การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของระบบกันสะเทือนแม่เหล็ก

STUDY ON BEHAVIOR OF ELECTROMAGNETIC ACTIVE SUSPENSION

นาย ธีวรา ยิ่งเจริญ

MR. THEEWARA YINGCHAROEN

นาย สมศักดิ์ คำสวัสดิ์

MR. SOMSAK KAMSAWAD

นาย สันติ สิริสายพิรุณ

MR. SANTI SIRISAIPIROON

วัน เดือน ปี -9 ธค 2541

เลขทะเบียน 038891

เลขเรียกหนังสือ T A0133 ส ๖๗๑ ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038891

STUDY ON BEHAVIOR OF ELECTROMAGNETIC ACTIVE SUSPENSION

THEEWARA YINGCHAROEN
SOMSAK KAMSAWAD
SANTI SIRISAIPIROON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของระบบกันสะเทือนแม่เหล็ก
STUDY ON BEHAVIOR OF ELECTROMAGNETIC ACTIVE SUSPENSION

ชื่อนักศึกษา นายธีวรา ยิ่งเจริญ รหัสประจำตัว 37014178
นายสมศักดิ์ คำสวัสดิ์ รหัสประจำตัว 37014464
นายสันติ สิริสายพิรุณ รหัสประจำตัว 37014481

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(อ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

(อ. มิ่ง โลกิจแสงทอง)

(รศ. สมชัย นรเศรษฐโสภณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของระบบกันสะเทือนแม่เหล็ก
นักศึกษา นายธีวรา ยิ่งเจริญ
นายสมศักดิ์ คำสวัสดิ์
นายสันติ สิริสายพิรุณ
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ อ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์
อ. มิ่ง โลกิจแสงทอง
รศ. สมชัย นรเศรษฐโสภณ
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2540

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เกิดจากความพยายามที่จะหาวิธีใหม่ๆที่จะมาใช้ลดความสั่นสะเทือนที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักรกล จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาถึงผลของการนำเอาสนามแม่เหล็กมาใช้ในการลดแรงสั่นสะเทือน เนื่องจากโครงงานนี้เป็นก้าวแรกของระบบกันสะเทือนแม่เหล็ก เพื่อตัดตัวแปรอันซับซ้อนอันจะเป็นอุปสรรคต่อการทดลองและควบคุมยกตัวอย่างเช่นการสั่นสะเทือนแบบ N-DOF System จึงเริ่มต้นศึกษากับการสั่นสะเทือนแบบ Single - DOF System

ในการทดลองนี้เป็นการจำลองการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับล้อรถยนต์ล้อใดล้อหนึ่ง โดยคานในอุปกรณ์การทดลองเปรียบเสมือนโครงสร้างรถยนต์ มีล้อเป็นตัวรับแรงกระตุ้นจากภายนอก และมีสปริงเป็นตัวดูดซับและถ่ายทอดแรง แรงกระตุ้นที่หลงเหลือจะถูกหักล้างให้หมดพอดีที่สุดด้วยแรงจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปรับค่าได้และทันกับเวลาโดยใช้สัญญาณป้อนกลับ เมื่อการทดลองเสร็จสิ้นเปรียบเทียบผลระหว่างมี Electromagnetic Choke กับระบบกันสะเทือนแบบธรรมดาสรุปผลได้ว่ามีผลในทางที่ดีขึ้นนั่นคือสามารถใช้ลดการสะเทือนได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Study on behavior of Electromagnetic Active Suspension
Student	Mr. Theewara Yingcharoen
	Mr. Somsak Kamsawad
	Mr. Santi Sirisaipiroon
Thesis Advisor	Mr. Thawatchai Narkpipat
	Mr. Ming Logitsaengtong
	Assc.Prof. Somchai Noraseatsophon
Degree	Bachelor of Engineering in Mechanical Engineering
Department	Mechanical Engineering Faculty of King Monkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year	1997

ABSTRACT

This project is one idea to find the new method for reduce the vibration in mechanism. So we are trying for learning Magnetic field to reduce the vibration in it.

This project is the primary step of the Magnetic field for reducing the vibration. We did not want the other variables which the problem of project such as N - DOF System that obstruction to detective result of this project . So the project begin with Single - DOF System.

This experiment is a model that vibrate as one wheel of a car. The beam in this act as a frame model analogous passenger room. The wheel is acted by exiting force and it will be transmitted and absorbed by spring. The rest exiting force is deducted by Electromagnet force with just enough in time. Whenever obtain the examine compare result between Electromagnet Suspension and Normally Suspension. The result of this project can be improve in better way. So that it can reduce the vibration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน	
2.2 ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า	
2.3 โซลินอยด์	
2.4 ระบบควบคุม	
บทที่ 3 การควบคุม	17
3.1 พอร์ตแบบขนาน 8255	
3.2 Digital to Analog Converter	
3.3 Analog to Digital Converter	
3.4 การเชื่อมต่อพอร์ตและการควบคุม	
3.5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุม	
บทที่ 4 วิธีการทดลอง และผลการทดลอง	48
4.1 การประกอบชุดการทดลอง	
4.2 วิธีการทดลอง	
4.3 ผลการทดลอง	
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา	69
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันผู้ประกอบกิจการอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ ต่างก็ได้พยายามที่จะพัฒนาประสิทธิภาพของรถยนต์ให้ตรงกับความต้องการของผู้ขับขี่มากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาเครื่องยนต์ ลักษณะโครงสร้างของตัวถังรถยนต์ ความสะดวกสบายของผู้ขับขี่ หรือแม้แต่ระบบกันสะเทือนช่วงล่างของรถยนต์ ซึ่งก็ได้มีการพัฒนามาโดยตลอด

ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการนำเสนอโครงงานชุดการลดแรงกระตุ้นด้วยโช้คแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบกันสะเทือนของรถยนต์ต่อไป ซึ่งมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเช่น Vibration Theory , Magnetic Theory และ Feedback Control และการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุม

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นเพียงแนวทางคร่าวๆ ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาและออกแบบอุปกรณ์ , การควบคุมอุปกรณ์ , การเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับควบคุมและประมวลผลของคอมพิวเตอร์ ตลอดจนบอกถึงผลการปฏิบัติงานในโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

ในโครงงานนี้ได้แบ่งทฤษฎีที่ต้องใช้ในการศึกษาออกเป็น 4 เรื่องด้วยกัน ได้แก่

1. การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน
2. ทฤษฎีเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า
3. การควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ (การควบคุมแบบย้อนกลับ)
4. การเขียนโปแกรมคอมพิวเตอร์

- การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน จะว่าด้วยการแก้สมการของทฤษฎีการสั่นสะเทือน (Vibration Theory) จึงจะมีสมการของการสั่นสะเทือนเบื้องต้น ซึ่งจะกล่าวถึงโดยละเอียดต่อไป
- ทฤษฎีเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า จะกล่าวถึงธรรมชาติของแม่เหล็กที่ว่าด้วยขั้วของแม่เหล็กที่เหมือนกัน และขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันจะดูดกัน และการป้อนกระแสไฟให้แก่ขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก
- การควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ จะกล่าวถึงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมชุดการทดลอง
- การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมชุดอุปกรณ์การทดลอง

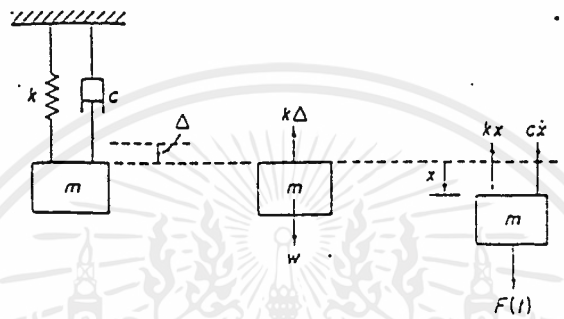
ซึ่งทฤษฎีข้างต้นจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน

ในการทดลองนี้ระบบกับสะเทือนที่ใช้เป็น Spring ในการดูดซับและถ่ายทอดแรง โดยมีแม่เหล็กไฟฟ้าทำหน้าที่เสมือน Damper Force อีกตัวหนึ่งที่ปรับค่า Viscous ได้

เราจะเริ่มวิเคราะห์ธรรมชาติของระบบ Spring & Damper กันก่อน



รูปที่ 2.1 free body diagram ของการสั่น

จาก Free body diagram สมการการเคลื่อนที่เขียนได้เป็น

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \qquad \text{.....(1)}$$

ผลเฉลยของสมการข้างต้น มี 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 $F_{(t)} = 0$ เป็น Homogenous differential equation ซึ่งเป็นการอธิบายธรรมชาติของระบบการสั่นสะเทือนที่มี Damping

ส่วนที่ 2 $F_{(t)} \neq 0$ เป็น Particular solution เนื่องจาก excitation ที่ไม่คำนึงถึง homogenous solution โดยเราจะเริ่มพิจารณาธรรมชาติของระบบก่อน

Homogenous Differential Equation

เมื่อเกิดแรงกระแทก F(t) แล้ว ระบบจะถูกกระตุ้นให้มีขนาดการกระจัด x จาก equilibrium position ฉะนั้นพฤติกรรมของระบบที่มี Damper จะเป็น

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

แก้สมการ second-order differential เพื่อหาการกระจัดที่สภาวะต่างๆ

กำหนด $x = e^{st}$, s = constant

$$(ms^2 + cs + k)e^{st} = 0$$

เมื่อ term เวลาไม่เป็นที่น่าพอใจ เราเลือกพิจารณาเทอมในวงเล็บ

$$s + c\frac{s}{m} + \frac{k}{m} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore s_1, s_2 = -\frac{c}{2m} \pm \sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}}$$

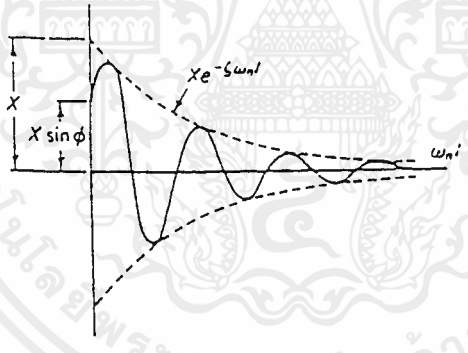
$\therefore$ general solution

$$x = Ae^{s_1 t} + Be^{s_2 t}$$

ซึ่งแก้สมการแล้ว ภายใต้ข้อกำหนด $x(0).\dot{x}(0)$

$$x = e^{-\zeta\omega_n t}\left[\left(\frac{\dot{x}(0) + \zeta\omega_n x(0)}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}\right)\sin\sqrt{1-\zeta^2}\,\omega_n t + x(0)\cos\sqrt{1-\zeta^2}\,\omega_n t\right]$$

โดยกำหนดให้ $\omega_d = \frac{d\pi}{\tau d} = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$



รูปที่ 2.2 Damped oscillation ζ < 1.0

2. เมื่อ ζ > 1 (Nonoscillatory motion)

จะได้

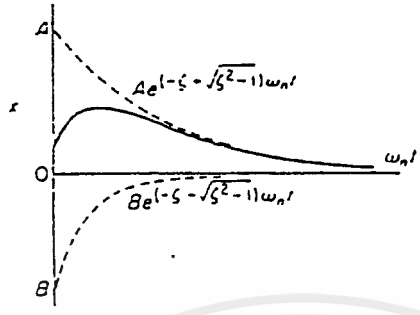
$$x = Ae^{(-\zeta+\sqrt{\zeta^2-1})\omega_n t} + Be^{(-\zeta+\sqrt{\zeta^2-1})\omega_n t}$$

และ

$$A = \frac{\dot{x}(0) + (\zeta + \sqrt{\zeta^2-1})\omega_n x(0)}{2\omega_n\sqrt{\zeta^2-1}}$$

$$B = \frac{-\dot{x}(0) - (\zeta - \sqrt{\zeta^2-1})\omega_n x(0)}{2\omega_n\sqrt{\zeta^2-1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



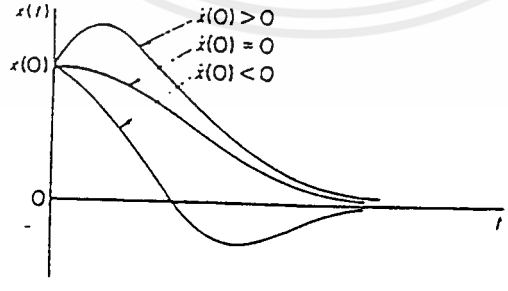
รูปที่ 2.3 Aperiodic motion $\zeta > 1$

3.เมื่อ $\zeta = 1$ (Critically damped motion)

จะได้

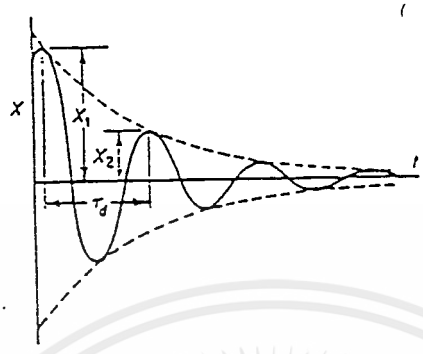
$$x = (A + Bt)e^{-\omega_n t}$$

$$x = \left\{x(0) + \left[\dot{x}(0) + \omega_n x(0)\right]t\right\}e^{-\omega_n t}$$



รูปที่ 2.4 Critically damped motion $\zeta = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 Rate of decay of oscillation measured by the logarithmic decrement

Logarithmic Decrement

จากคุณสมบัติของการสั่นแบบมี Damping

$$x = Xe^{-\zeta\omega_n t}\sin(\sqrt{1-\zeta^2}\,\omega_n t + \phi)$$

เราสามารถแสดงการเสื่อมถอยของเวลาได้ด้วย logarithmic decrement

$$\delta = \ln\frac{x_1}{x_2} = \ln\frac{e^{-\zeta\omega_n t_1}\sin(\sqrt{1-\zeta^2}\,\omega_n t_1 + \phi)}{e^{-\zeta\omega_n(t_1+\tau d)}\sin\left[\sqrt{1-\zeta^2}\,\omega_n(t_1+\tau d)+\phi\right]}$$

$$= \ln\frac{e^{-\zeta\omega_n t_1}}{e^{-\zeta\omega_n(t_1+\tau d)}}$$

$$= \zeta\omega_n \tau d \qquad \text{.....(2)}$$

δ ขึ้นอยู่กับตัวแปรสามตัว ζ , ω_n , τd

ถ้า δ มีค่ามากการสั่นไหวจะยุติเร็วขึ้น

τd มีค่าน้อยการสั่นไหวจะยุติเร็วขึ้นแต่จะทำให้เกิดความไม่นิ่มนวล

ω_n ยิ่งมากการสั่นไหวจะไม่นิ่มนวล

ζ ยิ่งมากความหนืดยิ่งสูง ระยะ x จะน้อยลง

∴ เมื่อใส่แรงแม่เหล็กเข้าไป สมการที่ 1 จะเป็น

$$F_{mag} + m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_t$$

F_{mag} จะมีทิศเดียวกับ Damper force เสมอ เปรียบเสมือนได้ว่ามี Damper อีกตัว พิจารณาจากสมการที่ 2 δ ขึ้นอยู่กับเทอมของ Damper ด้วยคือ ζ

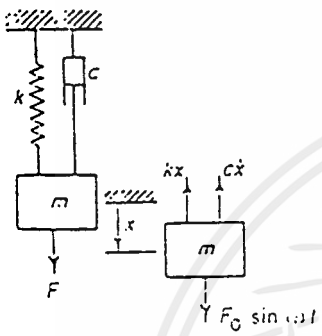
เพราะฉะนั้น F_{mag} จะทำให้ δ มีค่ามากขึ้นพิจารณาจากรูป Rate of decay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

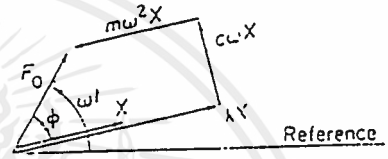
Particular Solution เนื่องจาก excitation

ในความเป็นจริง ระบบสั่นสะเทือนที่มีแรงกระทำแบบช่วงเวลา สามารถเขียนเป็นสมการได้เป็น

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \sin \omega t \qquad \text{.....(2)}$$



รูปที่ 2.6
Viscously damped system



รูปที่ 2.7
Vector relationship for force vibration with damping

เมื่อกำหนดให้

$$x = X \sin(\omega t - \phi) \qquad \text{.....(2-1)}$$

แทนสมการ (2-1) ลงในสมการ (2) จะได้

$$X = \frac{F_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \qquad \text{.....(2-2)}$$

และ

$$\phi = \tan^{-1} \frac{c\omega}{k - m\omega^2} \qquad \text{.....(2-3)}$$

เราจะสามารถแสดงสมการที่ไม่มีขนาด (nondimensional) ของแอมปลิจูดและเฟสได้ดังนี้

$$\frac{xk}{F_0} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - (\frac{\omega}{\omega_n})^2\right]^2 + \left[2\zeta(\frac{\omega}{\omega_n})\right]^2}} \qquad \text{.....(2-4)}$$

และ

$$\tan\phi = \frac{2\zeta\frac{\omega}{\omega_n}}{1 - (\frac{\omega}{\omega_n})^2} \qquad \text{.....(2-5)}$$

จากรูป (3.1-2) ในขอบเขตของค่า $\frac{\omega}{\omega_n}$ มี 3 กรณีที่เกิดขึ้น คือมีค่า น้อย,มากหรือเท่ากับ 1

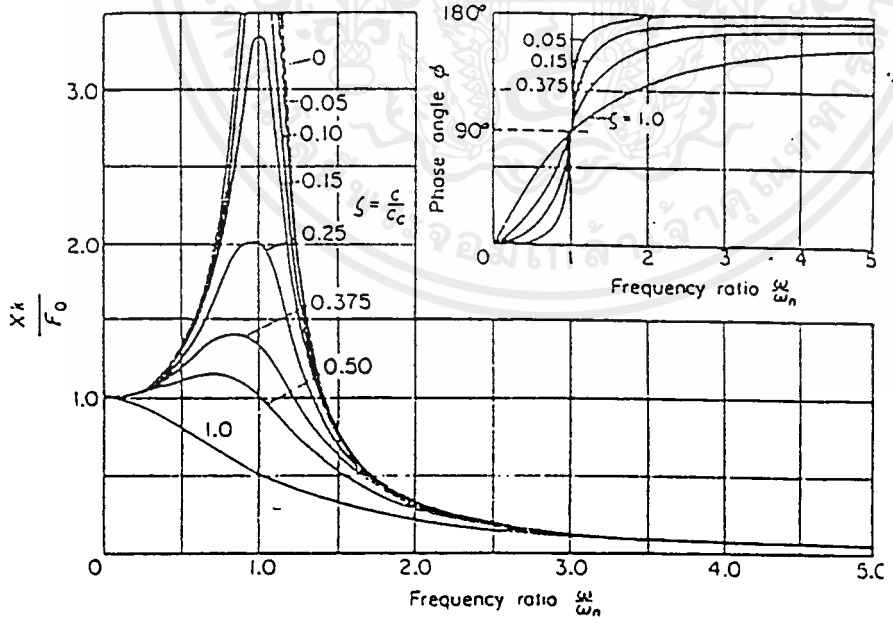
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ $\frac{\omega}{\omega_n} << 1$ ทั้งแรงหนืดและแรงเฉื่อยจะน้อยมากส่งผลให้มุม ϕ น้อยด้วย ขนาดของแรงสปริงมีค่าเข้าใกล้แรงกดดังรูป (3.1-4)

สำหรับ $\frac{\omega}{\omega_n} = 1$ แรงเฉื่อยจะถูกทำให้สมดุลกับแรงสปริงขณะที่แรงกดเอาชนะได้แค่เพียงแรงหนืด แอมปลิจูดที่ได้จะเท่ากับ

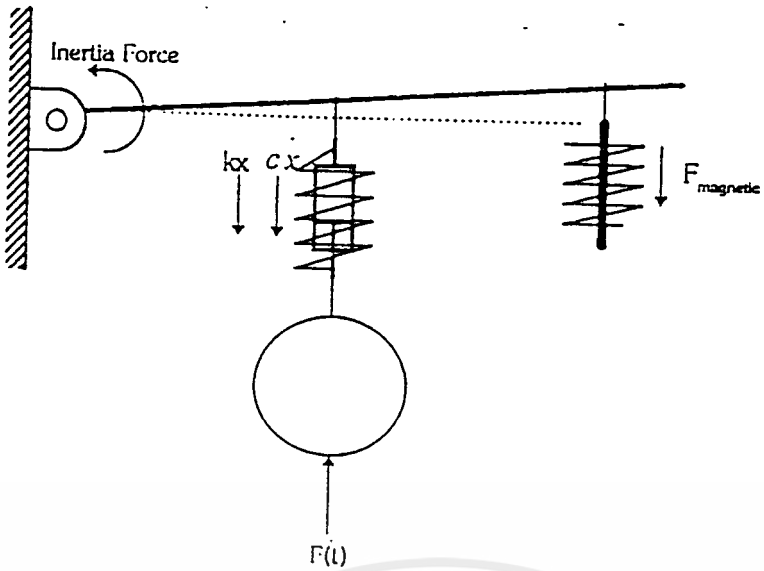
$$X = \frac{F_0}{c\omega_n} = \frac{F_0}{2\zeta k}$$

และสำหรับกรณีที่ $\frac{\omega}{\omega_n} >> 1$ มุม ϕ จะเข้าใกล้ 180 องศาและแรงกดจะหมดไปกับการเอาชนะแรงเฉื่อย ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9

จากรูปเขียนเป็นสมการได้

Inertia Force + $kx + c\dot{x} = F(t)$

โดยที่

Inertia Force คือ ผลของแรงที่เหลือจากแรงภายนอกเปลี่ยนเป็นความเร็วเชิงมุม

$kx + c\dot{x}$ คือ เทอมแรงด้านการเคลื่อนที่

F(t) คือ เทอมแรงกระทำภายนอก

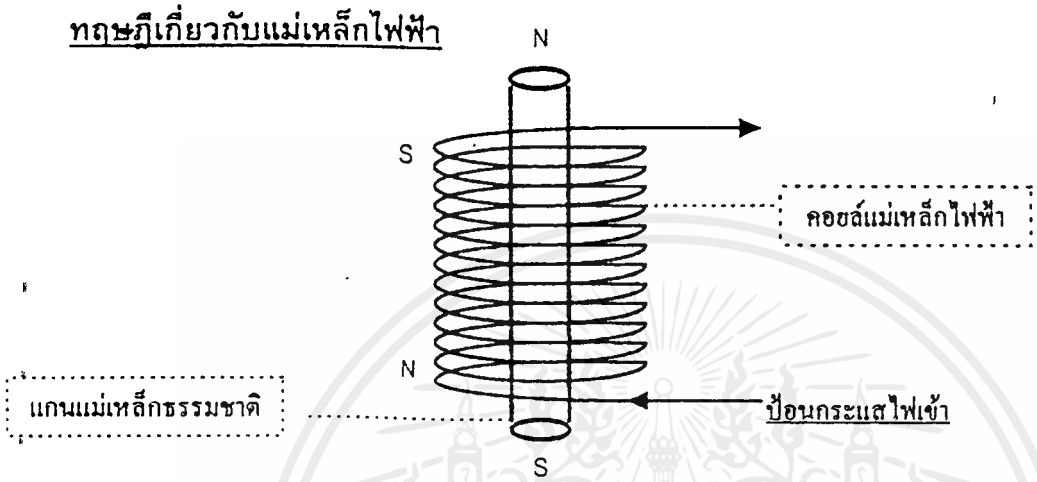
ถ้าจะให้ไม่เกิดแรงสั่นสะเทือนเลยที่ล้อยังคงถูกกระแทกอยู่นั่นคือ $\ddot{\theta} = 0, \dot{\theta} = 0$

ต้องมีแรงที่ขนาดเท่ากันกับ Inertia Force มาฝืน Inertia Force

โดยที่ Inertia Force = $F(t) - (kx + c\dot{x})$ .....(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 2.10 Magnetic Coil

หลักการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้

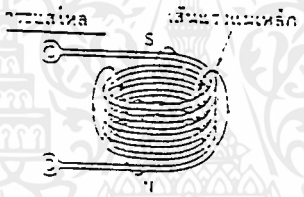
อาศัยหลักทฤษฎีของสนามแม่หลักที่ว่าขั้วของแม่เหล็กที่เหมือนกันจะผลักกันและขั้วของแม่เหล็กที่ต่างกันจะดูดกัน โดยแม่เหล็กที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะเป็นคอยล์แม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะทำงานให้สนามแม่เหล็กมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอยล์แม่เหล็กนั้น การที่จะทราบว่าควรจะให้กระแสไฟฟ้ามากหรือน้อยแค่ไหนนั้นจะต้องมีอุปกรณ์อีกหนึ่งตัวมาควบคุมซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อๆไป

หลักการง่ายๆของแม่เหล็กในการทดลองนี้ก็คือ แกนของแม่เหล็กไฟฟ้าที่สวมอยู่ในคอยล์แม่เหล็กนี้จะเชื่อมติดกับคานที่อยู่ในชุดทดลองและเมื่อใดที่คานได้รับแรงกระทำจากภายนอกจะทำให้คานเกิดการกระดกซึ่งจะทำให้แกนแม่เหล็กกระดกขึ้นลงตามด้วยเป็นผลทำให้ขั้วของแกนแม่เหล็กธรรมชาติกับขั้วของคอยล์แม่เหล็กไฟฟ้าต่างกันซึ่งจะทำให้เกิดการดูดกันตามทฤษฎี และจะมีอีกบางขั้วของทั้งแกนแม่เหล็กและคอยล์แม่เหล็กที่เหมือนกันทำให้เกิดการผลักกัน ซึ่งทั้งการดูดกันและการผลักกันของขั้วแม่เหล็กนี้จะทำให้เกิดแรงที่จะไปหักล้างแรงที่หลงเหลือจากการดูดซับแรงของสปริงและโช้ค ทำให้เกิดการสมดุลและสามารถลดการสั่นสะเทือนลงได้

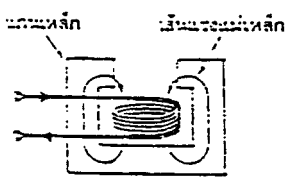
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราเอาเส้นลวดลักษณะเดิมแต่ยาวหน่อยมาต่อขดเป็นวงๆหลายๆวง ก็จะเกิดลักษณะของขดลวดขึ้นดังรูป สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแต่ละขดจะอยู่ในทิศทางที่สวนกัน และก่อให้เกิดเป็นเส้นแรงแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กรวม มีทิศเหนือ-ใต้ดังรูป ซึ่งก็แสดงว่าในขณะนี้ขดลวดนี้ได้ทำหน้าที่เป็นเหมือนแม่เหล็กถาวรแท่งหนึ่ง ซึ่งพร้อมที่จะดูดสารแม่เหล็กทันที แต่เนื่องจากสภาพรอบๆขดลวดเป็นอากาศเส้นแรงแม่เหล็กจึงไม่เข้มข้นมากนัก

เพื่อที่จะไม่ให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกระจัดกระจายจึงต้องใส่แกนเหล็กอ่อนรูปตัว C เข้ามารอบๆขดลวดดังรูป และถ้าเอาแกนกระทุ้ง (plunger) มาใส่เข้าตรงกลางขดลวดในตำแหน่งที่ 1 แกนกระทุ้งจะถูกดูดให้ลึกเข้ามาจนสนิทในตำแหน่งที่ 2 ยิ่งระยะทางใกล้มากเท่าใด แรงดึงดูดก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 2.13 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดที่มีกระแสไหล



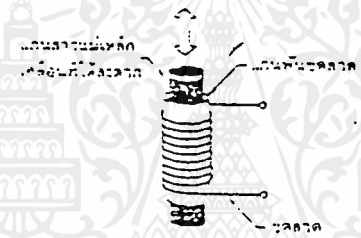
รูปที่ 2.14 แสดงการเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซลินอยด์

รากศัพท์ของคำว่าโซลินอยด์น่าจะมาจากคำว่า " โซเลน (Solen) " ซึ่งมีความหมายทางแพทย์คล้ายกับเผือกหุ้มอวัยวะที่บาดเจ็บ เมื่อมีประดิษฐ์กรรมตัวนี้เกิดขึ้นโครงสร้างของมันคือขดลวดพันรอบๆแกนสารแม่เหล็ก ดังรูปนั่นเอง ลักษณะก็คล้ายๆกับทรงกระบอก

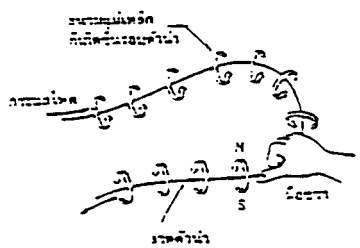
เราใช้โซลินอยด์มาใช้งานที่ต้องการเชื่อมโยงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลโดยตรง โดยสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาทางขดลวด จะทำให้แกนสารแม่เหล็กของโซลินอยด์เกิดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่นี้เองที่เราสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ขัดกลอนประตูเอาไว้ไม่ให้ถูกกระเดื่องทำให้กลไกทำงานหรือหยุดทำงาน ฯลฯ โซลินอยด์ที่ใช้กันมีทั้งใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง



รูปที่ 2.11 โครงสร้างพื้นฐานของโซลินอยด์

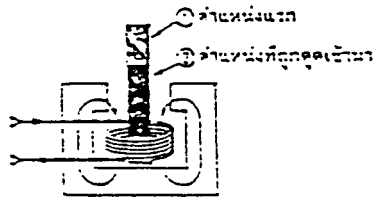
หลักการทำงานของโซลินอยด์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดตัวนำใดก็ตาม จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆตัวนำนั้น โดยทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กให้ใช้กฎมือขวา (ให้เอามือขวากำรอบเส้นลวด โดยให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศของกระแสไหล นิ้วที่เหลือทั้งหมดจะแสดงทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วใต้ไปขั้วเหนือ)



รูปที่ 2.12 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงการเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้ง

มีข้อแตกต่างระหว่างโซลินอยด์กระแสตรงและกระแสสลับ คือ ในโซลินอยด์กระแสตรงกระแสที่ไหลในขดลวดจะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าแกนกระทุ้งจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม แต่ในโซลินอยด์ไฟฟ้ากระแสสลับในขณะที่แกนกระทุ้งอยู่นอกขดลวดจะมีค่าสูงและเมื่อแกนกระทุ้งถูกดูดเข้ามาจนสุดขดลวดกระแสสลับจะลดต่ำลง ลักษณะนี้เองทำให้เราต้องระวังอย่าให้เกิดการติดขัดของแกนกระทุ้งในโซลินอยด์ไฟสลับ เพราะจะทำให้เกิดกระแสมากๆไหลค้างอยู่ทำให้ขดลวดร้อนขึ้น และอาจจะไหม้เสียหายได้

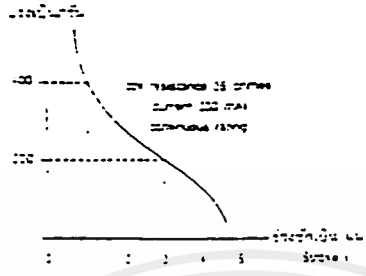
ในโครงสร้างของโซลีนอยด์แบบไฟสลับนั้นจะต้องพันขดลวด Shade Coil หรือแหวน (ring) ซึ่งเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็กเพียงรอบเดียว หรือไม่กี่รอบลัดวงจรเอาไว้เลย จุดประสงค์ที่พันไว้เพราะในไฟกระแสสลับ กระแสจะลดลงมาเป็นศูนย์สองครั้งทุกๆไซเคิล ช่วงที่กระแสเป็นศูนย์นี้เองทำให้แรงดูดแม่เหล็กลดลง และทำให้เกิดเสียงหึ่งๆขึ้นและการดูดก็ไม่แน่น ขดลวดที่เติมเข้าไปจะทำให้วงจรแม่เหล็กเกิดสภาพเป็น 2 เฟส คือแม้ในขณะกระแสเป็น 0 ก็ตามขดลวดแหวนซึ่งมีกระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำกับสนามแม่เหล็ก จะยังคงมีแรงแม่เหล็กมาเสริมการดูดช่วงนี้ได้แต่ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนในขดลวดบ้างเล็กน้อย

ขั้นตอนในการเลือกโซลินอยด

คำนึงถึงหลักใหญ่ๆดังนี้

1. **แรงดันใช้งานไม่ว่าจะเป็นแบบไฟตรงหรือไฟสลับ ถ้าเป็นไฟสลับให้ดูที่ความถี่ที่ใช้งานด้วย**
2. **ช่วงชักในการใช้งานของโซลินอยด์จะต้องเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไร (เป็นมิลลิเมตร)**
3. **ขนาดของโหลดว่าจะต้องใช้แรงขนาดเท่าไร (กรัม)**
4. **ใช้งานต่อเนื่องหรือไม่ หมายถึงเราต้องใส่แรงดันเข้าขดลวดค้างไว้เลย โดยที่ขดลวดไม่ไหม้ หรืออาจจะใส่เป็นจังหวะๆ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ไฟตรง 12V

ในรูปที่ 2.16 เป็นตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ จะเห็นว่าช่วงชักไกลๆจะมีแรงน้อยมาก และระยะใกล้เข้ามาก็จะมีแรงมากขึ้นเป็นทวีคูณ ในกรณีนี้โซลินอยด์จะให้แรงดูด 200 กรัมที่ช่วงชัก 3 มม. และจะให้ถึง 400 กรัมที่ช่วงชัก 1 มม.

