอนที่ 3 หากเป็นแบบที่มีสาย 6 เส้นก็ให้ทำการต่อจุดร่วมเข้าด้วยกันจะได้เป็น 5 เส้น แล้วต่อวงจรตาม รูปหลังจากนั้นให้ทดลองกดสวิตซ์ ที่ต่อเข้ากับแต่ละจุดโดยเริ่มที่ จุด A จุด B จุด C และจุด D แล้วให้สังเกตการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ว่าหมุนได้ต่อเนื่องหรือไม่ หากมีการกระโดดข้ามสเต็ปก็ให้ทดลองโดยเรียงลำดับการกดสวิตซ์ใหม่ จนหาลำดับของสายได้ถูกต้องคือมอเตอร์เดินตามที่ละสเต็ป อย่างเป็นลำดับ

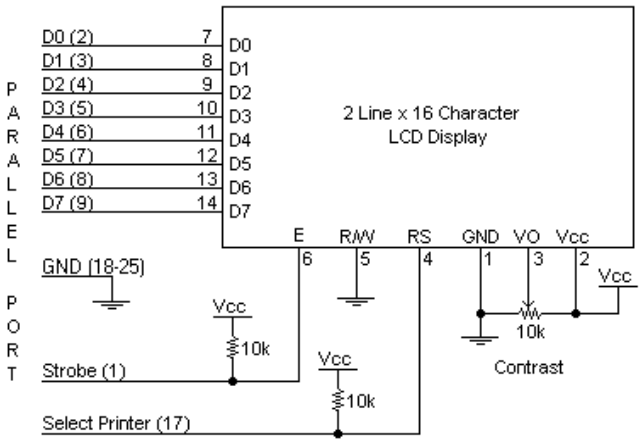


รูปที่ 2.22แสดงการต่อวงจรเพื่อทดสอบโดยการสวิตซ์เพื่อหาลำดับ

จอแสดงผล LCD

เป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลจากการรับค่าของผู้ใช้เพื่อแสดงให้เห็นจำนวนที่ต้องการนับและแสดงจำนวนที่เครื่องนับเม็ดยานับได้

ข้อมูลเบื้องต้นของ LCD



รูปที่ 2.23แสดงโครงสร้างตำแหน่งขาของ LCD ขนาด 16*2

VSS(ขา1) : ต่อกราวด์

VDD(ขา2) : ต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์

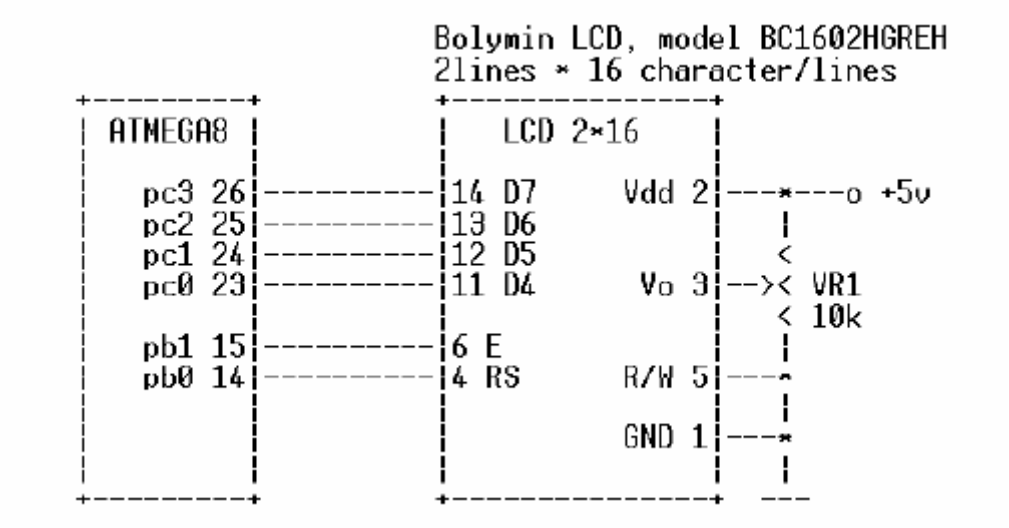
V0(ขา3) : เป็นขาอินพุตรับค่าแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS(ขา4) : เป็นขาอินพุตใช้แยกชนิดข้อมูลที่ประมวลว่าเป็นคำสั่งหรือเป็นข้อมูลโดยถ้าขานี้เป็น ‘0’ ข้อมูลที่ส่งมาเป็นคำสั่ง แต่ถ้าเป็น ‘1’ ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลแสดงผล

R/W(ขา5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลใหม่ให้กับ LCD ถ้าเป็น ‘0’ เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น ‘1’ จะเป็นการอ่านข้อมูล

E(ขา6) : เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลล์เอ็นเอเบิลของ LCD ให้ทำงาน

D0-D7(ขา7-ขา14) : เป็นขาข้อมูลระหว่าง LCD เป็นอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต



รูปที่ 2.24 แสดงการต่อ LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์