แนวความคิดในการนำเอาโซลินอยด์มาประยุกต์ใช้

สำหรับโซลินอยด์ที่ใช้แรงดึงไม่มากนัก

- ทำเป็นกลอนประตู เมื่อมีแรงดึงมาที่ขดลวด โซลินอยด์จะดึงแกนกระทุ้งกลับ เป็นการปลดล็อก
- ชูป้ายโฆษณา ในกรณีนี้ถ้าโซลินอยด์ยังไม่ทำงาน สปริงจะดึงป้ายให้ตั้งฉากกับหน้าต่างป้าย ทำให้เรามองไม่เห็นตัวหนังสือ แต่ถ้าโซลินอยด์ได้รับแรงดันเข้ามาแกนกระทุ้งจะถูกดูดทำให้คานงัดป้ายโฆษณาออกมาให้เราเห็นได้
- ใช้กับกลไกของเล่นที่ทำด้วยอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น หุ่นยนต์

สำหรับโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมาก (เช่นในงานอุตสาหกรรม)

- กลไกอินเตอร์ล็อก ใช้กับเครื่องหยอดเหรียญต่างๆ,เครื่องเล่นทางอิเล็กทรอนิกส์,กระเดื่องทริปของเซอร์กิตเบรคเกอร์ ฯลฯ
- ควบคุมลิ้นของไหล พวกลิ้นปิดเปิดทางเดินของลมหรือน้ำมันในระบบนิวแมติกและไฮดรอลิก, ควบคุมลิ้นน้ำทิ้งของเครื่องซักผ้า ฯลฯ

ช่วยในการนับจำนวนสินค้า โดยวงจรนับจะส่งแรงดันเข้ามาที่โซลินอยด์เป็นช่วงเวลาที่ได้จำนวนตามต้องการ โซลินอยด์จะถูกดูดและเบนทิศทางของสินค้าไปลงหีบห่อตามจำนวนที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

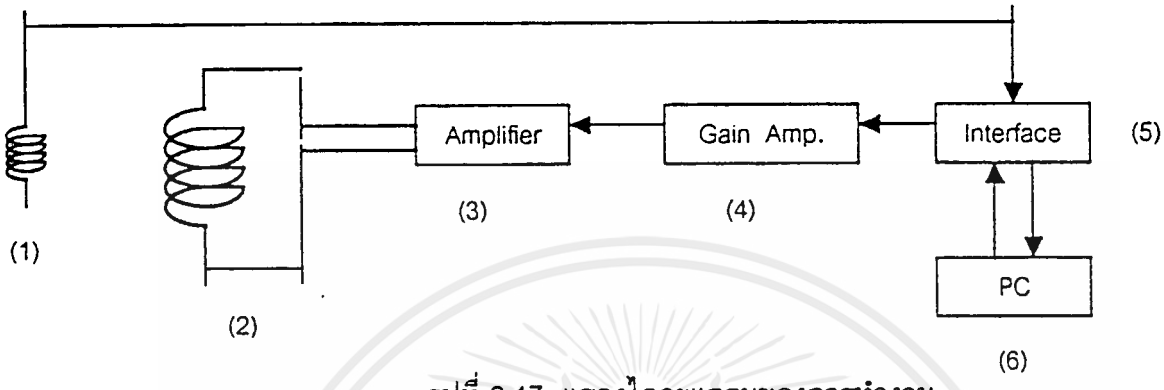
- ระบบเบรค ใช้ควบคุมระบบเบรคในเครื่องจักรกล, เครื่องมือช่างไม่, ลิฟท์ ฯลฯ
- ควบคุมการทำงานของคลัตช์ โดยการดึงให้หน้าคลัตช์เข้ามาแตะกันเป็นการถ่ายทอดกำลังผ่านไปได้

ข้อควรระวังในการใช้โซลินอยด์เพื่อให้อายุยืนยาวที่สุด

1. ถ้ากำลังใช้โซลินอยด์กระแสสลับจะต้องทำกลไกให้มั่นใจว่า โซลินอยด์จะดูดแกนกระทุ้งเข้ามาหาสุดตัวเต็มที่ ถ้าไม่เช่นนั้นกระแสในโซลินอยด์จะสูงและเกิดความร้อนและขดลวดอาจจะไหม้ได้การแก้ไขกระทำดังรูป โดยถ้าเกิดมีการติดขัดด้านโหลดสปริงเชื่อมต่อ (joint spring) เพิ่มเติมนี้จะยืดตัวให้แกนเคลื่อนที่เข้าไปสุดให้ได้
2. ควรระวังให้แนวการเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้งอยู่ในแนวแกนเสมอในกรณีที่การเคลื่อนที่จะเป็นส่วนโค้ง ก็อาจเพิ่มเติมข้อต่อเข้ามาดังรูป เพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้งอยู่ในแนวแกนมากขึ้น
3. พยายามอย่าวางตำแหน่งโซลินอยด์ให้อยู่ใกล้หรือติดกับสารแม่เหล็กเพราะอาจจะมีสนามแม่เหล็กส่วนหนึ่งรั่วไหลออกไปได้อันจะเป็นเหตุให้แรงดึงดูดลดลงควรแก้ไขโดยการเพิ่มฉนวนแม่เหล็กแทรกเข้าไปด้วย
4. ต้องติดตั้งตัวถังโซลินอยด์ให้แน่นหนา เนื่องจากโซลินอยด์เป็นตัวส่งกำลังทางกล ฉะนั้นเมื่อมีแรงกิริยาออกมา ก็ย่อมต้องมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นกับตัวถังของโซลินอยด์ ถ้ายึดไม่แน่นพอในระยะยาวอาจเกิดการสั่น การหลุดหรือหลวมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุม (System Control)



รูปที่ 2.17 แสดงไดอะแกรมของการทำงาน

1. Sensor
2. Electromagnet
3. Amplifier
4. DC Power Supply
5. Interface
6. PC

การจะสั่งให้แม่เหล็กเกิดแรงดามขนาดที่ต้องการได้นั้นจะต้องมาจากการประมวลผลที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เราจึงใช้เลือกข้อมูลที่เกิดกับปรากฏการณ์จริงๆ Feed Back Control จึงจำเป็นมากสำหรับข้อมูลที่ถูกต้องและใกล้เคียงความจริง

หลักการและขั้นตอนของระบบควบคุม

1. เมื่อคานถูกกระแทกจนเคลื่อนที่ sensor จะส่งสัญญาณอาจจะเป็นความถี่ , ความเร่ง หรือแรงกระแทก (ต้องศึกษาและค้นคว้าต่อไป) ไปให้คอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลโดยสัญญาณจะส่งผ่านและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทาง Interface
2. เมื่อคอมพิวเตอร์ประมวลผลทางทฤษฎี Vibration เรียบร้อยแล้วจะสั่งให้ DC Power Supply ปล่อยกระแสไฟฟ้าออกมา
3. กระแสไฟฟ้าที่ปล่อยจาก DC Power Supply อาจไม่มีค่าพอที่ทำให้แม่เหล็กมีแรงพอ เราจะใช้ Amplifier มาขยายสัญญาณเพิ่ม และ DC Power Supply เปรียบเสมือนแทนสัญญาณไฟฟ้าที่บวก Amplifier นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

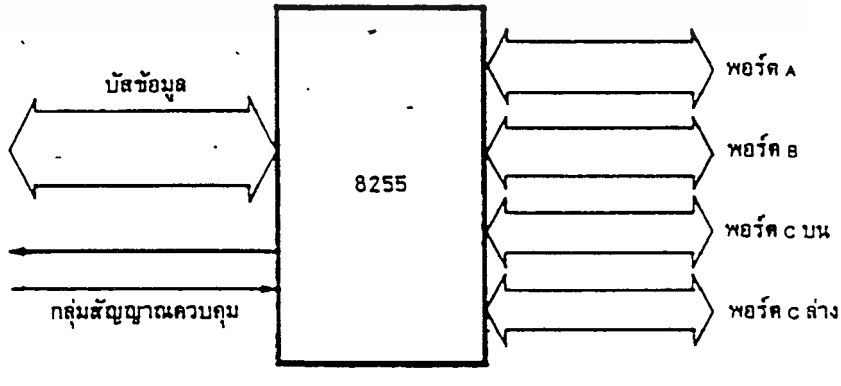
บทที่ 3
การควบคุม

ในบทนี้จะแสดงอุปกรณ์ในการควบคุม การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ การรับค่าผ่านอุปกรณ์การควบคุม ซึ่งในส่วนนี้จะถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของการทดลอง จะมีส่วนที่ต้องศึกษาค่าต่อไปนี้

1. Port แบบขนาน 8255
2. DAC (Digital to Analog Converter)
3. ADC (Analog to Digital Converter.)
4. การเชื่อมต่อ Port (และอุปกรณ์การทำงานทุกๆตัว)

พอร์ท 8255 แบบขนานที่โปรแกรมได้

ในการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์ไปใช้งานนั้น จำเป็นจะต้องให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถติดต่อกับโลกภายนอกได้ซึ่งก็คือ ให้มันสามารถส่งสัญญาณมาควบคุมอุปกรณ์ต่างๆได้ เช่น เสต็ปปิ้งมอเตอร์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ส่วนที่ทำได้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถติดต่อกับโลกภายนอกได้ที่รู้จักกันดี คือ พอร์ท (Port) มีบริษัทต่างๆ เล็งเห็นความสำคัญของการติดต่อระหว่าง CPU กับอุปกรณ์ภายนอกนี้จึงได้ทำ IC สำเร็จรูปขึ้นหลายเบอร์ และที่จะขอนำมากล่าวในที่นี้คือ 8255 ซึ่งเป็นของบริษัท อินเทล ซึ่งได้ออกแบบมาใช้ CPU เบอร์ 8080 แต่เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเบอร์อื่นๆได้โดยไม่ยาก



รูปที่ 3.1 แผนผังโครงสร้างของไอซี 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่ 8255 เป็นที่นิยมมากก็เพราะว่ามันสามารถถูกโปรแกรมให้ทำงานในลักษณะต่างๆไม่ว่า Input , Output หรือแม้แต่แบบ แฮนด์เชคกิ้ง (Handshaking) ได้ ทั้งราคาถูกอีกด้วย

ลักษณะทั่วไปของ 8255 เป็นไอซีขนาด 40 ขา ตัวแบนโดยการแยกเป็นลักษณะของบล็อกง่ายดังรูปคือ จะมีพอร์ทให้ใช้งานถึง 3 พอร์ท (เป็นขนาด 8 บิต) พอร์ท A , พอร์ท B และพอร์ท C โดยพอร์ท C นี้สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน คือพอร์ท C บน ตั้งแต่ PC4-PC7 จำนวน 4 บิท และพอร์ท C ล่างตั้งแต่ PC0-PC3 โดยที่ทุกพอร์ท (A,B,C) สามารถโปรแกรมได้ให้เป็น Input-Output ซึ่งจะได้กล่าวถึงการโปรแกรมในรายละเอียดต่อไป

ในรูป จะเห็นโครงสร้างภายในที่แสดงถึงกลุ่มควบคุมที่มี 3 กลุ่มคือ

- กลุ่มควบคุมชุด A จะควบคุม พอร์ท A และ พอร์ท C บน
- กลุ่มควบคุมชุด B จะควบคุม พอร์ท B และพอร์ท C ล่าง
- กลุ่มควบคุมชุดลอจิกการเขียนและการอ่าน

ลักษณะการทำงานของ 8255 จะใช้สัญญาณควบคุมจากตัวไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมโดยจะมีการส่งคำสั่ง (control word) มาที่กลุ่มควบคุมชุด A , B แล้วกลุ่มเป็น Input พอร์ท B เป็น Output เหล่านี้เป็นต้น ส่วนในกรณีเมื่อมีการอ่านเขียนพอร์ทจาก CPU นั้น กลุ่มพอร์ทลอจิกการเขียนอ่านจะเป็นตัวส่งสัญญาณไปบอกแก่กลุ่มควบคุมในแต่ละชุดอีกที ทั้งนี้แล้วแต่ว่า CPU จะมีการอ่านเขียนพอร์ทของกลุ่มควบคุมชุดใด ต่อไปเรามาดูถึงความหมายของขาต่างๆของ IC 8255 เพื่อที่จะได้ต่อใช้งานได้อย่างถูกต้องต่อไป

D0-D7 เป็นขาข้อมูลของ 8255 ที่ใช้ติดต่อกับตัวไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งข้อมูลที่จะเข้าสู่พอร์ทต่างๆของ 8255 จะต้องผ่านขาข้อมูลนี้

CS เป็นขา Input ที่รับสัญญาณลอจิก "0" จากภายนอกเพื่อแสดงว่าต้องการเลือกใช้ IC เบอร์ 8255 หากได้รับลอจิก "1" ก็จะทำให้ IC ตัวนี้ไม่ทำงาน คือไม่รับรู้สัญญาณใดๆทั้งสิ้น

RD เป็นขา Input ที่รับสัญญาณจากตัวไมโครโปรเซสเซอร์ โดยหากมีลอจิกเป็น "0" ก็จะเป็นการแสดง CPU ต้องการที่จะอ่านข้อมูลจากตัว 8255

WR เป็นขา Input ที่รับสัญญาณจากตัวไมโครโปรเซสเซอร์ โดยหากมีลอจิกเป็น "0" ก็จะเป็นการแสดง CPU ต้องการที่จะเขียนข้อมูลจากตัว 8255

A0-A1 เป็นขา Input ที่รับแอดเดรสจากตัวไมโครโปรเซสเซอร์ที่ถอดระหัสตำแหน่งของ 8255 เรียบร้อยแล้วโดยจะมีตำแหน่งใช้งาน 4 ตำแหน่ง เพื่ออ่านเขียนรีจิสเตอร์พอร์ท 8255 ที่มีอยู่ด้วยกัน 4 ตัว

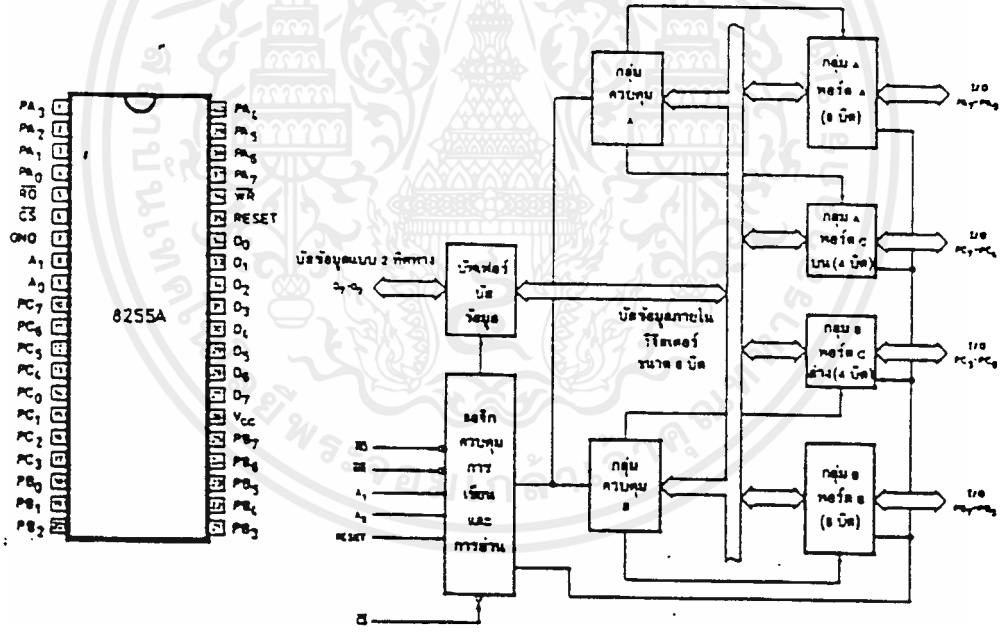
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RESET เป็นขา Input ที่รับสัญญาณจากภายนอกเข้ามาทำการรีเซ็ทตัว 8255 โดยหากได้รับลอจิก "1" จะทำให้พอร์ททุกพอร์ทเป็น Input Port หมดทั้งนี้เพื่อไม่ต้องการให้มีสัญญาณออกไปกวนต่อระบบภายนอกเมื่อ 8255 ได้รับสัญญาณรีเซ็ท

PA0-PA7 เป็นขาสัญญาณพอร์ท A ที่ใช้ติดต่อกับโลกภายนอก

PB0-PB7 เป็นขาสัญญาณพอร์ท B ที่ใช้ติดต่อกับโลกภายนอก

PC0-PC7 เป็นขาสัญญาณพอร์ท C ที่ใช้ติดต่อกับโลกภายนอก ซึ่งพอร์ทนี้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ PC0-PC3 และ PC4-PC7 ซึ่งสามารถโปรแกรมแยกกันได้อีกด้วย



รูปที่ 3.2 แผนผังวงจรภายในและการจัดขาไอซี 8255

การโปรแกรม 8255

ตัว CPU มอง 8255 เป็น 4 พอร์ทหากมีการอ่านการเขียนจะใช้ข้อมูลร่วมกับสัญญาณ RD , WR โดย WR หมายถึง Output ข้อมูล และ RD หมายถึง Input ข้อมูล ตารางดังต่อไปนี้แสดงลอจิกเมื่อติดต่อกับ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038891

RD	WR	A1	A2	ความหมาย
1	0	0	0	เขียนพอร์ท A ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	0	อ่านพอร์ท A ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	0	1	เขียนพอร์ท B ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	1	อ่านพอร์ท B ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	0	เขียนพอร์ท C ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	1	0	อ่านพอร์ท C ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	1	เขียนข้อมูลซึ่งเป็นระหัสควบคุม
0	1	1	1	อ่านเข้ามาซึ่งไม่มีความหมายอะไร

รหัสควบคุม (Control code) ไปยังพอร์ทควบคุม

D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0

บิต D7 เป็นบิตที่แสดงว่าในไบท์นี้เป็นรหัสควบคุม ถ้าเป็น "1" โดยแต่ละบิตจะมีผลต่อการเปลี่ยนโหมดต่างๆของ 8255 หากเป็น "0" จะเป็นการเซ็ทพอร์ท C

บิต D6 , D5 เป็นการเลือกโหมดของพอร์ท A ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 โหมดคือ 0,1,2

บิต D4 เป็นการกำหนดพอร์ท A ให้เป็นพอร์ท Input or Output โดยหากเป็น "1" ก็จะเป็น Input หากเป็น "0" ก็แสดงว่าเป็น Output

บิต D3 เป็นการกำหนดพอร์ท C บน ให้เป็น Input or Output โดยหาก"1" ก็จะเป็น Input และถ้าเป็น "0" ก็แสดงว่าเป็น Output

บิต D2 เป็นการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ท B โดยหากเป็น "0" หมายถึงเลือกให้พอร์ท B ทำงานในโหมด 0 หากเป็น "1" เป็นการเลือกให้พอร์ท B ทำงานในโหมด 1

บิต D1 เป็นการกำหนดพอร์ท B ให้เป็น Input or Ouput โดยหากเป็น "1" ก็จะเป็น Input หากเป็น "0" ก็จะเป็น Output

บิต D0 เป็นการกำหนดพอร์ท C ล่าง ให้เป็น Input or Output โดยหากเป็น "1" ก็จะเป็น Input หากเป็น "0" ก็แสดงว่าให้เป็น Output

การใช้งาน ADC (Analog to Digital Converter)

ไอซี ADC0804 ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุทในรูปของ Analog แล้วเปลี่ยนเป็น Digital แล้วส่งให้ CPU ประมวลผลซึ่งสามารถที่จะประยุกต์ใช้งานในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเป็น Digital ซึ่ง ET-DIO CARD สามารถรับสัญญาณ Analog ได้โดยตรงถึง 5 VDC หรือมากกว่าโดยผู้ใช้เพียงเพิ่มเติมวงจรขยายย่านวัดเช่นเดียวกับเครื่องวัดโดยทั่วไป ซึ่งขนาดของสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามานั้นสามารถกำหนดแถบความกว้างของสัญญาณได้โดยการควบคุมขนาดของ VI- และ Vref/2 ซึ่ง VI- จะเป็นตัวกำหนดจุดเริ่มต้นหรือค่าต่ำสุดของสัญญาณที่รับเข้ามาโดยบน ET-DIO CARD สามารถเลือกได้โดย JP4 คือถ้า Short JP4 ที่ตำแหน่ง 1-2 (Ground) จะทำให้สัญญาณเริ่มต้นจาก 0V จนถึง Maximum (ไม่ควรเกิน 5 V) แต่ถ้าผู้ใช้ Short JP4 ที่ตำแหน่ง 2-3 จุดเริ่มต้นของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณ VI- จากภายนอกที่ต่อมาจาก Connector CN2 ซึ่งผู้ใช้ต้องกำหนดเองซึ่งโดยปรกติแล้วต้องมีค่ามากกว่า 0V แต่ต่ำกว่า Vref/2 เสมอ ส่วนสัญญาณ Vref/2 จะเป็นตัวกำหนดขนาดสูงสุดของสัญญาณที่รับเข้ามา นั่นคือ

ถ้าสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามามีค่าเป็น 2 เท่าของ Vref/2 จะได้ Data = FFH

ถ้าสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามามีค่าเป็น 1 เท่าของ Vref/2 จะได้ Data = 7FH

ถ้าสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามามีค่าเท่ากับ VI- จะได้ Data = 00H

ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของ DATA ที่มีต่อขนาดของสัญญาณจะเป็นเชิงเส้นตลอด (Linear)

ซึ่งขนาดของสัญญาณ Vref/2 ผู้ใช้สามารถเลือกได้โดย JP5 กล่าวคือถ้าผู้ใช้ Short ที่ตำแหน่ง 1-2 จะได้ Vref/2 = 2.50V ถ้า Short ที่ตำแหน่ง 2-3 ขนาดของสัญญาณ Vref/2 ที่ผู้ใช้กำหนดเองจากภายนอกที่ต่อมาจาก Connecter CN2 ซึ่งขนาดของ Vref/2 ที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาต้องมีค่ามากกว่า 0V และไม่ควรเกิน 2.50V ด้วยเช่นกัน

ตัวอย่างเช่น ผู้ใช้เลือก VI- เท่ากับ 0V (JP4 ที่ตำแหน่ง 1-2) และเลือก Vref/2 เท่ากับ 2.50V (JP5 ที่ตำแหน่ง 1-2) แล้วจะได้ว่าช่วงของสัญญาณ Analog Input จะต้องอยู่ระหว่าง 0V - 5.0V เท่านั้นซึ่งความละเอียดของแต่ละช่วงสัญญาณที่รับเข้ามามีความละเอียดถึง 256 ระดับนั่นคือ

ถ้าสัญญาณ Analog Input มีค่าเท่ากับ 0V จะได้ Data = 00H

ถ้าสัญญาณ Analog Input มีค่าเท่ากับ 2.50V จะได้ Data = 7FH

ถ้าสัญญาณ Analog Input มีค่าเท่ากับ 5.0V จะได้ Data = FFH

ดังนั้นจะได้ความละเอียดของสัญญาณ = (5V - 0V) / 256

= 0.0195 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ผู้ใช้สามารถรับสัญญาณได้ตั้งแต่ 0V - 5.0V โดยมีความแตกต่างของแต่ละช่วงเป็น 0.0195V

หรืออีกกรณีหนึ่งคือ หากผู้ใช้เลือก VI- เท่ากับ 0.50V จากภายนอกซึ่งต่อเข้ามาทาง Connector CN2 (JP4 Short ที่ตำแหน่ง 2-3) และเลือก Vref/2 เท่ากับ 1.50V (JP5 ที่ตำแหน่ง 2-3) แล้วจะได้ว่าช่วงสัญญาณ Analog Input จะต้องอยู่ระหว่าง 0.50V - 3.50V นั่นเอง

สำหรับ IC A to D บน ET-DIO CARD สามารถเลือกโหมดการทำงานได้ทั้งหมด 2 โหมดการทำงาน โดยการเลือกที่ Jumper JP2 คือ

- โหมดทำงานปกติ (Free Run Mode)
- โหมดอินเทอร์รัพท์ (Interrupt Mode)

การใช้งาน DAC (Digital To analog Converter)

ไอซี DAC มีลักษณะการทำงานที่ตรงกันข้ามกับไอซี ADC กล่าวคือมันจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ Digital ให้เป็นสัญญาณ Analog ซึ่งนิยมใช้งานในด้านการควบคุมต่างๆ ซึ่งบน ET-DIO CARD มีไอซี DAC ให้ใช้งาน 1 ตัว โดยสามารถเลือกใช้ได้ 2 เบอร์ คือ DAC0832 (8 บิต) และ DAC1232 (12 บิต) ตัวใดตัวหนึ่งโดยการเลือกที่ Jumper Jp1

ซึ่งการควบคุมขนาดของสัญญาณ Analog Output นั้นทำได้โดยการส่งค่า DATA ออกไปยังพอร์ตควบคุมของไอซี DAC (Port Control) ซึ่งอัตราส่วนของขนาดสัญญาณ Analog Output ที่ได้นั้นจะเปลี่ยนแปลงอย่างเชิงเส้น (Linear) นั่นคือ

ถ้าส่งค่า DATA ค่า FFH จะได้ขนาดสัญญาณ Output สูงสุด
ถ้าส่งค่า DATA ค่า 7FH จะได้ขนาดสัญญาณ Output ครึ่งหนึ่ง
ถ้าส่งค่า DATA ค่า 00H จะได้ขนาดสัญญาณ Output ต่ำสุด
ความละเอียดของช่วงสัญญาณ = (Vmax - Vmin) / 256

ตัวอย่างเช่น ต้องการขนาดสูงสุดของสัญญาณ 10 V โดยให้ขนาดต่ำสุดของสัญญาณเป็น 0V จะได้ความละเอียดของสัญญาณเป็น 0.039V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อ Port และการ Control

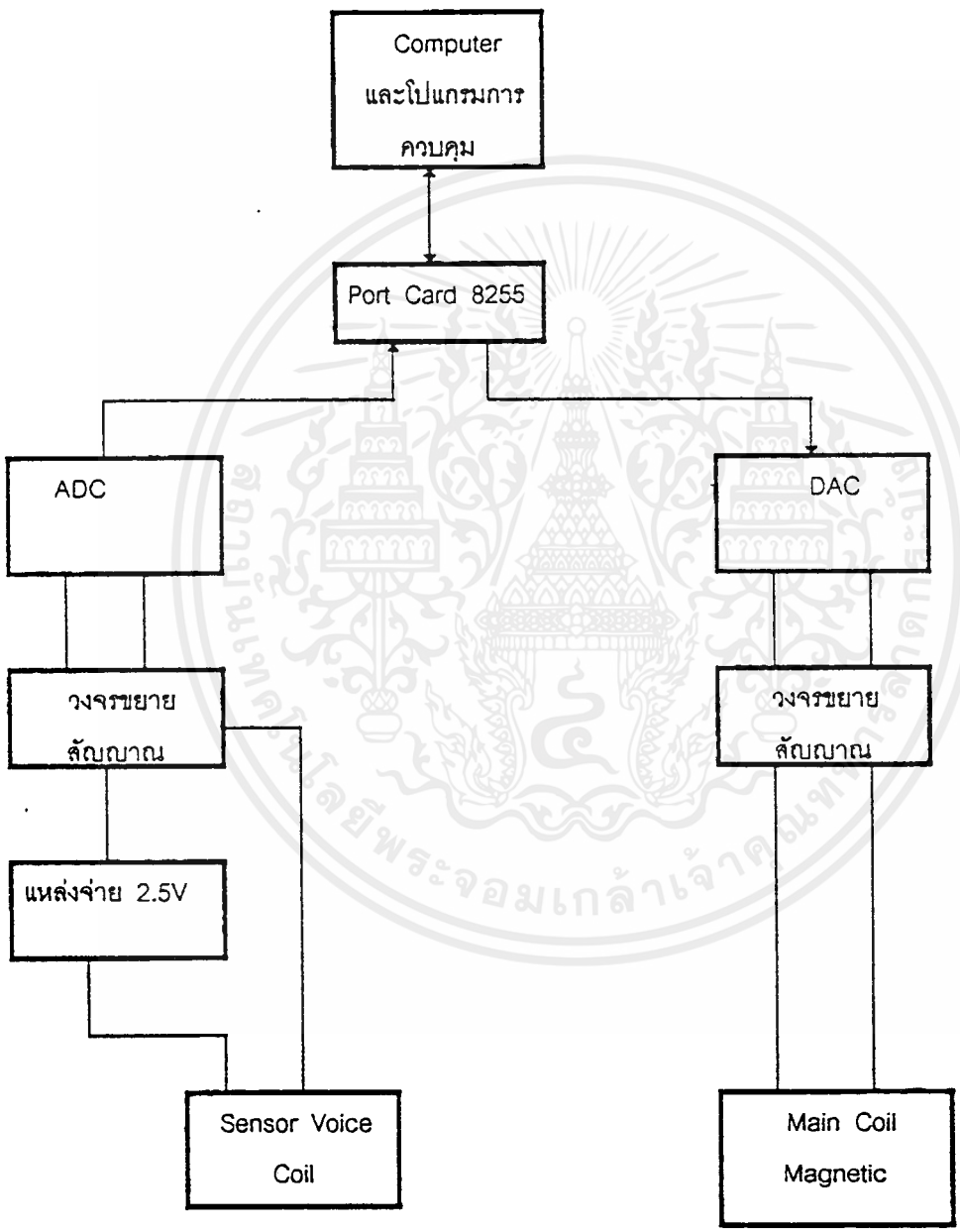
ในหัวข้อนี้จะแสดงการต่อพ่วงอุปกรณ์การทำงานของทุกๆตัวและจะศึกษาเจาะเข้าไปถึงการทำงานของแต่ละตัวว่ามีคุณสมบัติอย่างไรมีผลอย่างไรในการทำงาน

ในการ Control จะมีอุปกรณ์ และโปรแกรมต่อไปนี้

1. Main Coil และแท่งแม่เหล็ก
2. Sensor voice coil
3. แหล่งจ่าย 2.5V
4. Port 8255 , DAC , ADC
5. วงจรขยายสัญญาณ
6. Program ที่ใช้ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

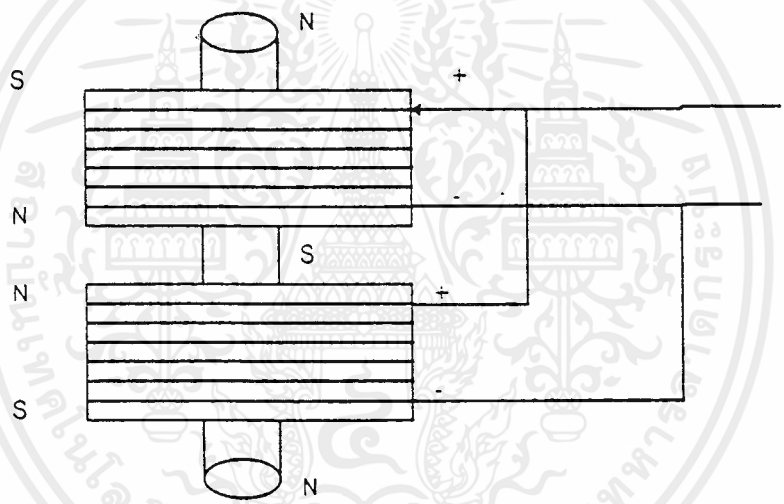
รูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Magnetic Coil และแม่เหล็กถาวร

ได้อธิบายไปแล้วในส่วนของทฤษฎีของแม่เหล็ก จะขออธิบายในส่วนของการทำงานนั่น คือ เราต้องการให้กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาทำให้แม่เหล็กที่ติดอยู่กับคานดึงคานลงมาให้อยู่ในสภาพสมดุล ขั้วของแม่เหล็กและขดลวดเป็นไปดังรูปที่แสดงไว้ และตำแหน่งของแม่เหล็กจะอยู่เหนือจุดสมดุลเล็กน้อย เมื่อคานเกิดการสั่น Voltage ที่ป้อนเข้ามาจะทำให้ขั้วแม่เหล็กที่ Main Coil เกิดสนามแม่เหล็กและจะดูดกับแม่เหล็กถาวรไม่ให้เคลื่อนที่ นั่นคือเมื่อคานเคลื่อนขึ้น สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นก็จะดึงคานเอาไว้ให้อยู่นิ่งที่สุด



รูปที่ 3.3 แสดงขั้วแม่เหล็กและการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ Magnetic Coil

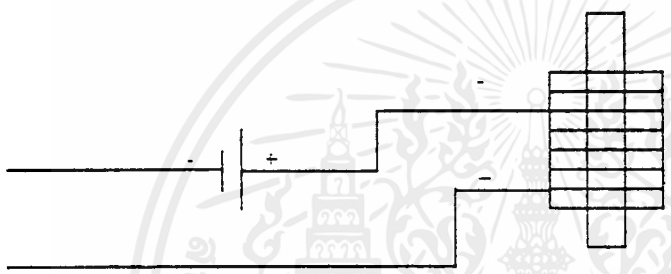
แหล่งจ่าย 2.5V

เราต้องใช้แหล่งจ่าย 2.5V เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก Sensor Voice Coil เป็นกระแสสลับบวกและลบ แต่เนื่องจาก ADC ไม่สามารถรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่เป็นค่าลบได้ จึงต้องมีการต่อแหล่งจ่าย 2.5V เพื่อที่จะยกระดับแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก Sensor Voice Coil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sensor Voice Coil

การทำงานของ Sensor Voice Coil จะเป็นตัวตรวจจับการเคลื่อนที่เข้าออกของคานว่าคานจะอยู่ในตำแหน่งไหน โดยการส่ง Voltage ออกมา และคอมพิวเตอร์สามารถรับค่า Voltage ผ่าน ADC การติดตั้ง Sensor Voice Coil จะต้องต่อกับแหล่งจ่าย 2.5V ดังรูป



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อแหล่งจ่าย 2.5V กับ Sensor Voice Coil

การติดตั้ง Sensor Voice Coil ต้องติดตั้งเพื่อที่จะให้คานเคลื่อนที่ขึ้นเป็นไฟบวก และเคลื่อนที่ลงเป็นไฟลบ และต้องต่อแหล่งจ่ายตามรูป เนื่องจาก ADC ไม่สามารถรับค่าไฟลบจาก Sensor Voice Coil ได้ Sensor Voice Coil นี้สามารถให้จ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ในช่วง -40 mV และ +40 mV และต้องทำการขยายให้อยู่ในช่วง -2.5V และ +2.5V

จะสามารถหา Gain ได้ดังนี้

$$40\ mV \times Gain = 2.5V$$

$$\therefore Gain = 2.5V / 40\ mV$$

$$= 62.5 \text{ เท่า}$$

ซึ่งเราสามารถทำได้โดยการต่อวงจรขยายสัญญาณ

เมื่อเราขยายผ่าน Gain ได้แล้ว จะได้แรงดันไฟฟ้าที่อยู่ที่ช่วง -2.5V และ +2.5V และเมื่อต่อเข้ากับแหล่งจ่าย 2.5V ก็จะได้แรงดันไฟฟ้าที่อยู่ในช่วง 0V - 5V ซึ่ง ADC สามารถรับค่าได้

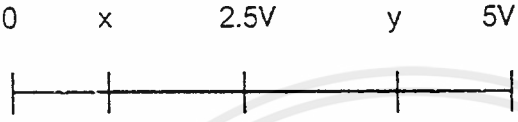
เราสามารถพิจารณาตำแหน่งของคานได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

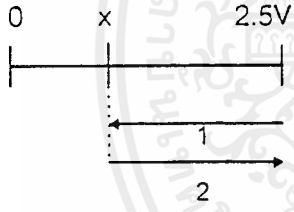
■ ให้ค่า x เป็นค่าต่ำสุดของการเคลื่อนที่ของคาน (เกิดค่า x เนื่องจากเราประมาณแรงดันไฟฟ้า -40 mV ที่ออกจาก Sensor Voice Coil ไว้เกิน)

■ ให้ค่า y เป็นค่า Voltage ที่สูงสุดของการเคลื่อนที่ของคาน (เกิดค่า y เนื่องจากเราประมาณแรงดันไฟฟ้า +40 mV ที่ออกจาก Sensor Voice Coil ไว้เกิน)

พิจารณาการเคลื่อนที่ได้ดังนี้



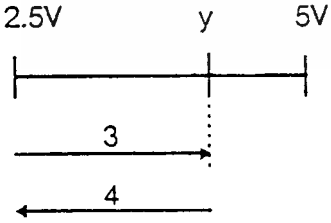
1. เมื่อคานเคลื่อนที่ลงต่ำลงกว่าจุดสมดุล Voltage ที่ได้จะเป็นลบ และหักล้างกับค่าแรงดัน 2.5V จากแหล่งจ่ายจะได้แรงดันไฟฟ้าที่ออกมาต่ำกว่า 2.5V นั่นแสดงว่าคานอยู่ต่ำกว่าจุดสมดุล



ช่วง 1 แสดงว่าคานกำลังเคลื่อนที่ลง

ช่วง 2 แสดงว่าคานกำลังเคลื่อนที่ขึ้น

2. เมื่อคานเคลื่อนที่ขึ้นสูงกว่าจุดสมดุล Voltage ที่ได้จะเป็นบวก และจะเสริมกับแหล่งจ่าย 2.5V ทำให้ Voltage ที่ออกมามากกว่า 2.5V



ช่วง 3 แสดงว่าคานกำลังเคลื่อนที่ขึ้น

ช่วง 4 แสดงว่าคานกำลังเคลื่อนที่ลง

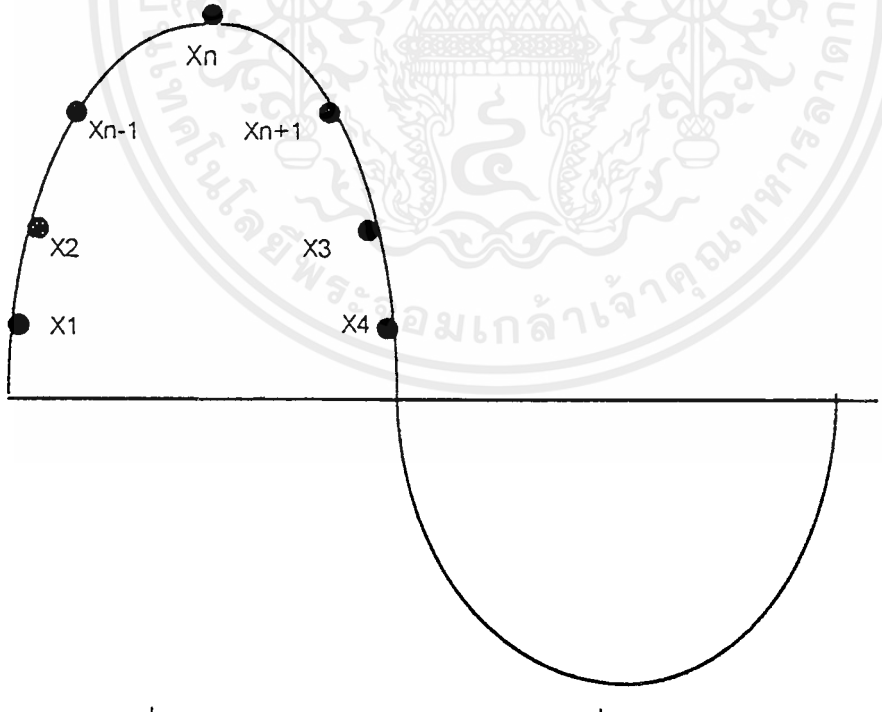
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sensor Voice Coil กับโปรแกรมควบคุม

ระหว่างการรับค่า Voltage จากตัว ADC จะรู้ตำแหน่งคานจาก Voltage ที่รับมาว่าคานอยู่ในตำแหน่งอยู่เหนือหรืออยู่ใต้จุดสมดุล และรับค่าต่อมาเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่รับมาก่อนหน้านี้ว่าคานมีทิศทางอย่างไร

1. ถ้า Volt [I] > 2.5V แสดงว่าคานอยู่เหนือจุดสมดุลและทำการรับค่า Volt [I+1] แล้วทำการเปรียบเทียบกัน
   1.1 ถ้า Volt [I +1] > Volt [I] แล้วแสดงว่าคานมีทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น
   1.2 ถ้า Volt [I +1] < Volt [I] แล้วแสดงว่าคานมีทิศทางเคลื่อนที่ลง

พิจารณารูปกราฟแสดงการเคลื่อนที่ของคาน



รูปที่ 3.5 แสดงการเปรียบเทียบ Voltage เมื่อแรงดันมากกว่า 2.5V

- ถ้า X2 > X1 แสดงว่าคานกำลังมีทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น
- ถ้า X3 > X4 แสดงว่าคานกำลังมีทิศทางเคลื่อนที่ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

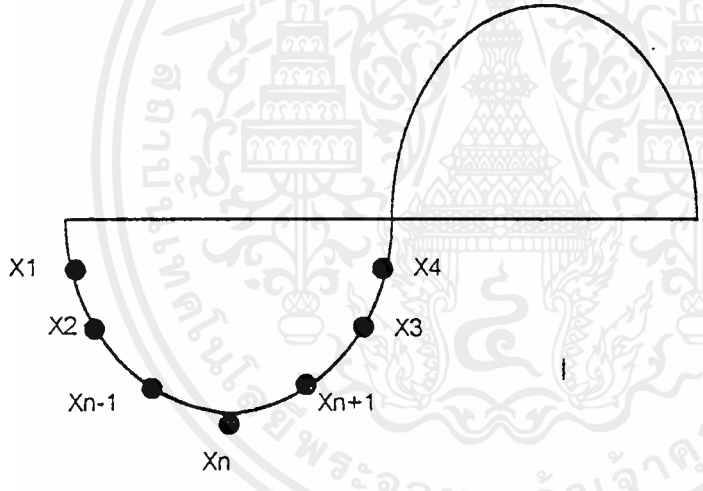
■ ถ้า Xn-1 < Xn และ Xn > Xn+1 นั่นแสดงว่า Xn คือ Voltage สูงสุดและเป็นจุดที่คานเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุด

2. ถ้า Volt [I] < 2.5V แสดงว่าคานอยู่ต่ำกว่าจุดสมดุล ทำการรับค่า Volt [I +1] แล้วทำการเปรียบเทียบกัน

■ ถ้า Volt [I +1] > Volt [I] แสดงว่าคานมีทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น

■ ถ้า Volt [I +1] < Volt [I] แสดงว่าคานมีทิศทางเคลื่อนที่ลง

พิจารณากราฟแสดงการเคลื่อนที่ของคาน



รูปที่ 3.6 แสดงการเปรียบเทียบ Voltage เมื่อแรงดันน้อยกว่า 2.5V

ถ้า X2 > X1 แสดงว่าคานกำลังมีทิศทางเคลื่อนที่ลง

ถ้า X3 < X4 แสดงว่าคานกำลังมีทิศทางเคลื่อนที่ลง

ถ้า Xn-1 > Xn และ Xn < Xn+1 แสดงว่า Xn คือ Voltage ต่ำสุดและเป็นจุดที่คานเคลื่อนที่ลงต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรมควบคุม

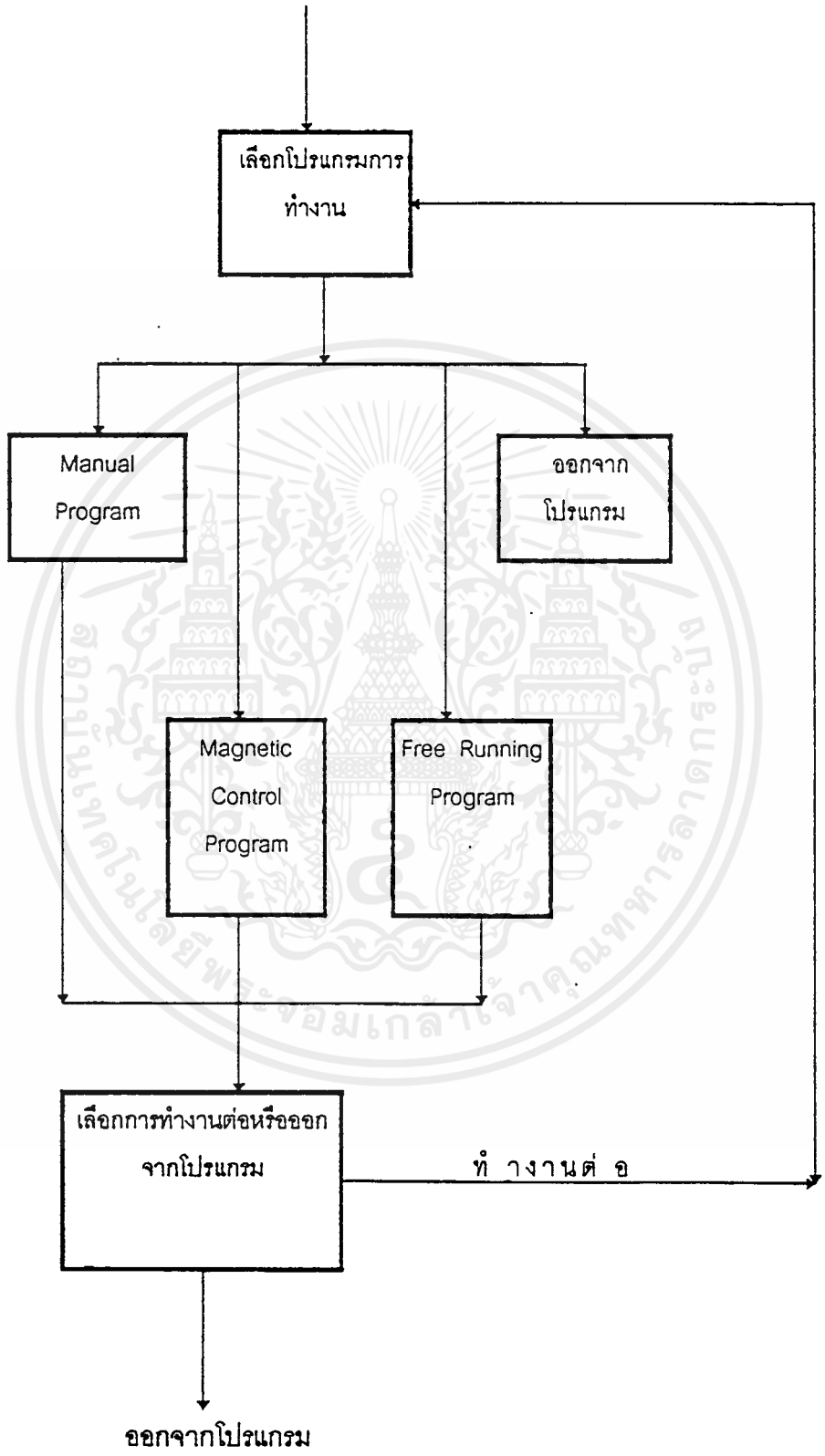
ในโปรแกรมจะมีการเลือกการทำงานอยู่ 3 โปรแกรม ดังนี้คือ

1. Manual Program
2. Magnetic Control Program
3. Free Running Program

รูปแบบของโปรแกรมสามารถแสดง Flow Chart ได้ดังต่อไปนี้

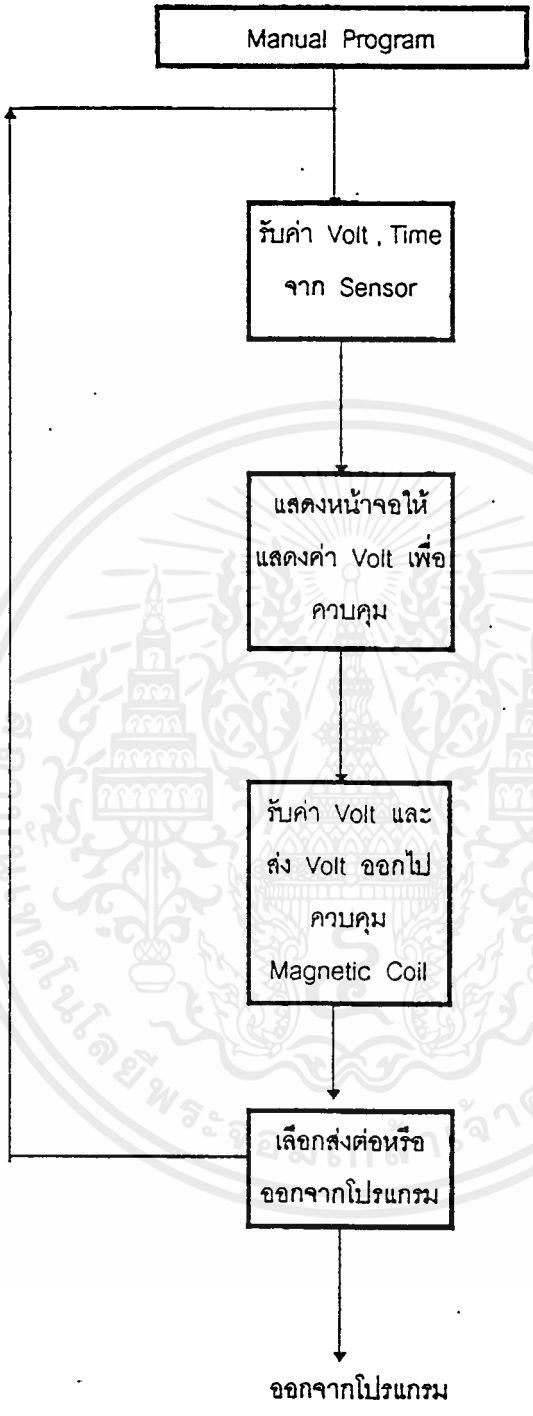
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรมโดยรวม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ Sub Program

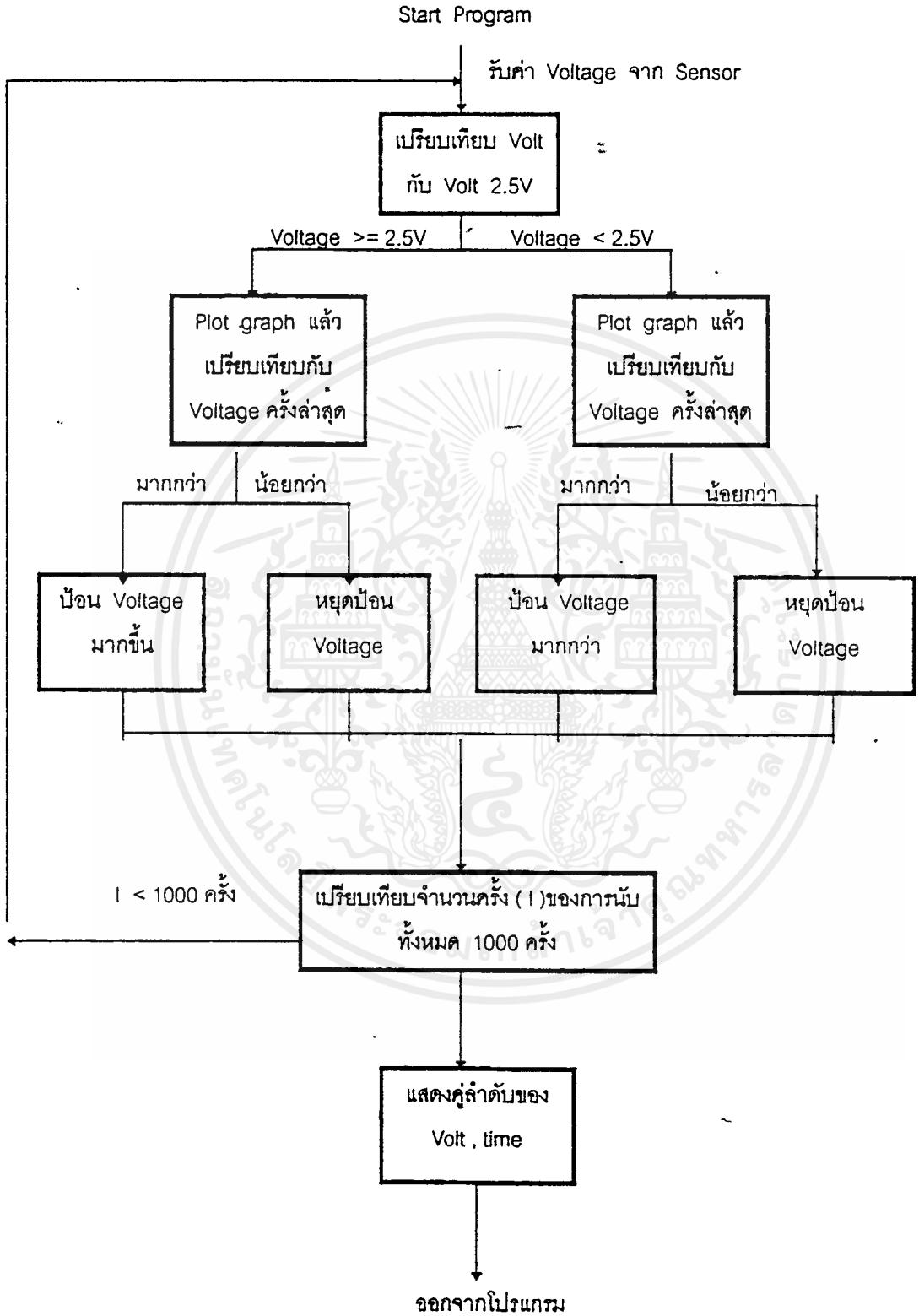


การทำงานของโปรแกรม Manual

จะเป็นการดูพฤติกรรมการสั่น โดยเราป้อน Voltage ตามค่าที่ต้องการตั้งแต่ 0V - 10V หลังจากนั้น Sensor จะทำการรับ Voltage เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอื่น โดยจะทำการรับค่าหลังจากการป้อน Voltage มาควบคุมทุกครั้งและ Voltage ที่รับจาก Sensor สามารถแสดงผลหลังจากเสร็จโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Magnetic Control Program



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

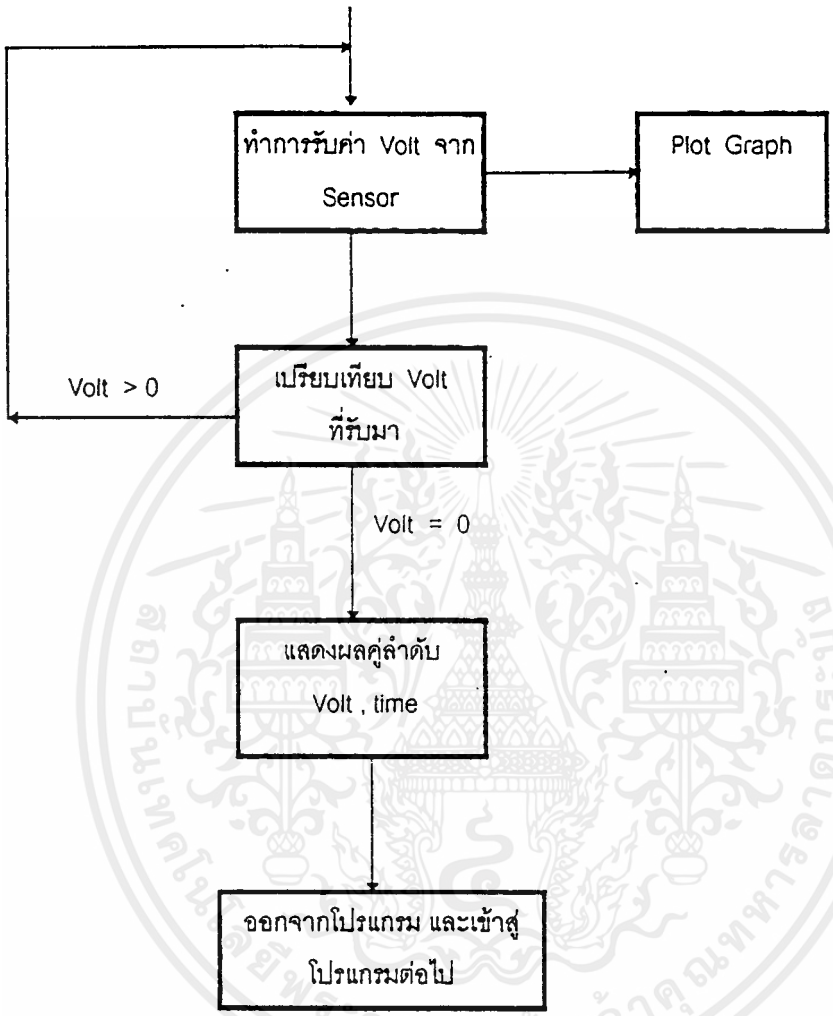
การทำงานของโปรแกรม Magnetic Control

เป็นการทำงานแบบควบคุมย้อนกลับ (Feed back Control) นั่นคือจะมีการเปรียบเทียบกันระหว่าง Input และ Output ซึ่งจะทำการรับค่า 1000 ครั้ง สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เริ่มแรกจะทำการรับค่า Voltage จาก Sensor ทุกๆ 0.01 วินาที แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดัน 2.5V เนื่องจากต่อกับแหล่งจ่าย 2.5V เพื่อจะดูว่าขณะนี้คานอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าตำแหน่งสมดุล
2. เพื่อทำการเปรียบเทียบแล้วจะได้ผล 2 กรณี ดังนี้
   2.1 Voltage >= 2.5V (คานอยู่เหนือจุดสมดุล) จะทำการ plot graph และจะทำการเปรียบเทียบกับค่า Voltage ที่รับมาก่อนหน้านี้ (Volt [I-1]) เพื่อจะดูว่าตอนนี้คานเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง
      2.1.1 Volt [I] > volt [I-1] (คานเคลื่อนที่ขึ้น) เราจะป้อนไฟเพื่อให้ Magnetic Coil ทำการดูดคานลงเพื่อไม่ให้คานเคลื่อนที่ขึ้นต่อไป โดยจะป้อนทีละน้อย
      2.1.2 Volt [I] <= Volt [I-1] (คานเคลื่อนที่ลง) ในกรณีนี้เนื่องจากการทดลองสามารถป้อนไฟได้ทางเดียว เมื่อคานเคลื่อนที่ลงเพื่อไม่ให้เกิดแรงดึงลงอีกจึงป้อน Voltage 0V นั่นคือช่วงที่คานเคลื่อนที่ลงจะไม่มีการควบคุม
   2.2 Voltage < 2.5 (คานอยู่ในตำแหน่งต่ำกว่าสมดุล) จะทำการ plot graph และทำการเปรียบเทียบค่า Voltage ก่อนหน้านี้ (Volt [I -1]) เพื่อจะดูว่าในขณะนี้คานเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง
      2.2.1 Volt [I] Volt [I -1] (คานเคลื่อนที่ลง) จะคล้ายกรณีในข้อ 2.1.2 คือจะทำการหยุดป้อน Voltage
      2.2.2 Volt [I] > Volt [I -1] (คานเคลื่อนที่ขึ้น) จะคล้ายกับกรณีในข้อ 2.1.1 นั่นคือจะทำการป้อน Voltage เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ Magnetic Coil ดูดคานเพื่อไม่ให้คานเคลื่อนที่ขึ้น
3. ทำการนับจำนวนครั้งของการนับค่า ซึ่งจากการทดลองจะรับ 1000 ครั้งเพื่อดูว่าพฤติกรรมในช่วง 10 วินาทีแรก (รับ Voltage ทุกๆ 0.01 วินาที) เมื่อจำนวนครั้งครบการทำงานจะแสดงคู่ลำดับของ Volt [0] ถึง Volt [1000] และ Time [0] ถึง Time [1000]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Free Running Program



การทำงานของโปรแกรม

จะทำการรับค่า Volt จาก Sensor ทุกๆ 0.01 วินาที เพื่อนำข้อมูลที่ได้มา plot graph โดยจะไม่มีการป้อน Voltage เข้าไปควบคุม Magnetic Coil เลย นั่นคือจะเป็นการแสดงการสั่นของคานที่ไม่ได้ถูกควบคุม เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการควบคุมของโปรแกรมอื่นๆที่ได้กล่าวมาข้างต้น คู่ลำดับของ Volt และ time เราสามารถแสดงผล เพื่อไปสร้างกราฟรูปแบบอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <stdio.h>
#include <graphics.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>
#include <dos.h>
#include <stdlib.h>
#include <io.h>


char charout[4];/* write variable */
int e,maxy,b=0,a;
float input[1000],output[1000],volt[1000],time[1000];
main()
{
 int gd=CGA,gm=0,errorcode;
 initgraph(&gd,&gm,"c:\tc\bgi");
 errorcode=graphresult();
 if(errorcode != grOk)
  {
    printf("GRAPHIC FUNCTION ERROR: %s\n",grapherrormsg(errorcode));
    printf(" HIT KEY TO STOP!!");
    getch();
    exit(1);
  }
 fselect();
 return 0;
} /* main */


 continues()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
 cleardevice();
 setcolor(11);
 rectangle(0,0,319,198);
 rectangle(2,2,317,196);
 rectangle(4,4,315,194);
 rectangle(6,6,313,192);
 setcolor(2);
 setfillstyle(1,11);
 floodfill(100,100,1);
 outtextxy(25,40,"  DO YOU WANT OPERATE AGAIN ?\n\n");
 outtextxy(40,70," * IF 'YES' PRESS '1' KEY.\n\n");
 outtextxy(40,90," * IF 'NO' PRESS '2' KEY.\n\n");
 outtextxy(40,150,"  YOUR REQUEST:= ");
 charout[0] = getch();
 setcolor(1);
 outtextxy(175,150,charout);
 e = atoi(charout);
 if(charout[0] >= '1' && charout[0] <= '2')
  if(e==1)
  fselect();
  if(e==2)
 getch();
 return 0;
}

fselect()
{
  cleardevice();
  setcolor(11);
  rectangle(0,0,319,198);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    rectangle(1,1,318,197);
    rectangle(2,2,317,196);
    rectangle(3,3,316,195);
    setcolor(2);
    setfillstyle(1,11);
    floodfill(100,100,1);
    outtextxy(70,20,"YOU WANT TO SELECT:");
    setcolor(1);
    outtextxy(60,50,"1. OPERATE WITH SPRING");
    outtextxy(85,70,"AND MAGNATIC COIL.");
    outtextxy(60,90,"2. OPERATE WITH MANUAL");
    outtextxy(60,110,"3. FREE RUNNING");
    outtextxy(60,130,"4. EXIT TO PROGRAM");
    outtextxy(70,170," YOU SELECT NUMBER.");
    charout[0] = getch();
    setcolor(2);
    outtextxy(230,170,charout);
    getch();
    e = atoi(charout);
    if(charout[0] >= '1' && charout[0] <= '3')
    if(e==1)
    fspr_mag();
    if(e==2)
    manual();
    if(e==3)
    independence();
    while(e==4)
    break;
    cleardevice();
    return 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fspr_mag()
{

  int maxx,midy,input,output;
  float volt[1000],time[1000],y1,y2;
  int a,i,step,z;

  cleardevice();
  setcolor(2);
  outtextxy(35,50,"THIS GRAPH SHOW THE VIBRATION OF");
  outtextxy(40,70,"   SPRING AND MAGNATIC COIL.");
  outtextxy(75,110," PLEASE WAIT");
  setcolor(RED);
  outtextxy(170,110,"  5sec!!");
  sound(100);
  delay(5000);
  nosound();

  cleardevice();
  setcolor(4);
  outtextxy(40,80,"IF YOU READY PRESS 'ENTER' KEY");
  getch();

  cleardevice();
  setcolor(2);
  maxx = getmaxx();
  midy = getmaxy()/2;
  maxy = getmaxy();
  rectangle(0,0,maxx,maxy);
  rectangle(1,1,maxx-1,maxy-1);
  setcolor(GREEN);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
moveto(maxx-10,midy);
lineto(0,midy);
setcolor(WHITE);
outtextxy(maxx-20,midy-15,"s");
for(a=30;a<=maxx-10;a=a+30)
 {
      outtextxy(a,midy-3,"|");
 }

moveto(0,midy);
setcolor(1);
time[0]=0;
volt[0]=0;
for(i=1;i<=1000;i++)
 {

       delay(10);
       step = inportb(0x30A);  /* 0 - 255 */
       time[i] = time[i-1] + 0.01;
       volt[i] = (step*5)/255;    /* 0 - 5 volt */
       if(volt[i] >= 2.5)
       {
          y1 = ((5-volt[i])*(midy))/2.5;
          lineto(time[i]*30,y1);
          if(volt[i] > volt[i-1])
                {
                 if(i <= 255)  outportb(0x308,i);
                 else if(i > 255) outportb(0x308,255);
                }
          else if(volt[i] < volt[i-1])
                {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                outportb(0x308,0);
              }
        }
        else if(volt[i] < 2.5)
              {
                y2 = (((maxy - midy)*(2.5 - volt[i]))/2.5); /* +midy */
                lineto(time[i]*30,y2);
                if(volt[i] < volt[i-1])
                 {
                   outportb(0x308,0);
                 }
                 else if(volt[i] > volt[i-1])
                   {
                    if(i <= 255) outportb(0x308,i);
                    else if(i > 255)  outportb(0x308,255);
                   }
              }
        }
getch();
cleardevice();
setcolor(GREEN);
z=0;
while(z<100)
 {
 for(i=z;i<=z+23;i++)
 printf("volt[%d]:= %3.3f time[%d]:= %3.3f\n",i,volt[i],i,time[i]);
 z=z+24;
 getch();
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
getch();
continues();
getch();
closegraph();
return 0;

}

manual()
 {

   int maxx,midy,stop,i,e,a;
   float y,v;
   char ch,ready;

   cleardevice();
   setcolor(2);
   printf("\n\n");
   printf("  THIS FUCNTION TO SENT VOLTAGE TO\n\n");
   printf("  CONTROL THE VRIBRATION OF MODEL\n\n");
   printf("  YOU CAN KEY ANY VOLTAGE TO MAIN CHOCK\n\n");
   printf("  RANGE OF VOLTAGE IS  0  TO 10 VOLT\n\n\n\n\n\n");
   setcolor(11);
   do
   {
   sound(1400);
   printf("  IF YOU READY PRESS  'ENTER' KEY:!!");
   ready = getchar();
   }
   while(ready != '\n');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
nosound();

cleardevice(); gotoxy(3,5);
i=1;
stop=0;
do
 {
      setcolor(2);
      printf(" VOLTAGE YOU WANT TO SENT: ");
      scanf("%f",&v);
      sound(150);
      v = (v*256/10)-1;
      if( v<0 ) v=0;
      printf("\n");
      printf("  THE STEP OF VOLTAGE:=%5f\n\n\n\n",v);
      outportb(0x308,v);
      setcolor(11);
      printf("  ARE YOU CONTINUAS ?\n");
      printf("  (YES ='1'NO ='2') ");
      charout[0]=getch();
      i=i+1;
      getch();
      e=atoi(charout);
      if(e == 1 ) stop=0;
      if(e == 2 ) stop=1;
      cleardevice();
      gotoxy(3,5);
  } while (stop==0);
nosound();
continues();
getch();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
return 0;
}

independence()
 {
  int maxx,midy,maxy,a,i,step,true,z;
  float volt[1000],time[1000],y1,y2;

  cleardevice();
  setcolor(2);
  outtextxy(35,50,"THIS GRAPH SHOW THE VRIBRATION OF");
  outtextxy(40,70,"   FREE RUNNING VRIBRATION");
  outtextxy(75,110," PLEASE WAIT");
  setcolor(RED);
  outtextxy(170,110, " 5sec");
  sound(100);
  delay(5000);
  nosound();

  cleardevice();
  setcolor(2);
  outtextxy(40,80,"IF YOU READY PRESS 'ENTER' KEY");
  getch();

  cleardevice();
  setcolor(2);
  maxx = getmaxx();
  midy = getmaxy()/2;
  maxy = getmaxy();
  rectangle(0,0,maxx,maxy);
  rectangle(1,1,maxx-1,maxy-1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
setcolor(GREEN);
moveto(maxx-10,midy);
lineto(0,midy);
setcolor(WHITE);
outtextxy(maxx-20,midy-15,"s");
for(a=30;a<=maxx-10;a=a+30)
 {
  outtextxy(a,midy-3,"|");
 }
moveto(0,midy);
time[0]=0;
volt[0]=0;

for(i=1;i<=1000;i++)
{
 delay(10);
 step = inportb(0x30A);
 time[i] = time[i-1]+0.01;
 volt[i] = (step*5)/255;

 if(volt[i] >= 2.5)
  {
      y1 = ((5-volt[i])*midy)/2.5;
      lineto(time[i]*30,y1);
  }
 else if(volt[i] < 2.5)
 {
  y2 = (((maxy-midy)*(2.5-volt[i]))/2.5); /* + midy;*/
  lineto(time[i]*30,y2);
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
getch();
cleardevice();
z=0;
while(z<=100)
{
 for(i=z;i<=z+23;i++)
 printf("volt[%d]:=%3.2f time[%d]:=%3.2f\n",i,volt[i],i,time[i]);
 z=z+24;
 getch();
}
getch();
continues();
getch();
return 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลอง และ ผลการทดลอง

การประกอบชุดอุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ในการทดลองต่างๆ ได้เคยกล่าวถึงมาบ้างแล้ว ต่อไปจะอธิบายถึงวิธีการต่ออุปกรณ์แต่ละตัวเข้าเป็นชุดการทดลอง

1. นำเอาแผ่น Interface Card ซึ่งมี 8255 , DAC และ ADC อยู่ด้วยกันมา Jump สาย ไฟที่จ่ายออกจาก DAC และสายไฟที่รับไฟเข้าของ ADC ออกมาบริเวณ work area ของ Card ตามคู่มือของ Card (ดังแสดงไว้ในภาคผนวก) เมื่อต่อสาย Input และ Output เสร็จ ก็เสียบแผ่น Interface Card เข้ากับ Slot ในคอมพิวเตอร์ได้เลย
2. ต่อสายไฟที่จ่ายจาก DAC กับวงจรขยายสัญญาณ และต่อเข้ากับ Output ที่ได้จากการขยายสัญญาณ เข้ากับ Magnetic Coil ดังลักษณะที่แสดงตามรูปในบทที่ 3
3. นำแม่เหล็กถาวรและ Magnetic Coil ต่อเข้ากับอุปกรณ์การทดลอง โดยแท่งแม่เหล็กถาวรจะติดอยู่กับคานของชุดการทดลอง โดยคานจะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงตามแนวดิ่งได้ ส่วน Magnetic Coil จะติดอยู่กับชุดการทดลองในลักษณะยึดตายตัว จะให้เคลื่อนที่เฉพาะแท่งแม่เหล็กถาวรที่ติดอยู่กับคานเท่านั้น โดย Magnetic Coil
4. ติดตั้ง Servo Motor ซึ่งจะเป็นตัวส่งแรงกระตุ้นทำให้คานเกิดการสั่นและเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ โดยสามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อที่จะเพิ่มแรงกระตุ้นให้กับคานได้
5. ติดตั้ง Spring ไว้ที่ตำแหน่งเกือบถึงปลายคาน ซึ่งสปริงจะเป็นตัวดูดซับแรงกระตุ้นจากมอเตอร์ และทำให้คานเกิดการสั่นตามธรรมชาติ โดยสปริงที่นำมาใช้เป็นแบบปรับความยาวได้ (นั่นคือปรับค่าแรงได้)
6. ติดตั้ง Sensor Voice Coil ที่ตำแหน่งปลายของคาน โดยให้มีการเคลื่อนที่คล้ายกับชุด Magnetic Coil
7. ต่อวงจรขยายสัญญาณกับทางด้าน Output ที่ออกจาก Sensor เพื่อให้เกิด Volt สูงขึ้น และนำ Output ที่ขยายแล้วต่อเข้ากับแหล่งจ่ายขนาด 2.50V เพื่อยกระดับแรงดันไฟฟ้าให้เป็นบวกดังที่ได้กล่าวมาแล้ว
8. ต่อไฟที่ได้จากแหล่งจ่าย 2.50V เข้ากับ ADC ที่เดินสายออกมาเรียบร้อยเพื่อทำการวัดค่าและทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง

จุดประสงค์

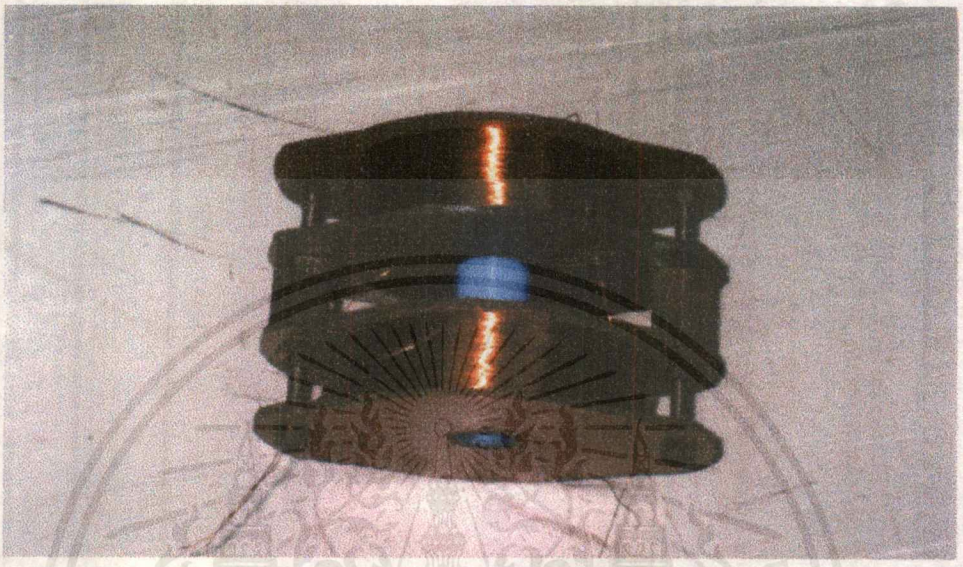
เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นในการควบคุมการสั่นของคาน โดยใช้โซ่คแม่เหล็ก ซึ่งควบคุมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในโหมดต่างๆของแต่ละโปรแกรมที่เขียนขึ้น

วิธีการทดลอง

1. โปรแกรม Manual เพื่อดูพฤติกรรมก่รสั่นโดยป้อน Voltage ไปควบคุมผ่านทาง Keyboard ซึ่งสามารถป้อนได้ตามต้องการ นั่นคือผลการทดลองสามารถดูพฤติกรรมการสั่นเมื่อป้อนไฟเข้าไป เมื่อหยุดป้อนแล้วแต่ตามต้องการ
2. โปรแกรม Free Running
   - จ่ายไฟเข้า Servo Motor เพื่อบังคับให้คานเกิดการสั่นโดยจะเป็นการรับค่า Voltage จากคานเพื่อแสดงการสั่นโดยเราไม่ควบคุมนั่นคือเกิดการสั่นตามธรรมชาติ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการควบคุม
   - run program เพื่อให้เกิดการทำงานและรับค่า
3. โปรแกรม Magnetic Control
   - จ่ายไฟเข้า Servo motor เพื่อบังคับให้คานเกิดการสั่นโดยรับค่า Voltage เข้ามาเพื่อเปรียบเทียบและคำณวนว่าจะต้องส่ง Voltage เท่าไหร่ออกไปควบคุม
   - run program เพื่อให้ทำการรับค่าและส่งค่า Voltage แล้วนำผลการทดลองมา
   - plot graph หรือสามารถนำมาเป็นคู่ลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

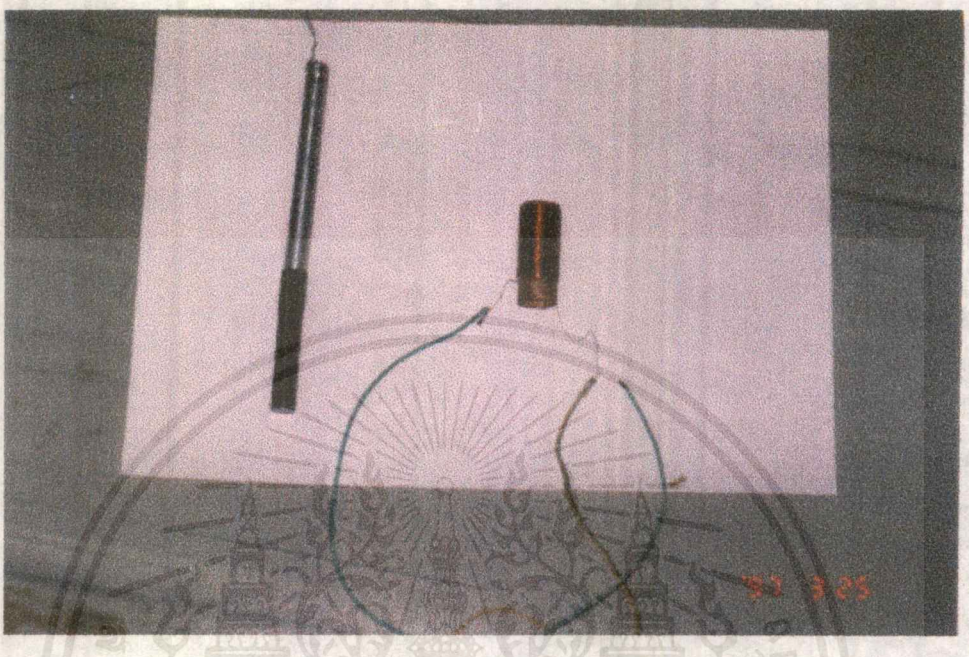
แสดงรูปอุปกรณ์การทดลอง



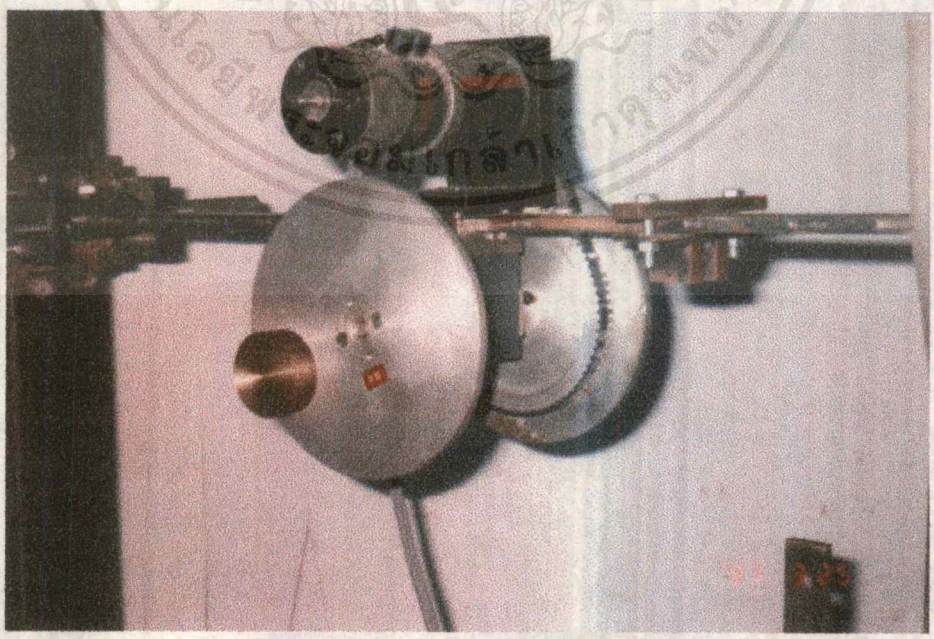
รูปที่ 4.1 Magnetic Coil

รูปที่ 4.2 แท่งแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

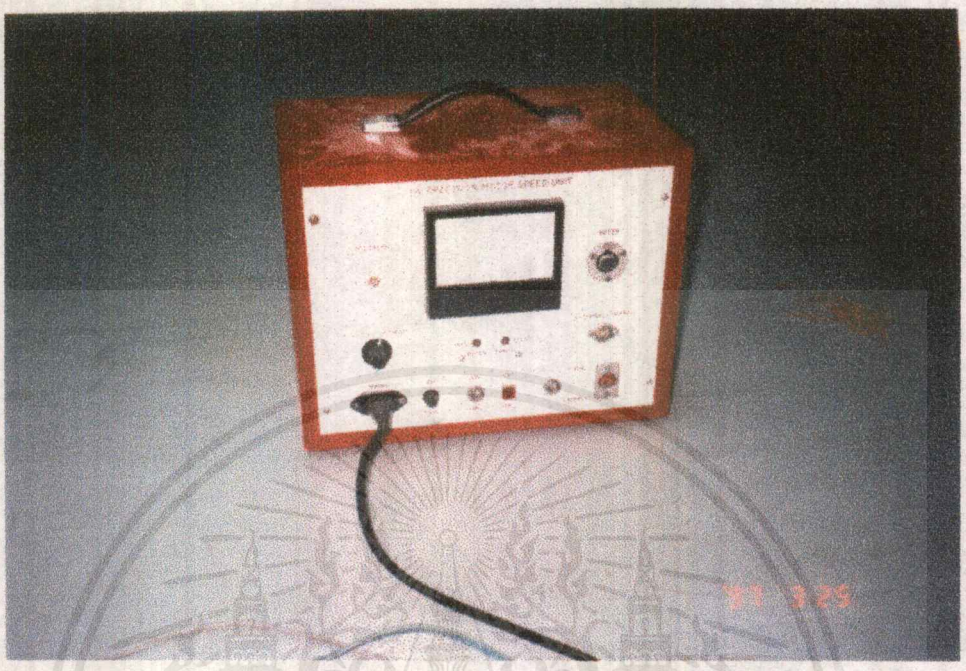


รูปที่ 4.3 ชุด Sensor Voice Coil

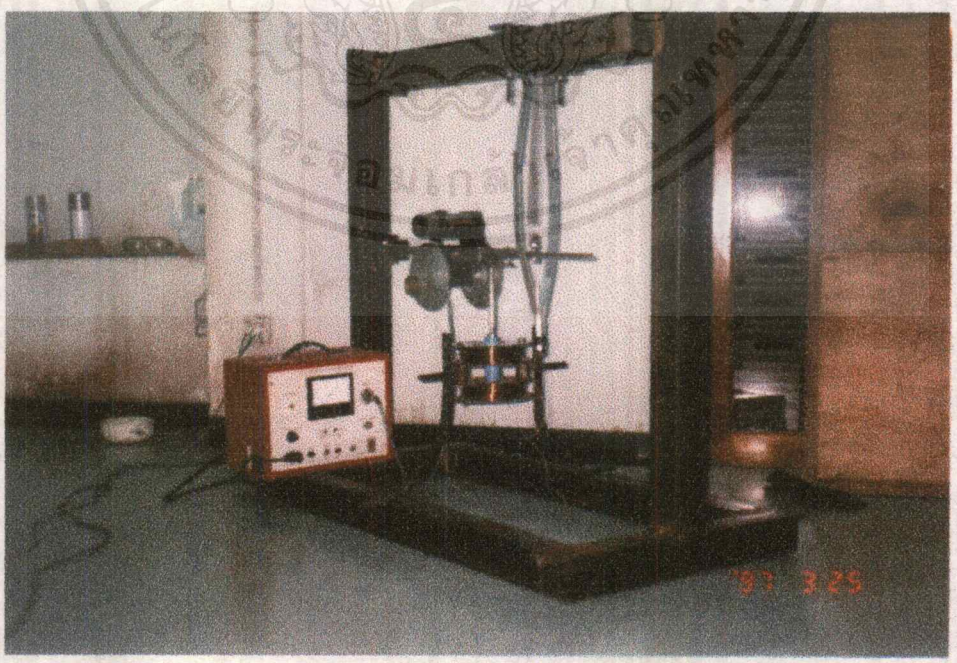


รูปที่ 4.4 Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 Motor Speed Unit Control



รูปที่ 4.6 ชุดอุปกรณ์การทดลองทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อใช้ Magnetic Coil ควบคุม ที่ความเร็ว 300 rev / min

ลำดับ	TIME	VOLTAGE	ลำดับ	TIME	VOLTAGE	ลำดับ	TIME	VOLTAGE
1	0.01	1.235	34	0.34	1.157	67	0.67	1.157
2	0.02	0.49	35	0.35	4.765	68	0.68	0.137
3	0.03	0.67	36	0.36	2.784	69	0.69	0.235
4	0.04	2.745	37	0.37	3	70	0.7	2.843
5	0.05	1.157	38	0.38	2	71	0.71	2.02
6	0.06	0.686	39	0.39	0.235	72	0.72	0.294
7	0.07	4.314	40	0.4	0.686	73	0.73	4.451
8	0.08	3	41	0.41	2	74	0.74	2.745
9	0.09	0.118	42	0.42	3.667	75	0.75	.0.627
10	0.1	2.667	43	0.43	1.922	76	0.76	0.275
11	0.11	1	44	0.44	4	77	0.77	1.157
12	0.12	3.843	45	0.45	3	78	0.78	2
13	0.13	4.039	46	0.46	0.078	79	0.79	2.51
14	0.14	3.039	47	0.47	0.275	80	0.8	4.765
15	0.15	2.02	48	0.48	2.843	81	0.81	2.745
16	0.16	2.667	49	0.49	1.922	82	0.82	0.66
17	0.17	0.667	50	0.5	2.51	83	0.83	1.49
18	0.18	0.745	51	0.51	4.725	84	0.84	1.49
19	0.19	2.745	52	0.2	2.745	85	0.85	2.03
20	0.2	3.667	53	0.53	0.686	86	0.86	4.333
21	0.21	1.373	54	0.54	1.49	87	0.87	2.882
22	0.22	4	55	0.55	1.157	88	0.88	3.843
23	0.23	2.843	56	0.56	2	89	0.89	1.157
24	0.24	0.686	57	0.57	2.765	90	0.9	0.667
25	0.25	0.235	58	0.58	4.451	91	0.91	0.706
26	0.26	3	59	0.59	2.588	92	0.92	2.843
27	0.27	2	60	0.6	1.882	93	0.93	2.176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	TIME	VOLTAGE	ลำดับที่	TIME	VOLTAGE	ลำดับที่	TIME	VOLTAGE
28	0.28	2.51	61	0.61	2.431	94	0.94	2.51
29	0.29	3.51	62	0.62	0.49	95	0.95	4.431
30	0.3	3.843	63	0.63	2.157	96	0.96	3
31	0.31	0.549	64	0.64	4.333	97	0.97	0.627
32	0.32	1.882	65	0.65	2.333	98	0.98	0.255
33	0.33	1.529	66	0.66	3.765	99	0.99	2.255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อไม่ได้ควบคุมด้วย Magnetic Coil (free running)
ที่ความเร็ว 300 rev / min

ลำดับ	VOLTAGE	TIME	ลำดับ	VOLTAGE	TIME	ลำดับ	VOLTAGE	TIME
1	3.922	0.01	34	2.255	0.34	67	2.745	0.67
2	1.373	0.02	35	3.059	0.35	68	1	0.68
3	0.373	0.03	36	2.333	0.36	69	0.275	0.69
4	0.745	0.04	37	4.471	0.37	70	0.569	0.7
5	2.157	0.05	38	2.98	0.38	71	2.255	0.71
6	2.412	0.06	39	0.686	0.39	72	2.157	0.72
7	4.529	0.07	40	0.745	0.4	73	4.353	0.73
8	3.843	0.08	41	2.667	0.41	74	3.471	0.74
9	1.157	0.09	42	3	0.42	75	2.255	0.75
10	1.235	0.1	43	0.667	0.43	76	0.549	0.76
11	0.275	0.11	44	4.627	0.44	77	0.686	0.77
12	2.745	0.12	45	3	0.45	78	2.255	0.78
13	2.49	0.13	46	1.373	0.46	79	3.059	0.79
14	1.49	0.14	47	0.471	0.47	80	4.529	0.8
15	4.314	0.15	48	0.961	0.48	81	4	0.81
16	2.333	0.16	49	2.333	0.49	82	2.98	0.82
17	1.373	0.17	50	1.157	0.5	83	1	0.83
18	0.333	0.18	51	4.51	0.51	84	0.118	0.84
19	2	0.19	52	3.078	0.52	85	2.745	0.85
20	3.843	0.2	53	1.157	0.53	86	2.333	0.86
21	0.529	0.21	54	1.255	0.54	87	1.333	0.87
22	4.529	0.22	55	0.745	0.55	88	4.333	0.88
23	3.843	0.23	56	2.843	0.56	89	2.333	0.89
24	1.157	0.24	57	2.333	0.57	90	1.373	0.9
25	0.333	0.25	58	1.549	0.58	91	0.49	0.91
26	0.745	0.26	59	3.667	0.59	92	0.765	0.92
27	2.686	0.27	60	2.55	0.6	93	2	0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
28	2.255	0.28	61	1.412	0.61	94	2.667	0.94
29	4.667	0.29	62	0.49	0.62	95	4.745	0.95
30	3	0.3	63	2	0.63	96	3.922	0.96
31	2.255	0.31	64	3	0.64	97	1.157	0.97
32	2.431	0.32	65	0.961	0.65	98	0.667	0.98
33	0.471	0.33	66	4.51	0.66	99	0.275	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อไม่ใช้ magnetic coil ควบคุม และถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg. ที่ความเร็ว 300 rev/min

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	4.61	0.01	34	0.48	0.34	67	4.265	0.67
2	3.22	0.02	35	1.12	0.35	68	2.412	0.68
3	1.392	0.03	36	2.941	0.36	69	1.078	0.69
4	1.078	0.04	37	4.58	0.37	70	0.48	0.7
5	0.459	0.05	38	3.688	0.38	71	2	0.71
6	1.941	0.06	39	2.961	0.39	72	2.42	0.72
7	3.49	0.07	40	0.831	0.4	73	4.57	0.73
8	4.43	0.08	41	0.45	0.41	74	3.843	0.74
9	4.59	0.09	42	0.831	0.42	75	2.882	0.75
10	3.16	0.1	43	1.392	0.43	76	1.333	0.76
11	1.235	0.11	44	3.922	0.44	77	0.459	0.77
12	0.637	0.12	45	4.57	0.45	78	1.133	0.78
13	0.432	0.13	46	2.11	0.46	79	2.412	0.79
14	1.029	0.14	47	1.029	0.47	80	4.059	0.8
15	3.686	0.15	48	0.43	0.48	81	4.59	0.81
16	4.58	0.16	49	1.029	0.49	82	4.451	0.82
17	2.333	0.17	50	1.831	0.5	83	2.667	0.83
18	1.529	0.18	51	3.902	0.51	84	0.43	0.84
19	0.478	0.19	52	4.531	0.52	85	1.85	0.85
20	0.716	0.2	53	4.314	0.53	86	2.55	0.86
21	2	0.21	54	2.255	0.54	87	3.725	0.87
22	3.294	0.22	55	0.45	0.55	88	4.6	0.88
23	4.55	0.23	56	0.859	0.56	89	3.686	0.89
24	4.29	0.24	57	1.545	0.57	90	2.157	0.9
25	2.98	0.25	58	2.333	0.58	91	1.157	0.91
26	1.078	0.26	59	4.6	0.59	92	0.459	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27	0.459	0.27	60	4.373	0.6	93	1.392	0.93
28	1.961	0.28	61	2.02	0.61	94	2.608	0.94
29	2.412	0.29	62	0.459	0.62	95	4.57	0.95
30	4.61	0.3	63	1.278	0.63	96	3.843	0.96
31	3.765	0.31	64	2.235	0.64	97	2.333	0.97
32	2	0.32	65	3.392	0.65	98	0.459	0.98
33	1.314	0.33	66	4.61	0.66	99	0.835	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อใช้ Magnetic coil ควบคุม และถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg. ที่ความเร็ว 300 rev/min

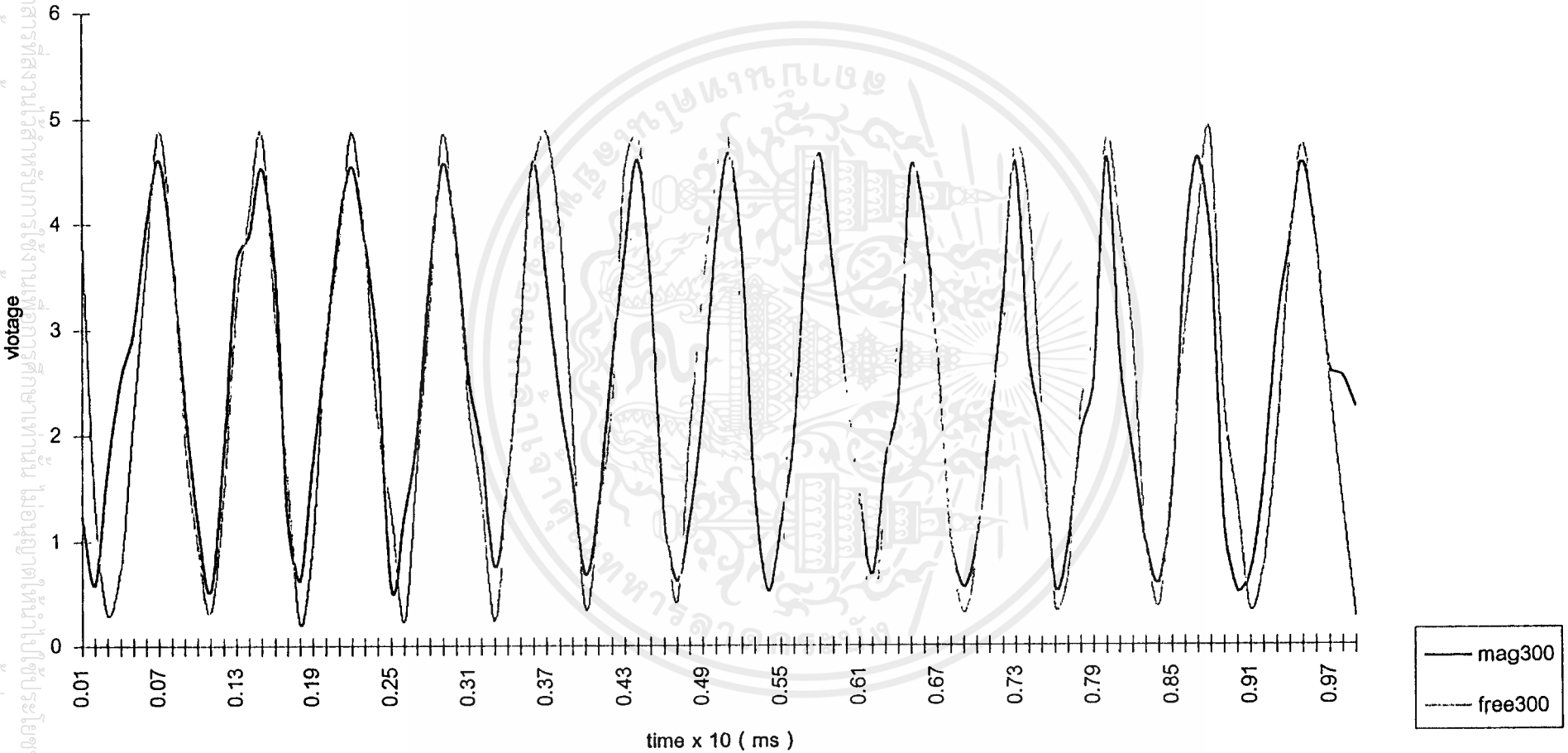
ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	4.61	0.01	34	0.48	0.34	67	4.265	0.67
2	3.22	0.02	35	1.12	0.35	68	2.412	0.68
3	1.392	0.03	36	2.941	0.36	69	1.078	0.69
4	1.078	0.04	37	4.58	0.37	70	0.48	0.7
5	0.459	0.05	38	3.688	0.38	71	2	0.71
6	1.941	0.06	39	2.961	0.39	72	2.42	0.72
7	3.49	0.07	40	0.831	0.4	73	4.57	0.73
8	4.43	0.08	41	0.45	0.41	74	3.843	0.74
9	4.59	0.09	42	0.831	0.42	75	2.882	0.75
10	3.16	0.1	43	1.392	0.43	76	1.333	0.76
11	1.235	0.11	44	3.922	0.44	77	0.459	0.77
12	0.637	0.12	45	4.57	0.45	78	1.133	0.78
13	0.432	0.13	46	2.11	0.46	79	2.412	0.79
14	1.029	0.14	47	1.029	0.47	80	4.059	0.8
15	3.686	0.15	48	0.43	0.48	81	4.59	0.81
16	4.58	0.16	49	1.029	0.49	82	4.451	0.82
17	2.333	0.17	50	1.831	0.5	83	2.667	0.83
18	1.529	0.18	51	3.902	0.51	84	0.43	0.84
19	0.478	0.19	52	4.531	0.52	85	1.85	0.85
20	0.716	0.2	53	4.314	0.53	86	2.55	0.86
21	2	0.21	54	2.255	0.54	87	3.725	0.87
22	3.294	0.22	55	0.45	0.55	88	4.6	0.88
23	4.55	0.23	56	0.859	0.56	89	3.686	0.89
24	4.29	0.24	57	1.545	0.57	90	2.157	0.9
25	2.98	0.25	58	2.333	0.58	91	1.157	0.91
26	1.078	0.26	59	4.6	0.59	92	0.459	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

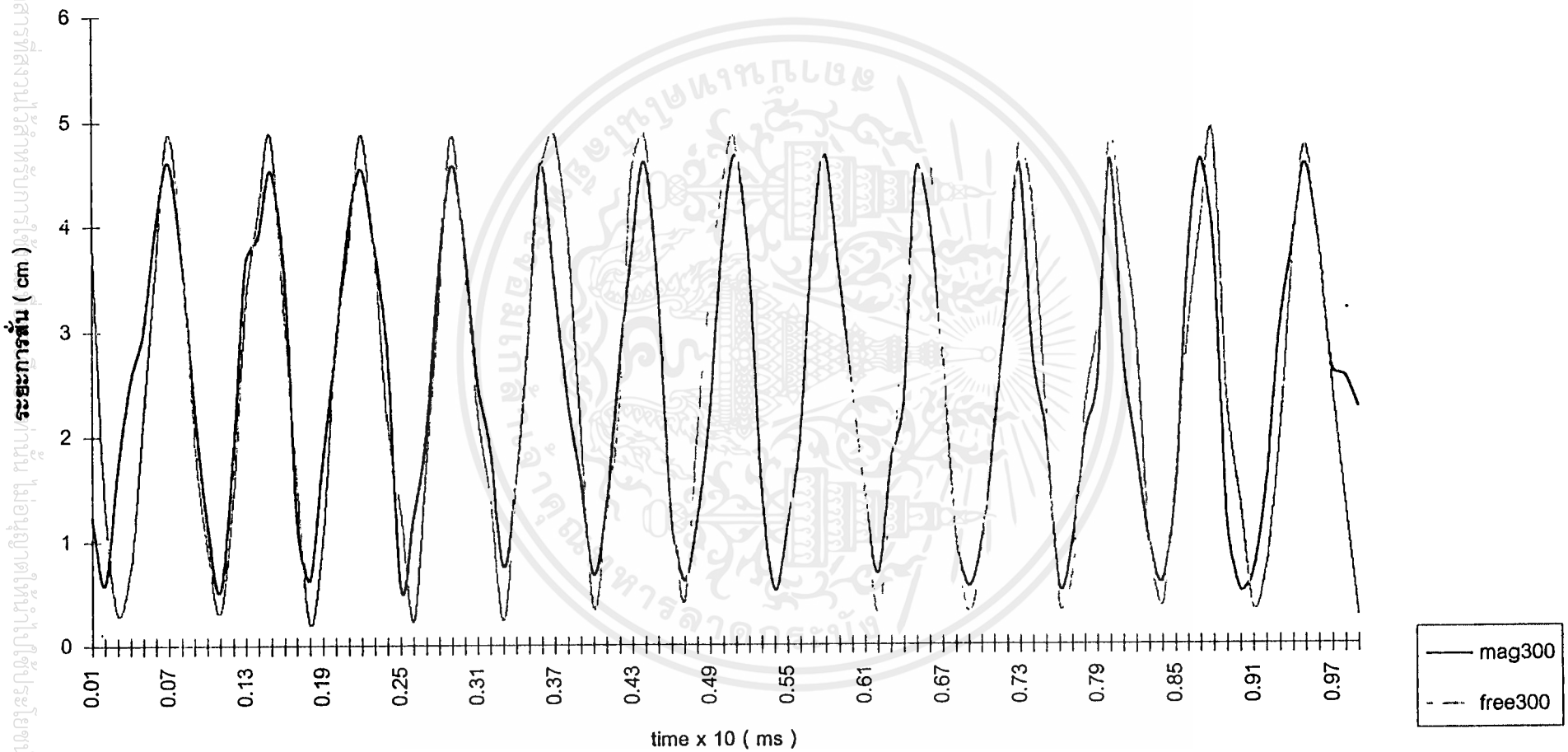
27	0.459	0.27	60	4.373	0.6	93	1.392	0.93
28	1.961	0.28	61	2.02	0.61	94	2.608	0.94
29	2.412	0.29	62	0.459	0.62	95	4.57	0.95
30	4.61	0.3	63	1.278	0.63	96	3.843	0.96
31	3.765	0.31	64	2.235	0.64	97	2.333	0.97
32	2	0.32	65	3.392	0.65	98	0.459	0.98
33	1.314	0.33	66	4.61	0.66	99	0.835	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

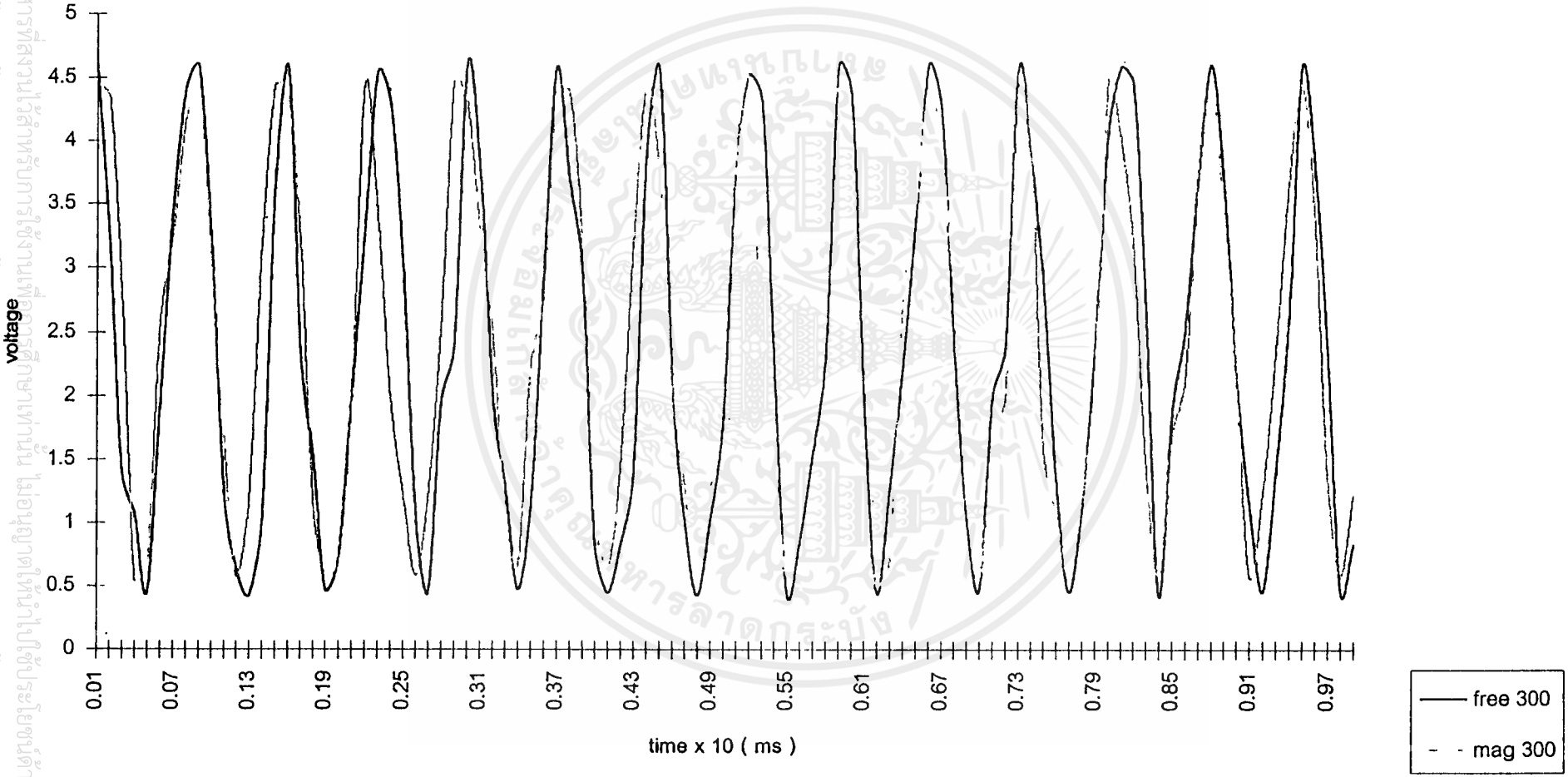
กราฟแสดงการเปรียบเทียบการสั่นของคานที่ความเร็ว 300 rev/min



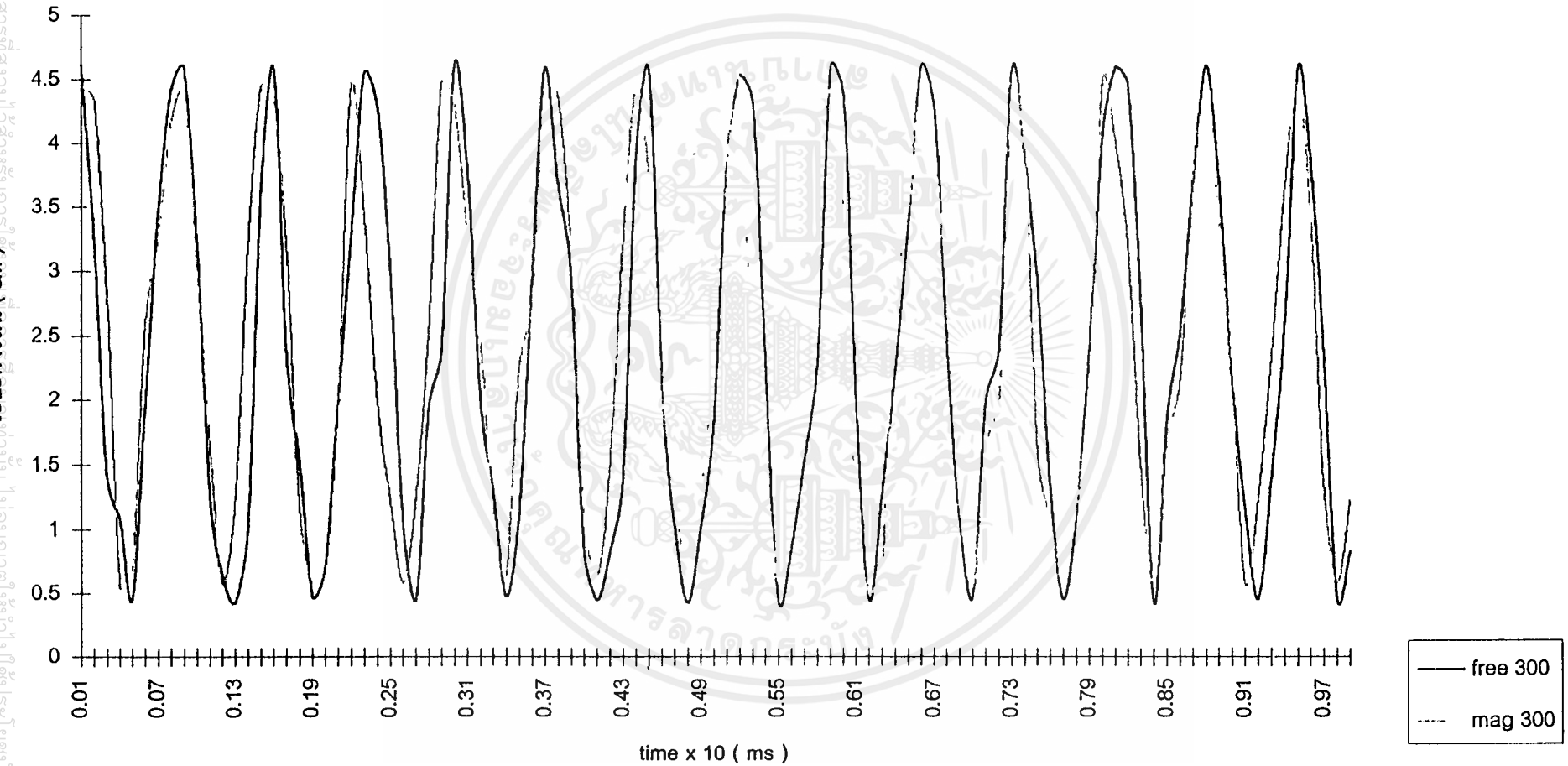
กราฟแสดงระยะการสั่นของคานที่ความเร็ว 300 rev/min



กราฟแสดงการเปรียบเทียบการสั่นของคานที่ความเร็ว 300 rev/min ถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg.



กราฟแสดงระยะการสั่นของคานที่ความเร็ว 300 rev/min **ถ่วงน้ำหนัก** 0.5 kg.



ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อใช้ Magnetic Coil ควบคุม ที่ความเร็ว 200 rev / min

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	1	0.01	34	4.324	0.34	67	0.5	0.67
2	0.539	0.02	35	4.5	0.35	68	0.539	0.68
3	0.657	0.03	36	4.314	0.36	69	1.49	0.69
4	2.157	0.04	37	1	0.37	70	3.804	0.7
5	4.265	0.05	38	0.52	0.38	71	4.343	0.71
6	4.5	0.06	39	0.578	0.39	72	4.363	0.72
7	4.314	0.07	40	1.115	0.4	73	1.078	0.73
8	1	0.08	41	3.882	0.41	74	0.676	0.74
9	0.52	0.09	42	4.5	0.42	75	0.5	0.75
10	0.657	0.1	43	4.382	0.43	76	0.686	0.76
11	1.157	0.11	44	1.333	0.44	77	2.745	0.77
12	3.078	0.12	45	0.52	0.45	78	4.5	0.78
13	4.167	0.13	46	0.5	0.46	79	4.343	0.79
14	4.382	0.14	47	0.745	0.47	80	2	0.8
15	1.33	0.15	48	2.667	0.48	81	0.637	0.81
16	0.578	0.16	49	4.186	0.49	82	0.52	0.82
17	0.657	0.17	50	4.265	0.5	83	0.775	0.83
18	1.267	0.18	51	1.412	0.51	84	2.255	0.84
19	1.157	0.19	52	0.618	0.52	85	4.461	0.85
20	4.343	0.2	53	0.539	0.53	86	4.324	0.86
21	4.343	0.21	54	0.658	0.54	87	3.667	0.87
22	2.667	0.22	55	2.333	0.55	88	1.333	0.88
23	0.745	0.23	56	4.147	0.56	89	0.559	0.89
24	0.5	0.24	57	4.48	0.57	90	0.52	0.9
25	0.735	0.25	58	3.51	0.58	91	2	0.91
26	2.225	0.26	59	1.333	0.59	92	4.382	0.92
27	4.441	0.27	60	0.559	0.6	93	4.422	0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
28	4.441	0.28	61	0.676	0.61	94	4.245	0.94
29	3.667	0.29	62	3.843	0.62	95	0.608	0.95
30	1.49	0.3	63	4.265	0.63	96	0.657	0.96
31	0.5	0.31	64	4.461	0.64	97	0.833	0.97
32	0.618	0.32	65	4.029	0.65	98	1.196	0.98
33	2.745	0.33	66	1.108	0.66	99	3.843	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อไม่ใช้ Magnetic Coil ควบคุม ที่ความเร็ว 200 rev / min

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	0.735	0.01	34	4.422	0.34	67	0.578	0.67
2	0.5	0.02	35	4.382	0.35	68	0.833	0.68
3	0.559	0.03	36	3.921	0.36	69	1.833	0.69
4	1.618	0.04	37	1.735	0.37	70	3.613	0.7
5	4.48	0.05	38	0.5	0.38	71	4.422	0.71
6	4.48	0.06	39	0.559	0.39	72	4.167	0.72
7	3.5	0.07	40	1.99	0.4	73	3.5	0.73
8	1.794	0.08	41	3.716	0.41	74	0.559	0.74
9	0.5	0.09	42	4.5	0.42	75	0.657	0.75
10	0.578	0.1	43	3.755	0.43	76	1.833	0.76
11	1.618	0.11	44	2.833	0.44	77	2.833	0.77
12	4.127	0.12	45	0.52	0.45	78	4.461	0.78
13	4.5	0.13	46	0.578	0.46	79	4.343	0.79
14	3.855	0.14	47	0.99	0.47	80	3.5	0.8
15	3.343	0.15	48	2.3	0.48	81	0.559	0.81
16	0.833	0.16	49	4.5	0.49	82	0.657	0.82
17	0.735	0.17	50	3.83	0.5	83	1.755	0.83
18	1.618	0.18	51	3.01	0.51	84	1.578	0.84
19	2.265	0.19	52	0.508	0.52	85	4.167	0.85
20	4.5	0.2	53	0.5	0.53	86	4.422	0.86
21	4.384	0.21	54	1.5	0.54	87	3.422	0.87
22	3.343	0.22	55	1.931	0.55	88	0.618	0.88
23	0.52	0.23	56	4.343	0.56	89	0.5	0.89
24	0.5	0.24	57	4.441	0.57	90	1.267	0.9
25	1.5	0.25	58	3.078	0.58	91	0.99	0.91
26	1.99	0.26	59	0.657	0.59	92	4.48	0.92
27	4.343	0.27	60	0.5	0.6	93	4.5	0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
28	4.422	0.28	61	1.267	0.61	94	3.167	0.94
29	3	0.29	62	1.873	0.62	95	2.5	0.95
30	0.657	0.3	63	4.382	0.63	96	0.5	0.96
31	0.5	0.31	64	4.461	0.64	97	0.578	0.97
32	1.1637	0.32	65	4	0.65	98	1.5	0.98
33	1.912	0.33	66	1.618	0.66	99	3.618	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อไม่ใช้ Magnetic coil ควบคุม และถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg.ที่ความเร็ว 200 rev/min

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	4.05	0.01	34	0.91	0.34	67	3.627	0.67
2	3.5	0.02	35	1.941	0.35	68	2.607	0.68
3	2.51	0.03	36	3.118	0.36	69	1.059	0.69
4	0.959	0.04	37	4.05	0.37	70	0.91	0.7
5	1.015	0.05	38	3.705	0.38	71	1.863	0.71
6	1.784	0.06	39	2.118	0.39	72	2.255	0.72
7	3.274	0.07	40	0.95	0.4	73	4.1	0.73
8	4.1	0.08	41	1.137	0.41	74	3.88	0.74
9	3.863	0.09	42	2.667	0.42	75	2.157	0.75
10	2.255	0.1	43	2.235	0.43	76	1.137	0.76
11	0.957	0.11	44	3.991	0.44	77	0.91	0.77
12	1.373	0.12	45	3.627	0.45	78	1.529	0.78
13	2.02	0.13	46	2.157	0.46	79	2.078	0.79
14	2.5	0.14	47	1.078	0.47	80	3.922	0.8
15	4.122	0.15	48	0.959	0.48	81	3.922	0.81
16	3.86	0.16	49	0.99	0.49	82	2.255	0.82
17	2.49	0.17	50	2.078	0.5	83	1.235	0.83
18	0.91	0.18	51	3.686	0.51	84	1	0.84
19	1.01	0.19	52	4.09	0.52	85	1.373	0.85
20	1.549	0.2	53	2.941	0.53	86	2	0.86
21	2.157	0.21	54	1.235	0.54	87	3.5	0.87
22	4	0.22	55	0.959	0.55	88	4.05	0.88
23	4.1	0.23	56	1.373	0.56	89	3.451	0.89
24	2.725	0.24	57	2.373	0.57	90	2.49	0.9
25	1.137	0.25	58	3.373	0.58	91	1.059	0.91
26	0.978	0.26	59	4.11	0.59	92	0.959	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27	1.529	0.27	60	3.765	0.6	93	2.118	0.93
28	2.078	0.28	61	2.255	0.61	94	2.804	0.94
29	3.686	0.29	62	1.059	0.62	95	4.01	0.95
30	4.05	0.3	63	0.959	0.63	96	3.627	0.96
31	3.667	0.31	64	1.49	0.64	97	2.49	0.97
32	2	0.32	65	3.51	0.65	98	1.059	0.98
33	1.0589	0.33	66	3.998	0.66	99	0.95	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อใช้ Magnrtic coil ควบคุม และถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg. ที่ความเร็ว 300 rev/min

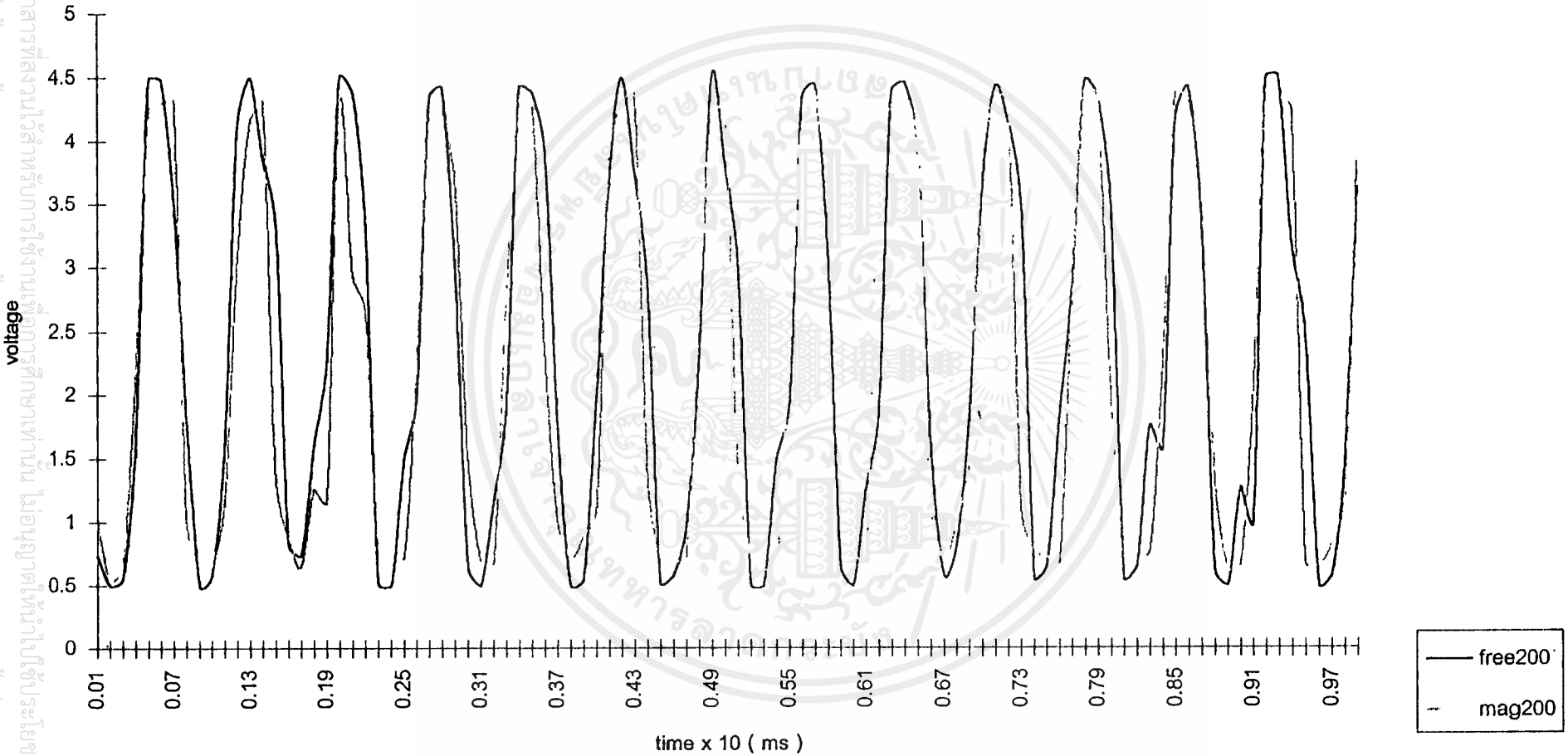
ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	1.157	0.01	34	3.922	0.34	67	1.373	0.67
2	1.57	0.02	35	3.765	0.35	68	2.157	0.68
3	2.15	0.03	36	1.92	0.36	69	2.38	0.69
4	2.26	0.04	37	1.09	0.37	70	3.686	0.7
5	3.8	0.05	38	1.19	0.38	71	3.922	0.71
6	3.73	0.06	39	2.12	0.39	72	2.078	0.72
7	2.392	0.07	40	2.47	0.4	73	1.216	0.73
8	1.157	0.08	41	3.843	0.41	74	1.091	0.74
9	1.059	0.09	42	2.686	0.42	75	1.686	0.75
10	2.333	0.1	43	2.667	0.43	76	2.333	0.76
11	3.57	0.11	44	1.373	0.44	77	3.92	0.77
12	3.89	0.12	45	1.09	0.45	78	3.765	0.78
13	3.78	0.13	46	1.235	0.46	79	2.02	0.79
14	2.71	0.14	47	2.157	0.47	80	1.529	0.8
15	1.373	0.15	48	3.843	0.48	81	1.09	0.81
16	1.059	0.16	49	3.922	0.49	82	1.78	0.82
17	1.294	0.17	50	3.22	0.5	83	2.49	0.83
18	2.157	0.18	51	2.078	0.51	84	3.667	0.84
19	3.91	0.19	52	1.57	0.52	85	3.86	0.85
20	3.822	0.2	53	1.157	0.53	86	3.294	0.86
21	2.59	0.21	54	2.25	0.54	87	2.157	0.87
22	2.078	0.22	55	3.059	0.55	88	1.314	0.88
23	1.157	0.23	56	3.94	0.56	89	1.09	0.89
24	1.216	0.24	57	3	0.57	90	1.784	0.9
25	2	0.25	58	1.784	0.58	91	2.333	0.91
26	2.745	0.26	59	1.05	0.59	92	3.91	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

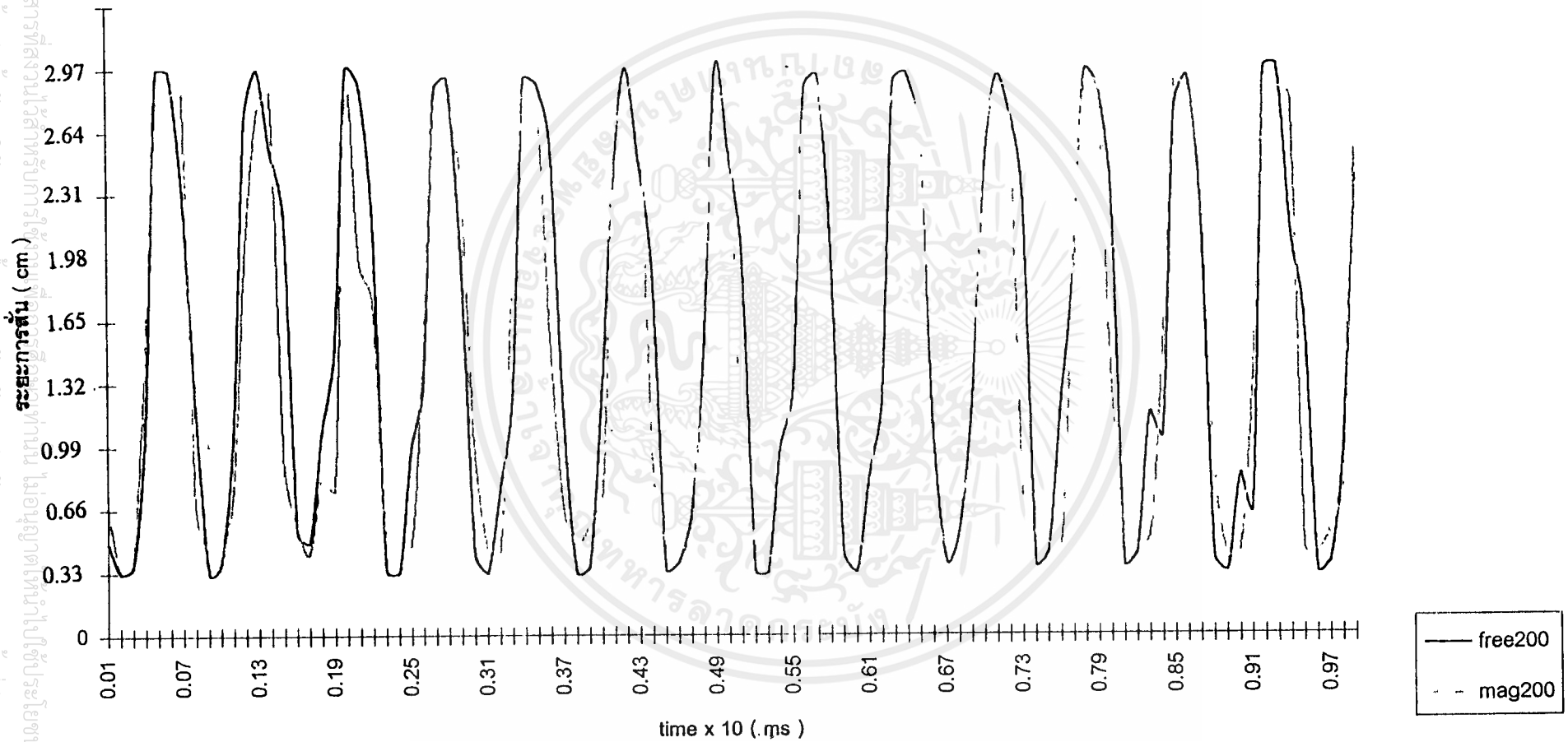
27	3.941	0.27	60	1.157	0.6	93	3.765	0.93
28	3.294	0.28	61	2.667	0.61	94	2	0.94
29	2.255	0.29	62	2.882	0.62	95	1.09	0.95
30	1.159	0.3	63	3.92	0.63	96	1.35	0.96
31	1.59	0.31	64	0.627	0.64	97	2	0.97
32	2.02	0.32	65	2.42	0.65	98	2.49	0.98
33	2.588	0.33	66	1.09	0.66	99	3.91	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

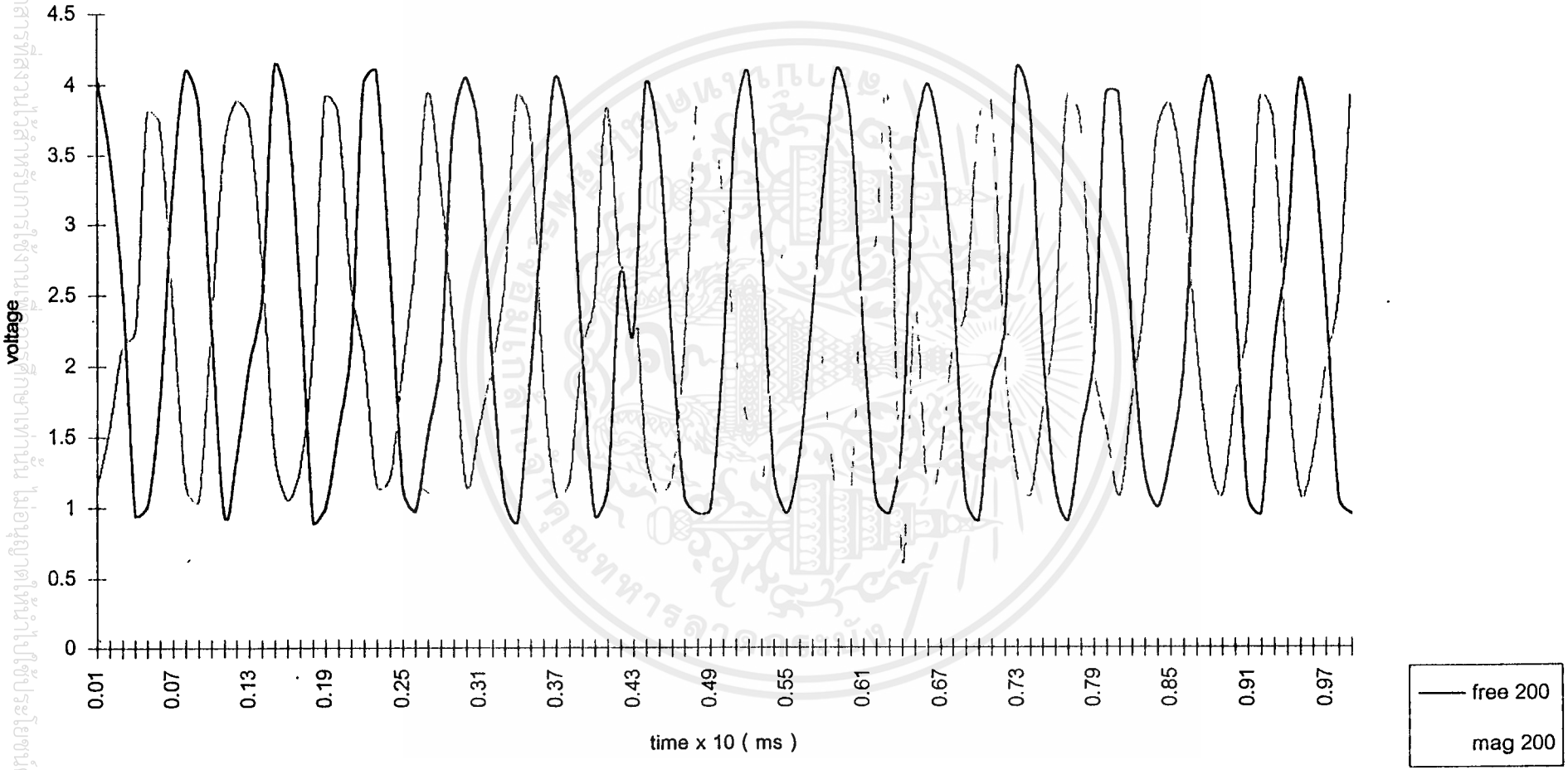
กราฟแสดงการเปรียบเทียบการสั่นของคานที่ความเร็ว 200 rev/min



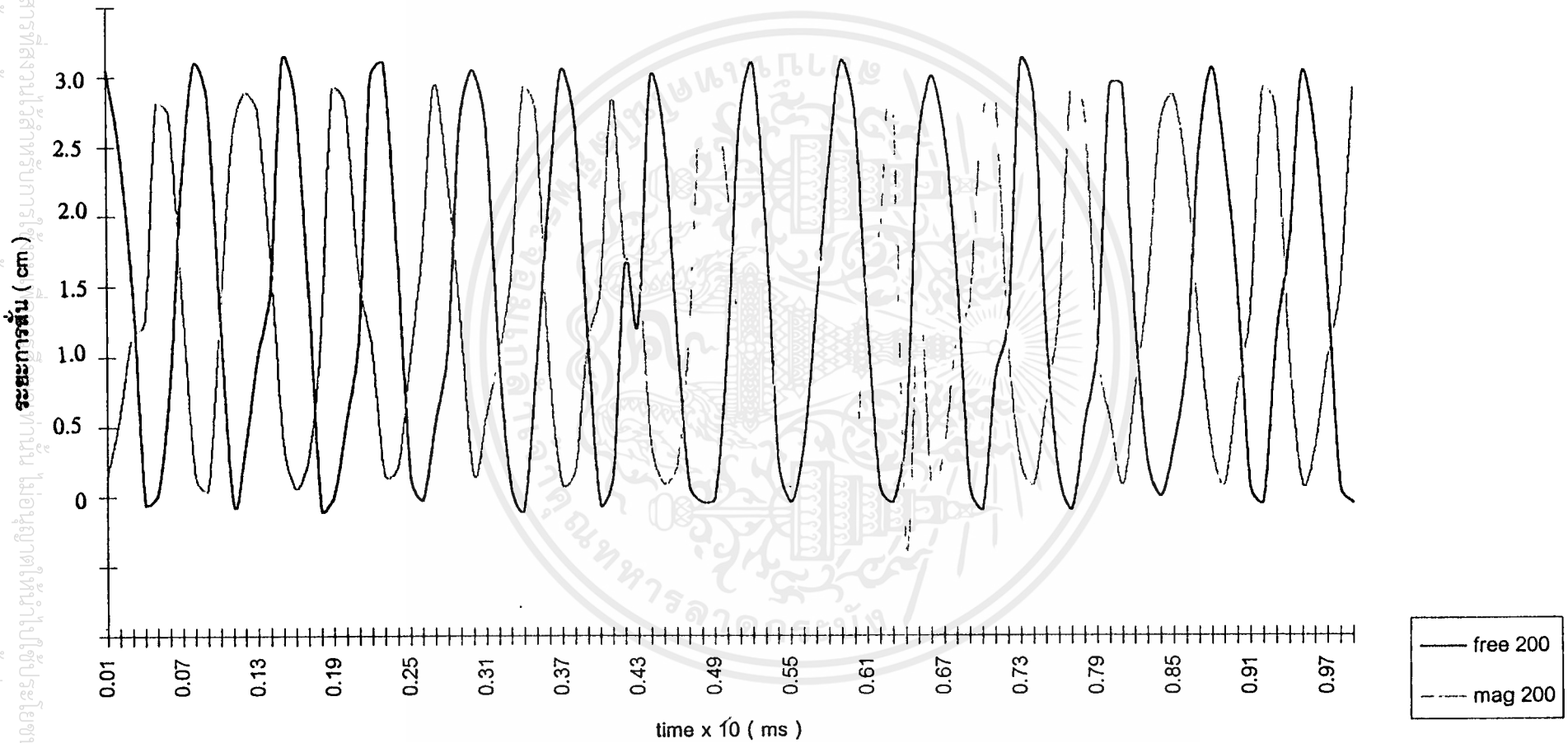
กราฟแสดงระยะการสั่นของคานที่ความเร็ว 200 rev/min



กราฟแสดงการเปรียบเทียบการสั่นของคานที่ความเร็ว 200rev/min ถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg.



กราฟแสดงระยะการสั่นของคานที่ความเร็ว 200 rev/min **ถ่วงน้ำหนัก** 0.5 kg.



ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อใช้ Magnetic Coil ควบคุม ที่ความเร็ว 100 rev / min

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	1.039	0.01	34	3.941	0.34	67	1.235	0.67
2	1.745	0.02	35	2.02	0.35	68	2.333	0.68
3	2.255	0.03	36	1.49	0.36	69	3.941	0.69
4	3.922	0.04	37	1.157	0.37	70	3.961	0.7
5	3.941	0.05	38	1.667	0.38	71	1.549	0.71
6	1.961	0.06	39	2.745	0.39	72	1.078	0.72
7	1.49	0.07	40	3.98	0.4	73	1.02	0.73
8	1	0.08	41	3.843	0.41	74	2.157	0.74
9	1.667	0.09	42	3.039	0.42	75	3.765	0.75
10	2.745	0.1	43	2	0.43	76	3.961	0.76
11	3.98	0.11	44	1.333	0.44	77	3.47	0.77
12	3.843	0.12	45	1.18	0.45	78	2	0.78
13	3	0.13	46	2.33	0.46	79	1.314	0.79
14	1.255	0.14	47	3.333	0.47	80	1.118	0.8
15	1.314	0.15	48	3.922	0.48	81	2.255	0.81
16	1.118	0.16	49	3.725	0.49	82	3	0.82
17	2.255	0.17	50	1.333	0.5	83	4	0.83
18	3.314	0.18	51	1.039	0.51	84	3.848	0.84
19	3.98	0.19	52	1.333	0.52	85	1.333	0.85
20	3.745	0.2	53	1.373	0.53	86	1.078	0.86
21	2	0.21	54	3.882	0.54	87	1.02	0.87
22	1.059	0.22	55	3.882	0.55	88	1.549	0.88
23	1.059	0.23	56	3.647	0.56	89	3	0.89
24	1.529	0.24	57	1.078	0.57	90	3.941	0.9
25	3.18	0.25	58	1.157	0.58	91	3.667	0.91
26	3.922	0.26	59	1	0.59	92	1.118	0.92
27	3.667	0.27	60	1.765	0.6	93	1.333	0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
28	1.882	0.28	61	1.843	0.61	94	1.078	0.94
29	1.157	0.29	62	3.98	0.62	95	1.4	0.95
30	1.314	0.3	63	3.843	0.63	96	3.843	0.96
31	1.545	0.31	64	1.333	0.64	97	3.768	0.97
32	2.157	0.32	65	1.275	0.65	98	3.911	0.96
33	3.882	0.33	66	1.02	0.66	99	3.471	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อไม่ใช้ Magnetic Coil ควบคุม ที่ความเร็ว 100 rev / min

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	1.02	0.01	34	3.961	0.34	67	1.039	0.67
2	1.118	0.02	35	3.51	0.35	68	2.373	0.68
3	2.118	0.03	36	2.706	0.36	69	2.94	0.69
4	2.843	0.04	37	2.039	0.37	70	3.98	0.7
5	4	0.05	38	3.81	0.38	71	3.765	0.71
6	3.314	0.06	39	2.373	0.39	72	3	0.72
7	2.51	0.07	40	2.118	0.4	73	1.373	0.73
8	1	0.08	41	3.667	0.41	74	1.078	0.74
9	1.02	0.09	42	3.843	0.42	75	3.686	0.75
10	1.49	0.1	43	2.882	0.43	76	3.412	0.76
11	2.9	0.11	44	2.333	0.44	77	3.843	0.77
12	4	0.12	45	1	0.45	78	3.922	0.78
13	3.922	0.13	46	1.686	0.46	79	2.882	0.79
14	3	0.14	47	2.49	0.47	80	1.941	0.8
15	1.02	0.15	48	3.98	0.48	81	1	0.81
16	1.078	0.16	49	3.922	0.49	82	1.157	0.82
17	2.02	0.17	50	3.431	0.5	83	2.294	0.83
18	2.49	0.18	51	1.49	0.51	84	3.373	0.84
19	3.765	0.19	52	1.039	0.52	85	3.98	0.85
20	3.961	0.2	53	1.333	0.53	86	3.314	0.86
21	2.588	0.21	54	2.373	0.54	87	2.51	0.87
22	2.235	0.22	55	3.882	0.55	88	1	0.88
23	2.078	0.23	56	3.94	0.56	89	1.039	0.89
24	2.333	0.24	57	2.667	0.57	90	1.49	0.9
25	2.35	0.25	58	2.4	0.58	91	2.255	0.91
26	3.373	0.26	59	1.039	0.59	92	3.922	0.92
27	3.98	0.27	60	1.157	0.6	93	3.667	0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
28	2.667	0.28	61	2	0.61	94	2.667	0.94
29	1.157	0.29	62	3.078	0.62	95	1.07	0.95
30	1	0.3	63	4	0.63	96	0.039	0.96
31	1.039	0.31	64	3.627	0.64	97	2.412	0.97
32	1.529	0.32	65	2.51	0.65	98	3	0.98
33	1.49	0.33	66	1	0.66	99	3.98	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อไม่ใช้ Magnetic coil ควบคุมและถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg. ที่ความเร็ว 100 rev/min

ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	1.9	0.01	34	2.157	0.34	67	2	0.67
2	2.15	0.02	35	1.794	0.35	68	3.43	0.68
3	3.41	0.03	36	1.38	0.36	69	3.58	0.69
4	3.5	0.04	37	1.51	0.37	70	3.32	0.7
5	2.15	0.05	38	1.9	0.38	71	2.333	0.71
6	1.5	0.06	39	2.765	0.39	72	1.39	0.72
7	1.61	0.07	40	3.6	0.4	73	1.45	0.73
8	1.829	0.08	41	3.5	0.41	74	2.02	0.74
9	2.9	0.09	42	2.88	0.42	75	3.118	0.75
10	3.4	0.1	43	1.38	0.43	76	3.6	0.76
11	3.51	0.11	44	1.49	0.44	77	3.43	0.77
12	2.667	0.12	45	2.255	0.45	78	2.549	0.78
13	1.922	0.13	46	3.118	0.46	79	1.657	0.79
14	1.48	0.14	47	3.58	0.47	80	1.45	0.8
15	1.51	0.15	48	3.5	0.48	81	2.02	0.81
16	2.255	0.16	49	2.863	0.49	82	2.91	0.82
17	3.118	0.17	50	1.41	0.5	83	3.61	0.83
18	3.52	0.18	51	1.49	0.51	84	3.5	0.84
19	3.29	0.19	52	1.75	0.52	85	2.412	0.85
20	2.02	0.2	53	2.333	0.53	86	2.1	0.86
21	1.657	0.21	54	3.1	0.54	87	1.45	0.87
22	1.49	0.22	55	3.55	0.55	88	1.755	0.88
23	1.941	0.23	56	2.15	0.56	89	1.97	0.89
24	2.24	0.24	57	1.5	0.57	90	3.52	0.9
25	3.51	0.25	58	1.75	0.58	91	3.6	0.91
26	3.16	0.26	59	2.6	0.59	92	2.51	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27	2.667	0.27	60	2.78	0.6	93	1.794	0.93
28	1.873	0.28	61	3.57	0.61	94	1.5	0.94
29	1.5	0.29	62	3.32	0.62	95	1.873	0.95
30	1.833	0.3	63	2.57	0.63	96	2	0.96
31	2.57	0.31	64	1.794	0.64	97	3.329	0.97
32	3.3	0.32	65	1.61	0.65	98	3.541	0.98
33	3.55	0.33	66	1.45	0.66	99	2.745	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อใช้ Magnetic coil ควบคุม และถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg. ที่ความเร็ว 100 rev/min

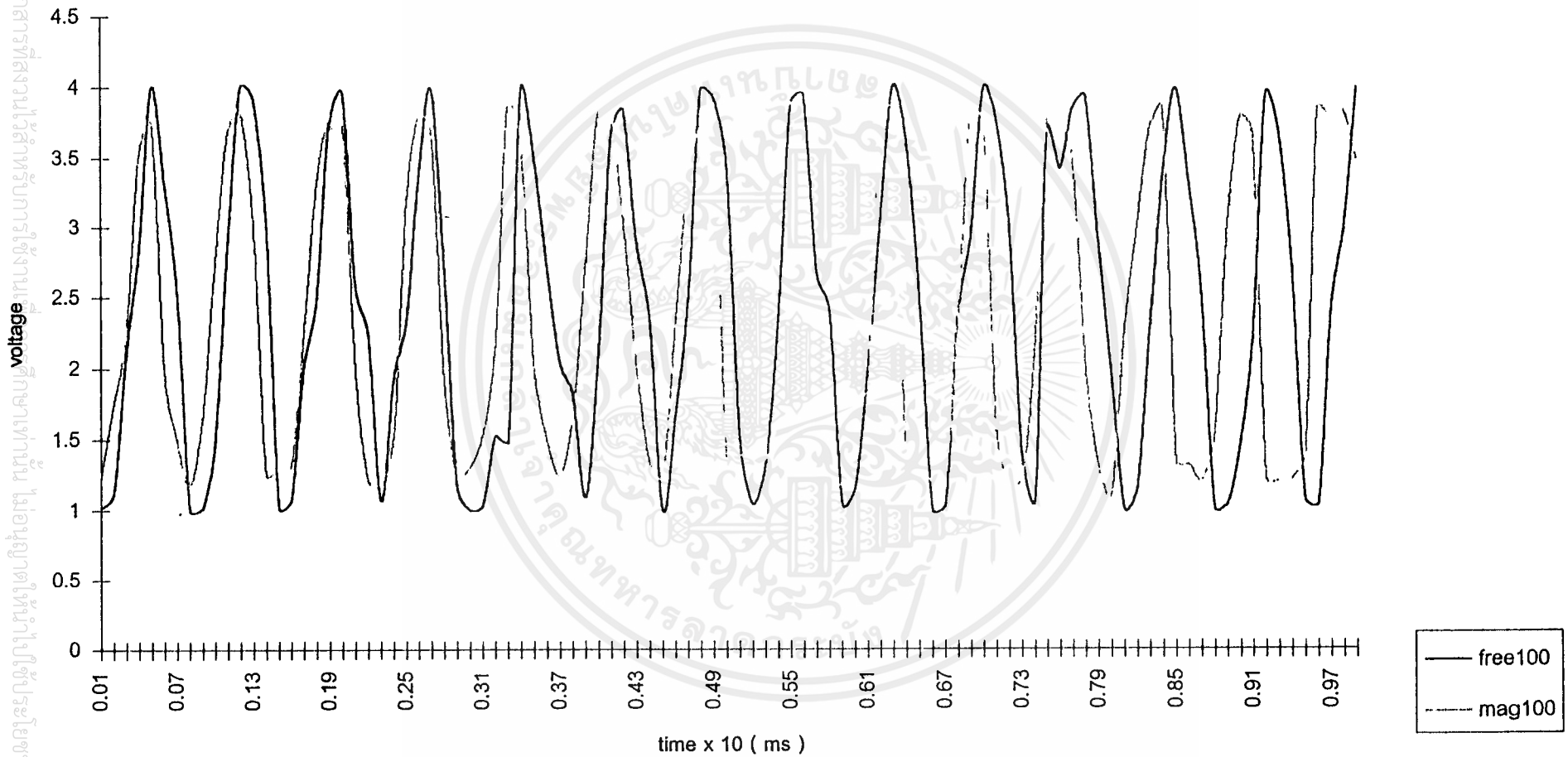
ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME	ลำดับที่	VOLTAGE	TIME
1	1.735	0.01	34	3.36	0.34	67	1.59	0.67
2	1.794	0.02	35	2.617	0.35	68	1.941	0.68
3	2	0.03	36	2.029	0.36	69	2.41	0.69
4	3.4	0.04	37	1.559	0.37	70	3.45	0.7
5	3.243	0.05	38	2.186	0.38	71	2.84	0.71
6	3.176	0.06	39	2.51	0.39	72	2	0.72
7	2.108	0.07	40	3.1	0.4	73	1.559	0.73
8	1.56	0.08	41	3.4	0.41	74	1.637	0.74
9	1.637	0.09	42	3	0.42	75	2.51	0.75
10	2.72	0.1	43	1.79	0.43	76	3.31	0.76
11	3.022	0.11	44	1.56	0.44	77	3.45	0.77
12	3.4	0.12	45	1.58	0.45	78	3.05	0.78
13	3.31	0.13	46	2.257	0.46	79	2.235	0.79
14	1.71	0.14	47	3.41	0.47	80	1.56	0.8
15	1.559	0.15	48	3.45	0.48	81	1.57	0.81
16	1.78	0.16	49	2.667	0.49	82	1.784	0.82
17	2.8	0.17	50	2.02	0.5	83	2.255	0.83
18	3.1	0.18	51	1.637	0.51	84	3.45	0.84
19	3.25	0.19	52	1.657	0.52	85	3.41	0.85
20	3.373	0.2	53	2.57	0.53	86	2.15	0.86
21	2.157	0.21	54	2.67	0.54	87	1.578	0.87
22	1.637	0.22	55	3.1	0.55	88	1.578	0.88
23	1.657	0.23	56	3.35	0.56	89	1.528	0.89
24	2.255	0.24	57	2.557	0.57	90	2	0.9
25	2.922	0.25	58	1.873	0.58	91	3.45	0.91
26	3.4	0.26	59	1.555	0.59	92	3.43	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

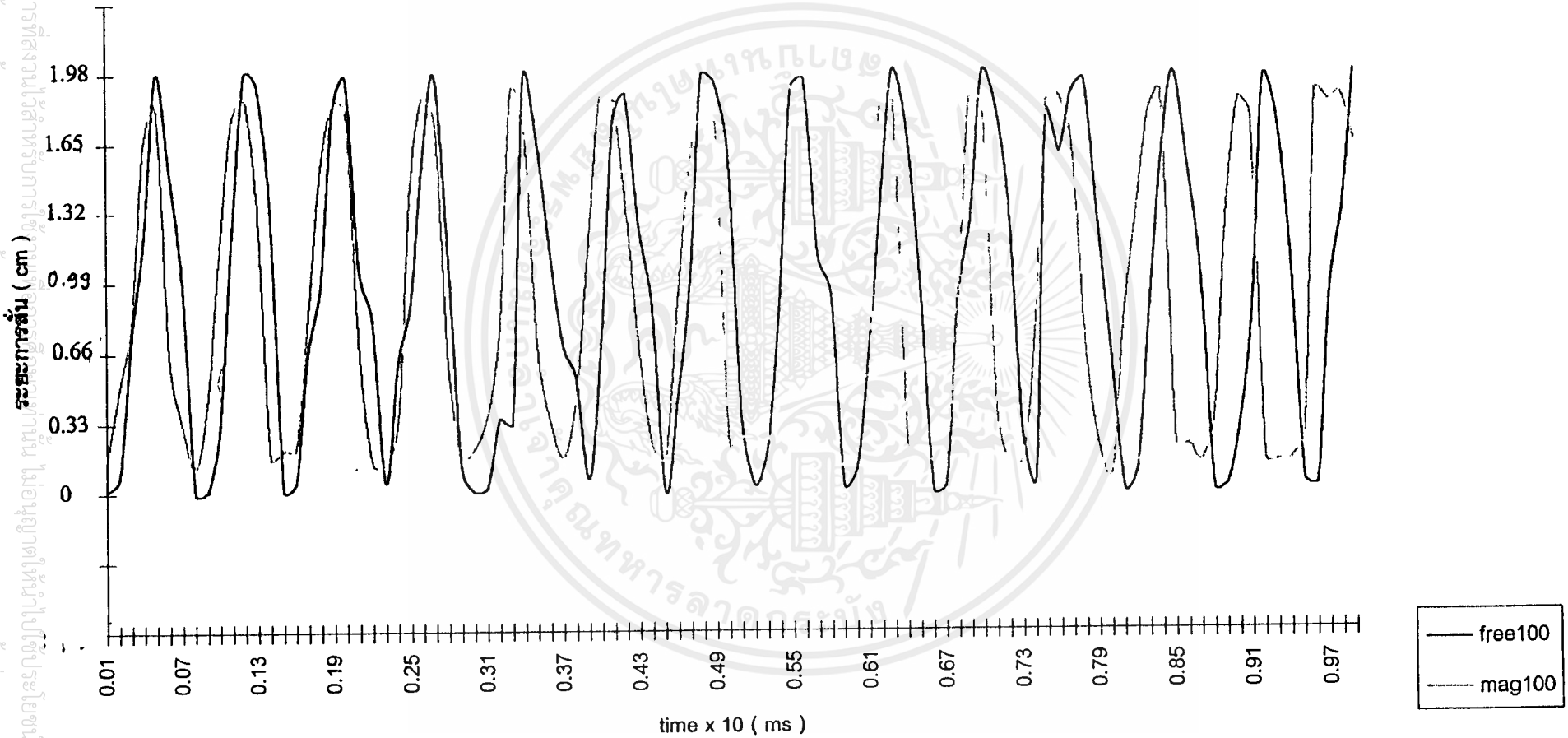
27	3.15	0.27	60	2	0.6	93	2.02	0.93
28	2.078	0.28	61	2.892	0.61	94	1.794	0.94
29	1.657	0.29	62	3.45	0.62	95	1.559	0.95
30	1.76	0.3	63	3.4	0.63	96	1.873	0.96
31	1.76	0.31	64	2.49	0.64	97	2.49	0.97
32	1.9	0.32	65	1.94	0.65	98	3.45	0.98
33	2.922	0.33	66	1.873	0.66	99	3.43	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

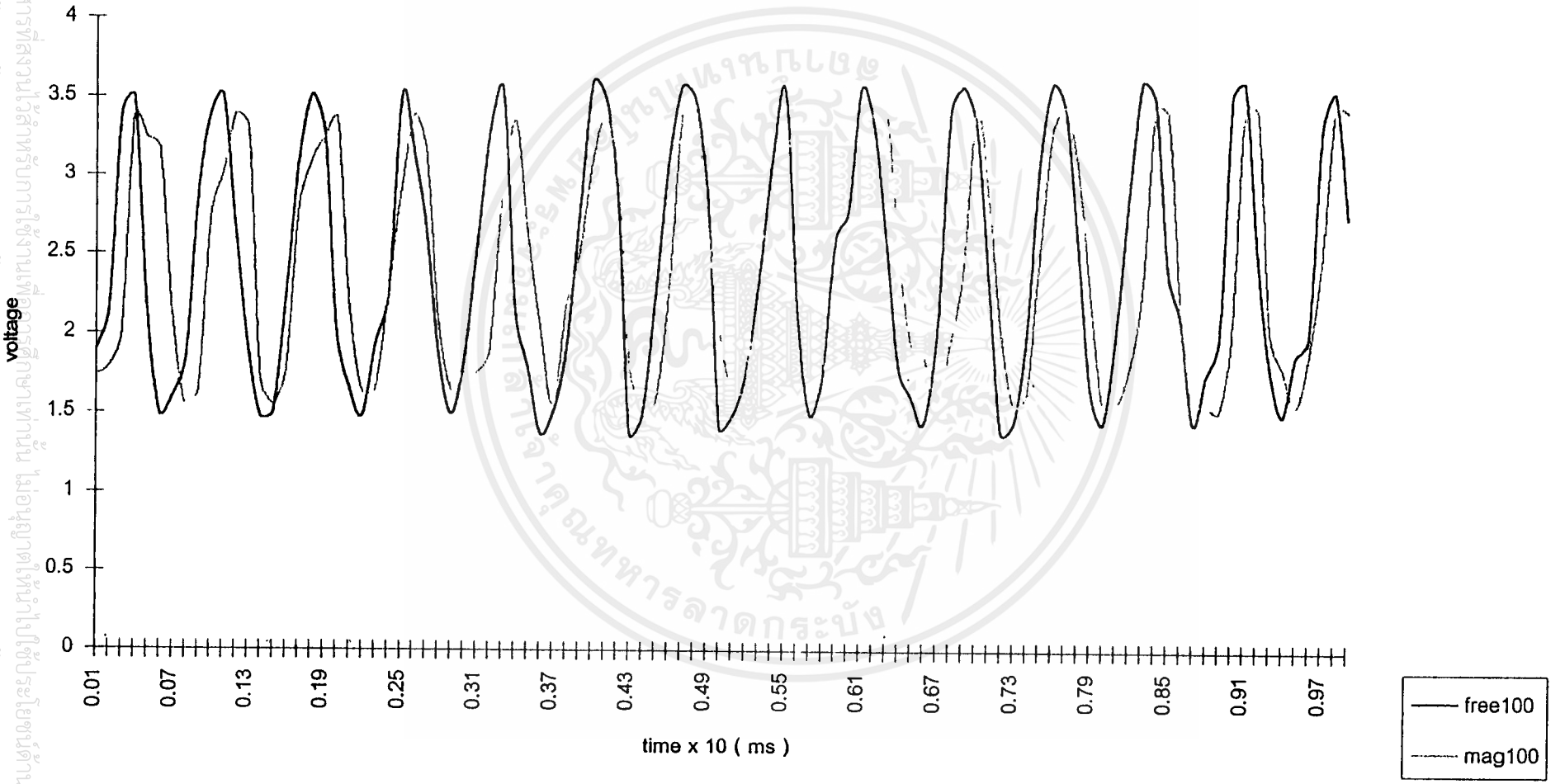
กราฟแสดงการเปรียบเทียบการสั่นของคานที่ความเร็ว 100 rev/min



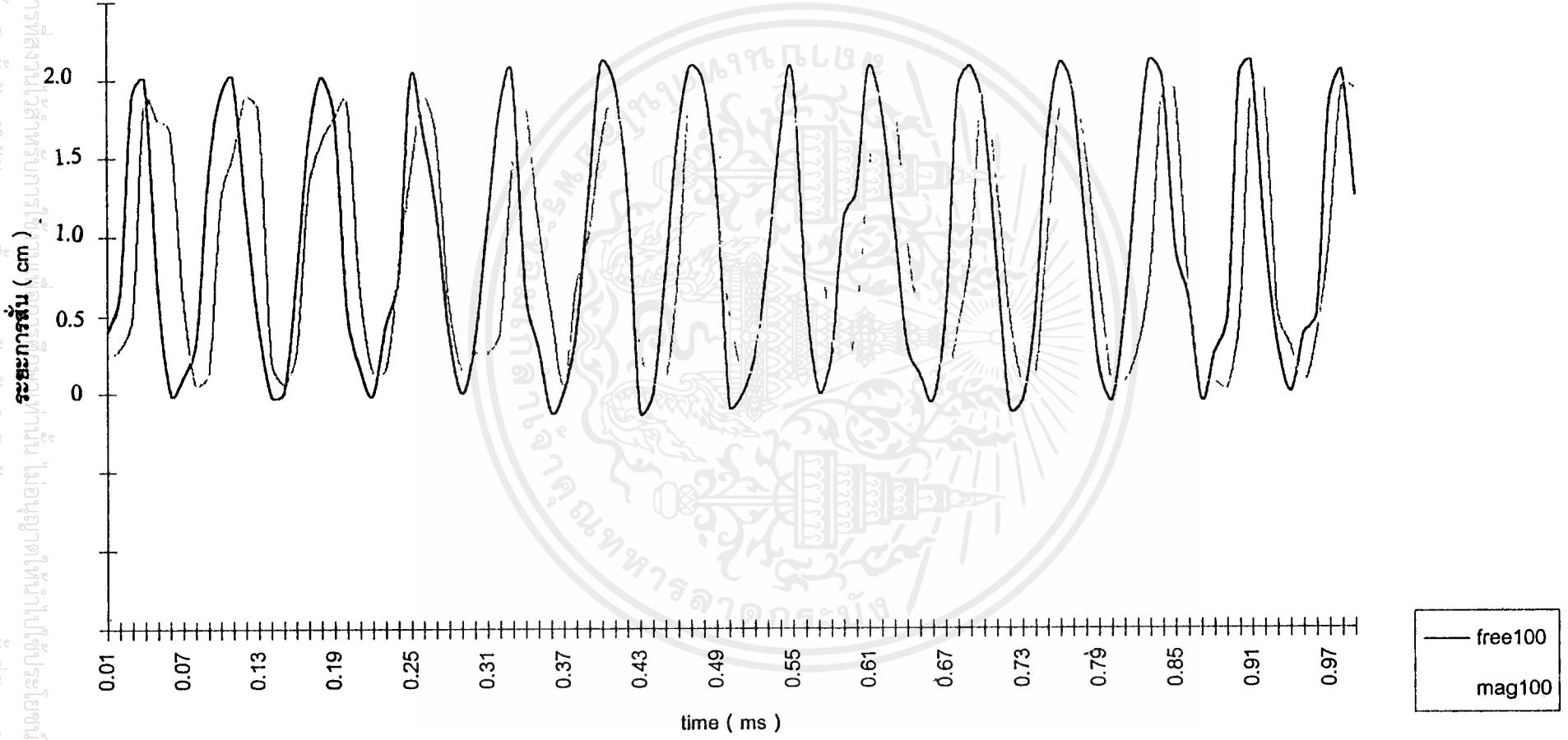
กราฟแสดงระยะการสั่นของคานที่ความเร็ว 100 rev/min



กราฟแสดงการเปรียบเทียบการสั่นของคานที่ความเร็ว 100 rev/min ถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg.



กราฟแสดงระยะการสั่นของคานที่ความเร็ว 100 rev/min ถ่วงน้ำหนัก 0.5 kg.



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนา

ในการทำงานของโครงงานนี้เนื่องจากเป็น Project เริ่มต้น การทำงานต่างๆซึ่งเริ่มต้นตั้งแต่ เริ่มหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะหาได้ยากมาก เนื่องจากเป็นรูปแบบของการประยุกต์การใช้งานของการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กถาวรภายใต้สนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กไฟฟ้า ข้อมูลต่างๆในการอ้างอิงจึงไม่ค่อยมีต้องทำการทดลองค่าไปเรื่อยๆ จึงจะได้ผลการทดลอง และเกิดปัญหาต่างๆของตัวอุปกรณ์มากมาย เนื่องจากเกิด Error เยอะ ฉะนั้นผลการทดลองจึงเป็นไปในทิศทางต่างจากทางทฤษฎีในบางส่วน

ความผิดพลาดที่เกิดจากอุปกรณ์แต่ละตัวสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ADC เนื่องจาก ADC จะทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital ที่มีขนาด 8 บิต ฉะนั้นการทำงานจึงเป็น Step เมื่อเป็น 8 บิต จะมี Step ทั้งหมด 256 Step และ ADC สามารถรับไฟ Analog ได้ตั้งแต่ 0V - 5V นั่นคือแต่ละ Step จะมีความแตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 5/256 = 0.0195 ซึ่งหมายความว่าถ้าสัญญาณ Analog ที่เข้ามามีความแตกต่างกันมากกว่าหรือเท่ากับ 0.0195 V ADC จึงจะสามารถรับรู้และรับสัญญาณเข้ามา ซึ่งจะต้องทำการขยาย Volt ที่ได้จาก Sensor ให้มากขึ้น เพื่อที่จะให้เกิดความแตกต่างมากขึ้นเมื่อคานเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อย
2. DAC อุปกรณ์ตัวนี้ก็จะทำงานเป็น Step คล้ายกับ ADC เพียงแต่ทำงานตรงกันข้าม ฉะนั้น Step การทำงานจึงเป็นสิ่งสำคัญ แต่ DAC สามารถส่งแรงดันได้ตั้งแต่ 0V - 10V จึงไม่มีปัญหามากนัก

แต่ส่วนที่เป็นปัญหาก็คือ Magnetic Coil ที่เราต้องป้อนแรงดันไฟฟ้าให้ เมื่อคานเคลื่อนที่ด้วย และจะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดแม่เหล็กที่เราได้ทำการจ่ายไฟ Magnetic Coil จะเป็นเสมือนแหล่งจ่ายแรงดันตัวหนึ่ง ซึ่งจะจ่ายแรงดันบวกและลบออกมา จะเสริมและหักล้างกับแรงดันที่ทำการป้อนเข้ามา อาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนได้อีกกรณีหนึ่ง แต่แรงดันที่ออกมาจาก Megnetic Coil ไม่ได้มีปัญหามากนักเนื่องจากมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับแรงดันที่ออกมาจาก DAC ที่ทำการขยายแล้ว 10 เท่า

3. Magnetic Coil และแม่เหล็กถาวร ในการประกอบอุปกรณ์ถึงแม้ว่าจะทำให้แม่เหล็กที่ติดอยู่กับคานมีจุดเพื่อที่จะทำให้แท่งแม่เหล็กถาวรสามารถเคลื่อนที่ในแนวดิ่งได้สะดวก แต่ในการใช้งานจริงจะเกิดการเสียดสีกับแกนของ Magnetic Coil ทำให้เกิดแรงเสียดทานเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการหยุดสั่นของคานเร็วขึ้นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Servo Motor การทำงานของ Servo Motor จะเป็นตัวหมุนเพื่อให้วงล้อน้ำหนักที่ติดอยู่กับตัวมอเตอร์หมุนตาม ทำให้เกิดแรงเหวี่ยงทำให้คานเกิดการสั่นขึ้นลง แต่การสั่นเมื่อมอเตอร์หมุนไปได้ช่วงหนึ่งจะเกิดการเคลื่อนที่เสริมกัน ทำให้คานเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ระยะมากกว่าปกติ จะเห็นว่าช่วงนี้จะทำให้การสั่นไม่เป็นไปตามปกติ ทำให้ผลคลาดเคลื่อนไป
5. Sensor เนื่องจากการติดตั้ง Sensor จะต้องทำให้แท่งแม่เหล็กที่อยู่ในตัว Sensor เคลื่อนที่เข้าออกจากตัว Voice Coil แต่การติดตั้งเกิดปัญหาตรงที่ว่าไม่สามารถทำให้แท่งแม่เหล็กนี้เคลื่อนที่ลงจนถึงล่างสุดของ Voice Coil ได้ เนื่องจากจะเกิดการกระแทกกันของคานก่อน ทำให้ผลของ Voltage ที่ออกทามากสุดและน้อยสุดไม่เท่ากัน ซึ่งการติดตั้ง Sensor จะต้องมีการปรับปรุงอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากบทที่ 4 ในการทำงานของโปรแกรม Free Running และโปรแกรม Magnetic Control จากการพิจารณาผลการทดลองทั้งข้อมูลและกราฟที่ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะได้ข้อสรุปดังนี้

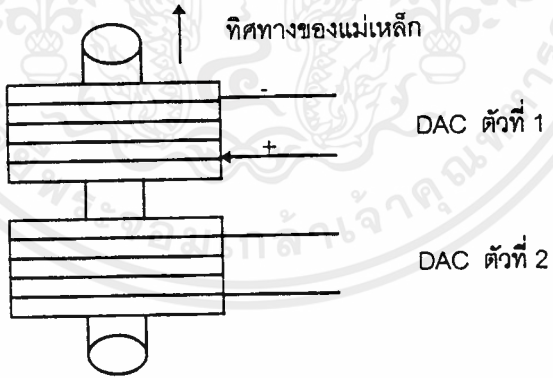
1. เนื่องจากการสั่นของวัตถุเริ่มจากจุดสมดุล และจะสั่นอยู่ในรูปของ Sine Wave มีการเคลื่อนที่ขึ้นลงจากจุดสมดุลตลอดเวลาจนกระทั่งเข้าสู่เสถียรภาพ
2. สนามแม่เหล็กสามารถนำมาประยุกต์เป็นอุปกรณ์ในการช่วยการลดการสั่นสะเทือนได้
3. ระบบ Feedback Control ที่ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม สามารถใช้ควบคุมการทำงานของระบบกันสะเทือนแม่เหล็กได้ นั่นคือช่วยทำให้การสั่นเข้าสู่เสถียรภาพได้เร็วขึ้นกว่าปกติ
4. การลดการสั่นสะเทือนโดยใช้ระบบกันสะเทือนแม่เหล็ก สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานได้หลายอย่าง ไม่ใช่เฉพาะแต่ในระบบกันสะเทือนของรถยนต์เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการพัฒนา

1.ในการทำการทดลองนี้เป็นการจำลองของการสั่นของช่วงล่างรถยนต์ ที่อาจจะไม่เหมือนความเป็นจริงมากนักเนื่องจากคานมีจุดหมุน แต่ระบบกันสะเทือนของรถยนต์จริงๆนั้นจะมีโช้คอยู่ที่ล้อทุกๆล้อ นั่นคือไม่มีจุดหมุนและเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งเป็นเส้นตรง แต่การทดลองนี้เป็นเพียงจุดเริ่มต้นว่ามีความเป็นไปได้หรือเปล่าที่จะใช้ Magnetic Coil มาเป็นระบบกันสะเทือน เมื่อมีแนวทางที่จะเป็นไปได้จึงพัฒนาต่อไป นั่นคือคานจะต้องเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งเป็นเส้นตรงและออกแบบการจำลองเหมือนรถยนต์

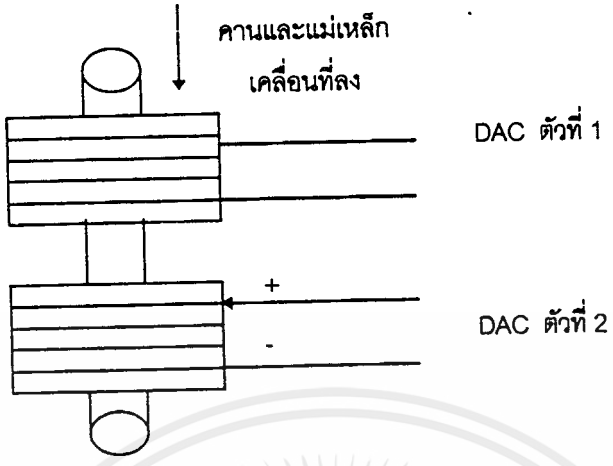
2. การจ่าย Voltage ไปป้อนให้กับ Magnetic Coil ตอนนี้สามารถทำได้เฉพาะตอนที่คานมีทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น แล้วแม่เหล็กจะดึงคานลงมา แต่ขณะที่คานเคลื่อนที่ลง ถ้าเราจะทำการปล่อย Voltage จะทำให้มีแรงเสริมกัน แนวทางการพัฒนาต่อไปจึงต้องทำการควบคุมทั้งขาขึ้นและขาลงของคาน โดยอาจจะใช้ Switch ในการสับเปลี่ยนขั้วของการจ่ายไฟ หรือเพิ่ม DAC อีก 1 ตัว เพื่อแยกจ่ายไฟที่ Magnetic Coil ทั้ง Coil บนและ Coil ล่าง



รูปที่ 5.1 แสดงการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้คอยล์ตัวบน

เมื่อคานและแท่งแม่เหล็กมีทิศทางเคลื่อนที่ขึ้น เราจะปล่อยแรงดันไฟฟ้าที่ DAC ตัวที่ 2 ให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดสนามแม่เหล็กดึงคานลงมา นั่นคือเป็นการลดแรงในการเคลื่อนที่และ DAC ตัวที่ 2 หยุดปล่อยแรงดัน

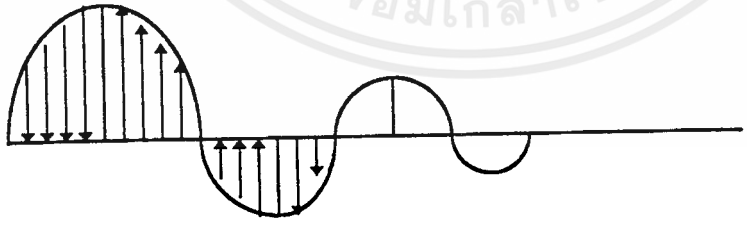
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้คอยล์ตัวล่าง

เมื่อคานและแม่เหล็กมีทิศทางเคลื่อนที่ลง เราจะปล่อยแรงดันไฟฟ้าที่ DAC ตัวที่ 1 เพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดแรงดันให้คานขึ้นไป นั่นคือเป็นการหักล้างกับแรงในการเคลื่อนที่ลงของแม่เหล็ก ส่วน DAC ตัวที่ 1 หยุดจ่ายแรงดัน

ในการทำงานแบบนี้ เราต้องต่อวงจร DAC อีก 1 วงจรเพื่อเป็นตัวจ่ายแรงดันให้กับ Magnetic Coil อีก 1 ขด จะได้กราฟการทำงานดังนี้



รูปที่ 5.3 แสดงการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อต้านการเคลื่อนที่ของคาน

จะเห็นว่าเมื่อคานเคลื่อนที่ขึ้น (โค้ง) จะจ่าย Volt เพื่อดึงคานลง
และเมื่อคานเคลื่อนที่ลง (โค้งลง) จะจ่าย Volt เพื่อดันคานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Theodore Wild , Electrical Engineering Drives , and Power System Second Edition.
2. B.L. Theraja , A.K. Theraja , A Text Book of Electrical Technology.
3. รศ. ยืน ภู่วรวรรณ , ทฤษฎีและการประยุกต์ไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80.
4. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา , ยืน ภู่วรวรรณ , สมนึก คีรีโต , โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษาซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET-DIGITAL INPUT/OUTPUT CARD

ET-DIO CARD

ลักษณะทั่วๆไปของ ET-DIO CARD

ET-DIO CARD เป็นลักษณะของ PC CARD ใช้เชื่อมต่อกับเครื่อง PC เพื่อขยายระบบอินพุทและเอ้าท์พุท ให้ใช้งานได้มากยิ่งขึ้นซึ่ง ET-DIO CARD สามารถที่จะรับสัญญาณอินพุทและให้สัญญาณเอ้าท์พุทออกมาได้ทั้งในรูปของ Analog และ Digital ทำให้มีความอ่อนตัวในการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆได้มากยิ่งขึ้น ซึ่ง ET-DIO CARD มีอุปกรณ์ร่วมและมีจุดเด่นๆ ของตัวมันเองดังนี้คือ

- มี ไอซี 8255 (Programmable Pheripheral Interface) จำนวน 1 ตัว ซึ่งสามารถที่จะใช้โปรแกรมให้เป็นได้ทั้งอินพุทและเอ้าต์พุทตามความต้องการของผู้ใช้เองได้ทั้งหมด 3 พอร์ต หรือ 24 บิต I/O ในรูปของสัญญาณ Digital นั่นเอง

- มี ไอซี 8253 (Programmable Interval Timer) จำนวน 1 ตัว ทำให้ ET-DIO CARD สามารถที่จะประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับระบบฐานเวลาต่างๆ ได้มากมาย เช่น

1. โปรแกรมให้ทำงานเป็นวงจรสร้างฐานเวลาแบบต่างๆ
2. โปรแกรมให้เป็นวงจรนับแบบต่างๆ
3. โปรแกรมให้เป็นวงจรสร้างสัญญาณ Interrupt ให้เครื่อง PC
4. โปรแกรมให้เป็นวงจรสร้างสัญญาณ Square Wave
5. โปรแกรมให้เป็นวงจรสร้างความถี่

ซึ่ง IC 8253 นี้ มีโครงสร้างภายในให้ใช้งานถึง 3 แชนแนล และแต่ละแชนแนล ทำงานแยกจากกันอย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีไอซี ADC Analog to Digital Converter) จำนวน 1 ตัว ซึ่งสามารถที่จะเลือกใช้ได้ถึง 2 เบอร์ คือ ADC0804 (8 บิต) หรือ ADC1001(10 บิต) ซึ่งทำให้ ET-DIO CARD สามารถที่จะประยุกต์ใช้งานในการตรวจจับ หรือการวัดสัญญาณหรือรับสัญญาณอินพุทในรูปของสัญญาณ Analog ได้ 1 channal ซึ่งขนาดของสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามาสามารถที่จะรับได้โดยตรงสูงถึง 5VDC หรือมากกว่าโดยเพิ่มวงจรขยายย่านวัดเข้าไปอีกเล็กน้อย ทำให้ ET-DIO CARD สามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือวัดสัญญาณต่างๆได้มากมายเช่น

1. เครื่องวัดแรงดัน
2. เครื่องวัดกระแส
3. เครื่องวัดอุณหภูมิ
4. เครื่องวัดความต้านทาน
5. เครื่องวัดความจุ

ซึ่งผลของการวัดแบบต่างๆ สามารถที่จะนำมาเก็บเป็นแม้มข้อมูลหรือแสดงผลในรูปแบบอื่นๆได้ตามต้องการโดยผู้ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมเอง

- มีไอซี DAC (Digital to Analog Converter) จำนวน 1 ตัว ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ถึง 2 เบอร์ คือ DAC0832 (8 บิต)หรือ DAC1232 (12 บิต) ซึ่งเลือกได้โดยการ Set Jumper JP1 (ดูรายละเอียดเรื่องการ Setup Jumper) ทำให้ ET-DIO CARD สามารถที่จะประยุกต์ใช้ในงานควบคุมต่างๆ โดยส่งสัญญาณในรูปของ Analog ออกไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งขนาดของสัญญาณ Analog มีวงจร OP - AMP เพื่อขยายขนาดของสัญญาณอยู่แล้วซึ่งผู้ใช้สามารถปรับขนาดของสัญญาณได้ตั้งแต่ 0 V - 10.66 VDC

- มีวงจรถอดรหัสตำแหน่งของพอร์ตที่จะใช้งาน ทำให้สะดวกในการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของพอร์ต ที่จะใช้งานได้ง่ายโดยการ SET DIP-SWITCH ทำให้มีความอ่อนตัวในการใช้งาน และสามารถที่จะนำ ET-DIO CARD ต่อร่วมกับเครื่อง PC ได้มากกว่า 1 CARD โดยกำหนดพอร์ตใช้งานที่แตกต่างกัน (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเรื่องการ DECODE PORT)

- มี Working Areer มากถึง 5 CM x 9 CM ทำให้มีพื้นที่ว่างใช้งานมากยิ่งขึ้นจึงทำให้ผู้ใช้ สามารถที่จะประยุกต์ใช้งานต่อวงจรหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์ต่างๆได้มากมายและสะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ DECODE PORT

ตำแหน่งของพอร์ต บน ET-DIO CARD จะใช้ IC TTL 74LS688 (U3) 74LS139 (U4) 74LS32 (U7) SWITCH DIP-8 (SW1) ต่อร่วมกันเป็นวงจร DECODE PORT โดยใช้ SWITCH1 เป็นตัวกำหนดเบอร์ พอร์ต ตามความต้องการของผู้ใช้ โดยใน ET-DIO CARD จะใช้ตำแหน่งของพอร์ต ทั้งหมด 12 พอร์ต คือ

XX0H = Port PA ของ 8255
XX1H = Port PB ของ 8255
XX2H = Port PC ของ 8255
XX3H = Port Control ของ 8255
XX4H = Port Counter0 ของ 8253
XX5H = Port Counter1 ของ 8253
XX6H = Port Counter2 ของ 8253
XX7H = Port Control ของ 8253
XX8H = Port Control ของ DAC
XX9H = Port Control ของ DAC
XXAH = Port Control ของ ADC
XXBH = Port Control ของ ADC

เราสามารถที่จะกำหนดเบอร์พอร์ต ได้โดยการกำหนดระดับ Logic ให้กับตำแหน่ง ADDRESS นั้นๆ ตามความต้องการ ซึ่งบน ET-DIO CARD สามารถที่จะกำหนดระดับของ Logic ให้กับตำแหน่ง ADDRESS ใดๆ โดยใช้ SWITCH1 ซึ่งหาก ON SWITCH จะได้ระดับ Logic "0" หาก OFF SWITCH จะได้ระดับ Logic "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

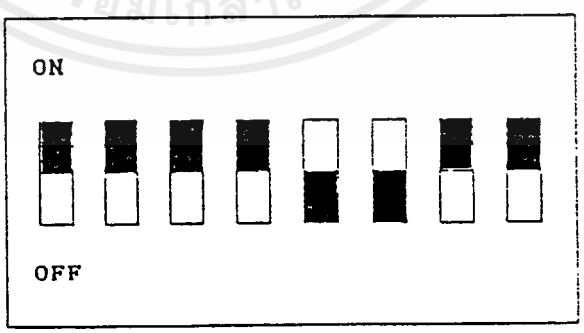
ตัวอย่างเช่น ถ้าเราต้องการกำหนดตำแหน่ง Port ADDRESS เป็น 300H สามารถที่จะทำได้ดังนี้คือ

1.กำหนดระดับ Logic ให้กับ ADDRESS ต่างๆ ให้เท่ากับ 300H คือ

A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	0	1	1	0	0	0	0	X	X	X	X
		3			0				0		

จะเห็นได้ว่าที่ตำแหน่ง Port 300H เราต้องให้ Logic "1" กับตำแหน่ง ADDRESS A8,A9 และต้องให้ Logic "0" กับ ADDRESS A11,A10,A7, A6,A5,A4 (ซึ่ง A4 - A11 ถูกต่อไว้กับ Dip-Switch SW1) ส่วน A0 - A3 ถูก DECODE ด้วยไอซี 74LS139 อีกทีหนึ่ง ดังนั้น SW1 จึงมีหน้าเลือก ADDRESS เพียงสองหลักเท่านั้น

2.SET SWITCH เพื่อกำหนด Logic ให้ตำแหน่ง ADDRESS ตามข้อ 1

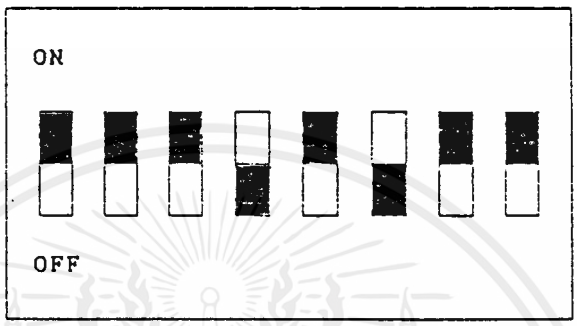


A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการกำหนดตำแหน่ง ADDRESS 280H จะได้

A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	0	1	0	1	0	0	0	X	X	X	X
2				8				0			



A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11

ซึ่งเมื่อเรากำหนดให้ ET-DIO CARD มีค่าตำแหน่งเท่าใดแล้วการใช้งานอุปกรณ์ใดๆ บน ET-DIO CARD ต้องอ้างตำแหน่งนั้นๆเสมอ เช่น เรากำหนดให้ ET-DIO CARD ทำงานที่ตำแหน่ง 300H (ON SWITCH ที่ตำแหน่ง 1,2,3,4,7,8 และ OFF SWITCH ที่ตำแหน่ง 5,6) จะมีผลทำให้เบอร์ Port เป็นดังนี้คือ

300H = Port PA ของ 8255
301H = Port PB ของ 8255
302H = Port PC ของ 8255
303H = Port Control ของ 8255
304H = Port Counter0 ของ 8253
305H = Port Counter1 ของ 8253
306H = Port Counter2 ของ 8253
307H = Port Control ของ 8253
308H = Port Control ของ DAC
309H = Port Control ของ DAC
30AH = Port Control ของ ADC
30BH = Port Control ของ ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I/O Address Map

Hex Range	Usage
000H - 00FH	DMA Chip 8237A-5
020H - 021H	Interrupt 8259A
040H - 043H	Timer 8253-5
060H - 063H	PPI 8255A-5
080H - 083H	DMA Page Registers
0AX*	NMI Mask Register
0CX	Reserved
0EX	Reserved
200H - 20FH	Game Control
210H - 217H	Expansion Unit
220H - 24FH	Reserved
278H - 27FH	Reserved
2F0H - 2F7H	Reserved
2F8H - 2FFH	Asynchronous Communications (Secondary)
300H - 31FH	Prototype Card
320H - 32FH	Fixed Disk
378H - 37FH	Printer
380H - 38CH**	SDLC Communication
380H - 389H**	Binary Synchronous Communications (Sec.)
3A0H - 3A9H	Binary Synchronous Communications (Pri.)
3B0H - 3BFH	IBM Monochrom Display/Printer
3C0H - 3CFH	Reserved
3D0H - 3DFH	Color/Graphics
3E0H - 3E7H	Reserved
3F0H - 3F7H	Diskette
3F8H - 3FFH	Asynchronous Communications (Primary)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน 8255 (Programmable Pheripheral Interface)

ไอซี 8255 (Programmable Pheripheral Interface) เป็นไอซี ประกอบด้วยพอร์ตใช้งานถึง 3 พอร์ตและ พอร์ตควบคุม (CONTROL PORT) อีก 1 พอร์ต รวมเป็น 4 พอร์ต ซึ่งไอซี 8255 สามารถที่จะโปรแกรมให้เป็นได้ทั้งอินพุทและเอ้าท์พุท ได้ทั้ง 3 พอร์ต หรือ 24 บิต I/O โดยการกำหนดที่พอร์ตควบคุม (CONTROL PORT) ซึ่งการโปรแกรมเพียงแต่ส่งค่า Control Word Code ไปให้พอร์ตควบคุมเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255 ซึ่งมีรายละเอียดและตัวอย่างการโปรแกรมดังนี้คือ

D0 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของพอร์ต C ล่าง (PC0 - PC3) คือ
ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้เป็น Input
ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้เป็น Output

D1 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของพอร์ต B (PB0 - PB7) คือ
ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้เป็น Input
ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้เป็น Output

D2 ใช้สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ต C ล่างและพอร์ต B คือ
ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้พอร์ต C ล่างและพอร์ต B ทำงานในโหมด 0
ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้พอร์ต C ล่างและพอร์ต B ทำงานในโหมด 1

D3 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของพอร์ต C บน (PC4 - PC7) คือ
ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้เป็น Input
ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้เป็น Output

D4 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของพอร์ต A (PA0 - PA7) คือ
ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้เป็น Input
ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้เป็น Output

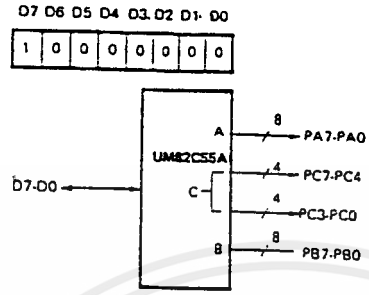
D6,D5 ใช้สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ต C บนและพอร์ต A คือ
ถ้าเป็น 00 หมายถึงให้พอร์ต C บนและพอร์ต A ทำงานในโหมด 0
ถ้าเป็น 01 หมายถึงให้พอร์ต C บนและพอร์ต A ทำงานในโหมด 1
ถ้าเป็น 1X หมายถึงให้พอร์ต C บนและพอร์ต A ทำงานในโหมด 2

D7 ใช้สำหรับกำหนด MODE SET FLAG คือ
ถ้าเป็น 1 หมายถึง ACTIVE ซึ่งต้องกำหนดให้บิทนี้เป็น 1 เสมอ
ถ้าเป็น 0 หมายถึง NON-ACTIVE

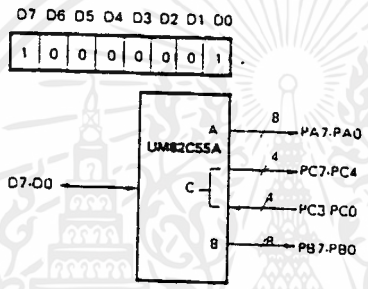
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode 0 Configurations

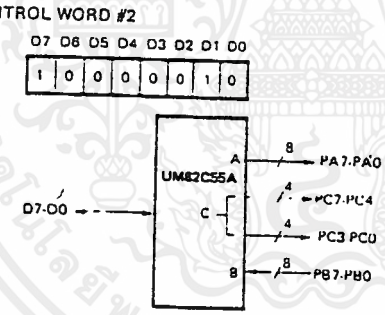
CONTROL WORD #0



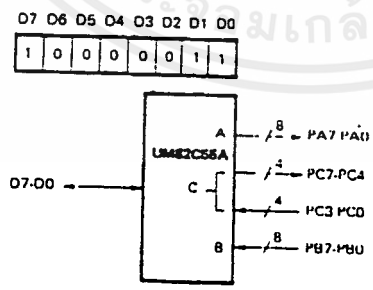
CONTROL WORD #1



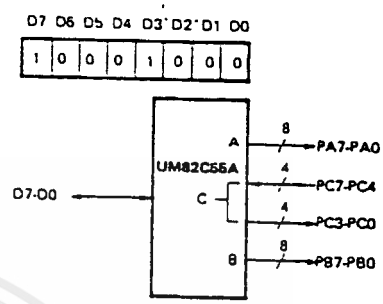
CONTROL WORD #2



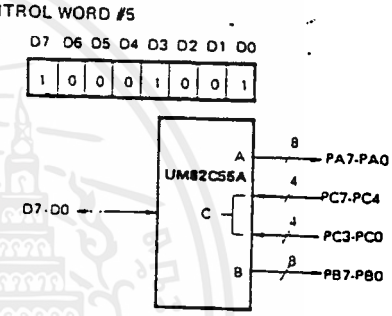
CONTROL WORD #3



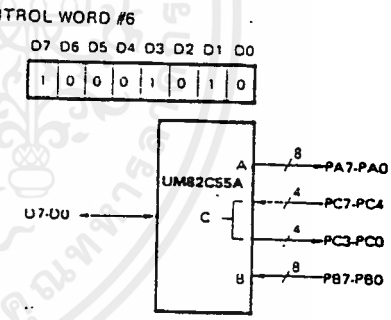
CONTROL WORD #4



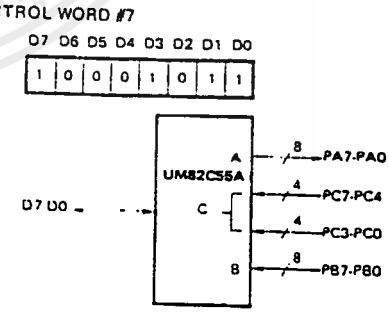
CONTROL WORD #5



CONTROL WORD #6

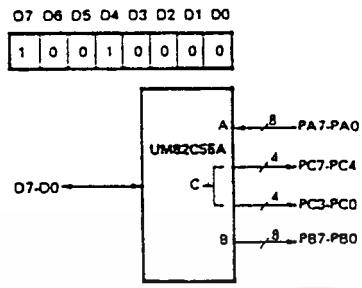


CONTROL WORD #7

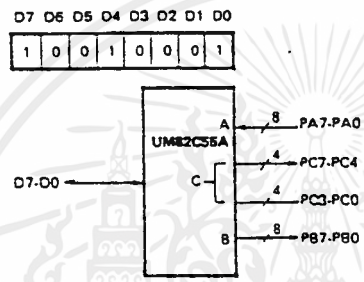


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

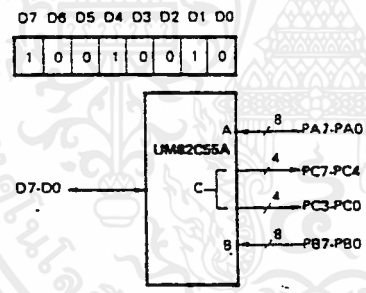
CONTROL WORD #8



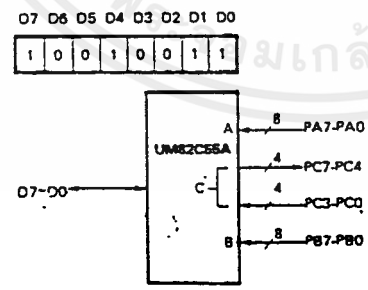
CONTROL WORD #9



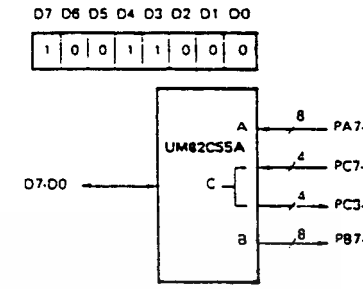
CONTROL WORD #10



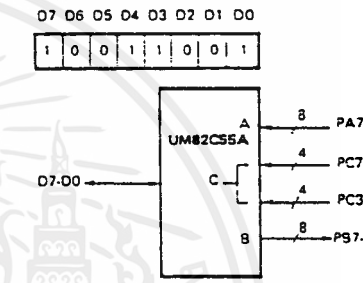
CONTROL WORD #11



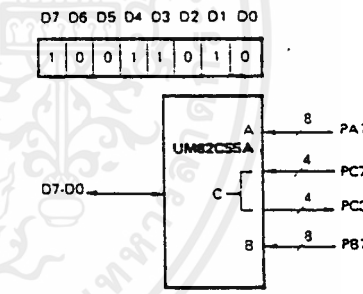
CONTROL WORD #12



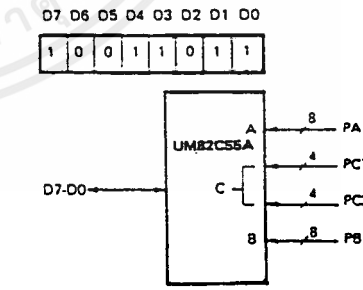
CONTROL WORD #13



CONTROL WORD #14



CONTROL WORD #15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น เราต้องการให้ทั้ง 3 พอร์ต ของ 8255 (PA,PB,PC) เป็นเอ้าพุททั้งหมดจะได้ Control Word Code ดังนี้คือ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	0	0

8 0

ดังนั้นจะได้ Control Word Code = 80H

เมื่อได้ Control Word Code แล้วการโปรแกรมให้ 8255 ทำงานตาม Control Word Code ก็เพียงแต่ส่งค่า Control Word Code ไปยังพอร์ตควบคุม (Control Port) การโปรแกรมจะทำเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

ตัวอย่างเช่น เราเลือกแอดเดรสของ ET-DIO CARD ไว้ที่ 300Hจะได้ตำแหน่งพอร์ต ดังนี้คือ

300H = Port PA ของ 8255
301H = Port PB ของ 8255
302H = Port PC ของ 8255
303H = Port Control ของ 8255

(ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเรื่องการ DECODE PORT)

การโปรแกรมทำได้โดยการส่งค่า Control Word Code (ในที่นี้คือ 80H) ให้พอร์ตควบคุม (ในที่นี้คือ 303H)

ตัวอย่าง การโปรแกรมด้วยภาษา PASCAL คือ

```
Port[$303] := $80;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน 8253 (Programmable Interval Timer)

ไอซี 8253 (Programmable Interval Timer) เป็น ไอซีซึ่งประกอบด้วย พอร์ตใช้งาน 3 พอร์ต และพอร์ตควบคุมการทำงาน (Control Port) อีก 1 พอร์ต รวมเป็น 4 พอร์ต ซึ่ง 8253 เหมาะสำหรับการใช้งานในด้านฐานเวลาต่างๆซึ่งมีอินพุท 2 อินพุท (CLK และ GATE) และเอาท์พุท 1 เอาท์พุท (OUT) ต่อ 1 แชนแนล ซึ่งใน 8253 มีให้ใช้งานถึง 3 แชนแนล และแต่ละแชนแนลยังแยกการทำงานกันอย่างอิสระ 8253 แต่ละแชนแนลสามารถเลือกการทำงานได้ 6 โหมด การโปรแกรมให้ 8253 ทำงานในโหมดใดนั้นทำได้โดยการส่งค่า Control Word ให้กับ Register Mode Control (Port Control 8253) ซึ่งมีรายละเอียดการโปรแกรมดังนี้คือ

บิท	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
หน้าที่	SC1	SC0	RL1	RL0	M2	M1	M0	BCD

บิท D7,D6 (SC1,SC0) :

Select Counter ใช้สำหรับเลือกแชนแนลที่ต้องการ คือ

SC1	SC0	แชนแนลที่ถูกเลือก
0	0	แชนแนล 0
0	1	แชนแนล 1
1	0	แชนแนล 2
1	1	–

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิท D5,D4 (RL1,RL0) :

Read/load ใช้สำหรับกำหนดไบท์ในการอ่าน/เขียนข้อมูล

RL1	RL0	หน้าที่
0	0	ทำการแลทช์ค่าในรีจิสเตอร์-เค้าน์เตอร์
0	1	อ่าน/เขียน เฉพาะข้อมูลใน 8 บิท ล่าง (LSB)
1	0	อ่าน/เขียน เฉพาะข้อมูลใน 8 บิท บน (MSB)
1	1	อ่าน/เขียน ข้อมูลทั้ง 16 บิทโดยเริ่มจาก 8 บิท ล่างก่อน จากนั้นจึงอ่าน/เขียนข้อมูลใน 8 บิทบน

บิท D3,D2,D1(M2,M1,M0) :

Mode ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานของ 8253 คือ

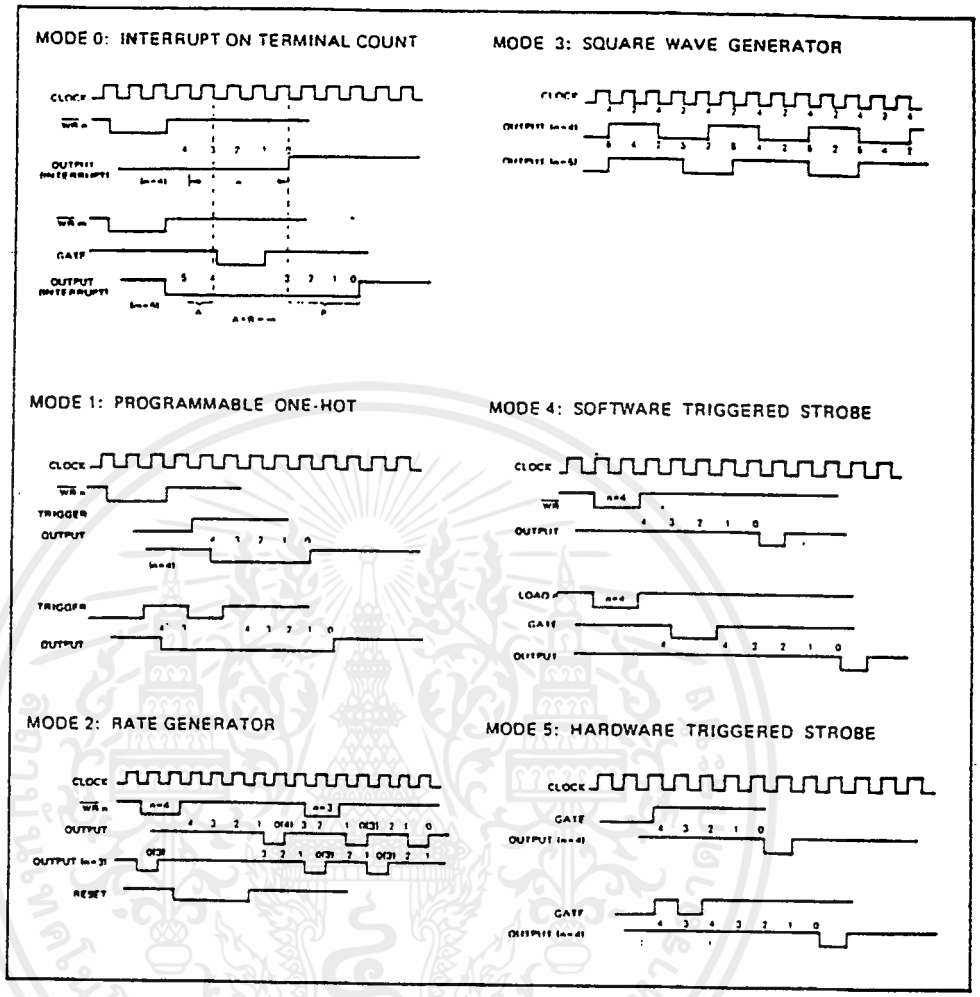
M2	M1	M0	โหมดการทำงาน
0	0	0	โหมด 0 : Interrupt On Terminal
0	0	1	โหมด 1 : Programmable One-Shot
x	1	0	โหมด 2 : Rate Generator
x	1	1	โหมด 3 : Square Wave Generator
1	0	0	โหมด 4 : Software Trigger Stobe
1	0	1	โหมด 5 : Hardware Trigger Stobe

BCD : ใช้กำหนดการลดค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์เค้าน์เตอร์ กล่าวคือ

ถ้า BCD = 1 ค่าของข้อมูลในรีจิสเตอร์เค้าน์เตอร์จะถูกลดลงแบบ BCD

ถ้า BCD = 0 ค่าของข้อมูลในรีจิสเตอร์เค้าน์เตอร์จะถูกลดลงแบบ Binary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UM8253 Timing Diagrams

ตัวอย่างเช่น เราต้องการให้แชนแนล 0 ทำงานในโหมด 0 (Interrupt) จะได้ Control Word ดังนี้คือ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	1	0	0	0	0

ดังนั้นจะได้ Control Word = 10H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงหมายเลขและการใช้งานอินเตอร์รัพต์

หมายเลข Int.	การใช้งาน
$0	สงวนไว้สำหรับกรณีหารด้วยศูนย์
$1	สงวนไว้เพื่อการทำงานจังหวะเดียว (สำหรับ DEBUG)
$2	Hard Were Interrupt แบบ NMI (Parity Error)
$3	สงวนไว้สำหรับจุด Break point
$4	สงวนไว้สำหรับกรณีเลขล้นหลัก (Overflow)
$5	สำหรับพิมพ์หน้าจอ (Print Screen)
$6	สงวนไว้
$7	สงวนไว้
$8	อินเตอร์รัพต์ตามเวลา (IRQ0)
$9	อินเตอร์รัพต์ทางฮาร์ดแวร์ของคีย์บอร์ด (IRQ1)
$A	สงวนไว้สำหรับฮาร์ดแวร์ (IRQ2)
$B	สงวนไว้สำหรับช่องการสื่อสารหมายเลข 2 (IRQ3)
$C	สงวนไว้สำหรับช่องการสื่อสารหมายเลข 1 (IRQ4)
$D	อินเตอร์รัพต์สำหรับฮาร์ดดิสค์ (IRQ5)
$E	อินเตอร์รัพต์สำหรับดิสเก็ตต์ (IRQ6)
$F	สงวนไว้
$10	สำหรับควบคุมการแสดงผลหน้าจอ
$11	ตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบ
$12	ตรวจสอบขนาดของหน่วยความจำ
$13	สำหรับควบคุมและการอ่านเขียนดิสเก็ตต์
$14	สำหรับการรับส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม
$15	สำหรับติดต่อกับเทปคาสเซ็ต (เฉพาะไอบีเอ็มพีซี)
$16	รับข้อมูลจากคีย์บอร์ด
$17	ส่งข้อมูลออกไปที่เครื่องพิมพ์
$18	เรียก ROM BASIC
$19	บูตสแตร์ปจุดเริ่มต้นของการเรียก DOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงหมายเลขและการใช้งานอินเตอร์รัพต์ ต่อ

$1A	เวลาของวัน
$1B	สงวนไว้สำหรับการหยุดทำงานโดยคีย์บอร์ด
$1C	สงวนไว้สำหรับการหยุดทริกเวลา
$1D	การอ่านพารามิเตอร์สำหรับแสดงผลบนจอ
$1E	การอ่านพารามิเตอร์ของดิสเก็ตต์
$1F	สำหรับสร้างอักขระกราฟิก

การใช้งาน ADC. (Analog To Digital Converter)

ไอซี ADC0804 เป็นไอซี ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุทในรูปของ Analog แล้วเปลี่ยนเป็น Digital เพื่อส่งให้ CPU ประมวลผล ซึ่งสามารถที่จะประยุกต์ใช้งานในการเชื่อมต่อ (Interface) กับอุปกรณ์ภายนอกที่ให้สัญญาณเป็น Analog ซึ่ง ET-DIO CARD สามารถรับสัญญาณ Analog ได้โดยตรงถึง 5 VDC หรือมากกว่าโดยผู้ใช้เพียงเพิ่มเติมวงจรขยายย่านวัด เช่นเดียวกับเครื่องวัดทั่วๆไป ซึ่งขนาดของสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามานั้น สามารถกำหนดแถบความกว้าง (Range) ของสัญญาณได้โดยการควบคุมขนาดของ VI- และ Vref/2 ซึ่ง VI- จะเป็นตัวกำหนดจุดเริ่มต้นหรือค่าต่ำสุดของสัญญาณที่รับเข้ามาโดยบน ET-DIO CARD ผู้ใช้สามารถเลือกได้โดย JP4 คือถ้า Short JP4 ที่ตำแหน่ง 1-2 (Ground) จะทำให้สัญญาณเริ่มต้นจาก 0V จนถึง Maximum (ไม่ควรเกิน 5V) แต่ถ้าผู้ใช้ Short JP4 ที่ตำแหน่ง 2-3 จุดเริ่มต้นของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณ VI- จากภายนอกที่ต่อมาจาก Connector CN2 ซึ่งผู้ใช้ต้องกำหนดเองซึ่งโดยปรกติแล้วต้องมีค่ามากกว่า 0V แต่ต่ำกว่า Vref/2 เสมอ ส่วนสัญญาณ Vref/2 จะเป็นตัวกำหนดขนาดสูงสุดของสัญญาณที่รับเข้ามา (Maximum) นั่นคือ

ถ้าสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามามีค่าเป็น2เท่าของ Vref/2 จะได้ DATA = FFH
ถ้าสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามามีค่าเป็น1เท่าของ Vref/2 จะได้ DATA = 7FH
ถ้าสัญญาณ Analog ที่รับเข้ามามีค่าเท่ากับ VI- จะได้ DATA = 00H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของ DATA ที่มีต่อขนาดของสัญญาณจะเป็นเชิงเส้นตลอด (Linear) ซึ่งขนาดของสัญญาณ Vref/2 ผู้ใช้สามารถเลือกได้โดย JP5 กล่าวคือถ้าผู้ใช้ Short ที่ตำแหน่ง 1-2 จะได้ Vref/2 = 2.50V ถ้า Short ที่ตำแหน่ง 2-3 ขนาดของสัญญาณ Vref/2 จะขึ้นอยู่กับขนาดที่ผู้ใช้กำหนดเองจากภายนอกที่ต่อมาจาก Connectot CN2 ซึ่งขนาดของ Vref/2 ที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาต้องมีค่ามากกว่า 0V และไม่ควรเกิน 2.50V ด้วยเช่นกัน

ตัวอย่างเช่น ผู้ใช้เลือก VI- เท่ากับ 0V (JP4 Short ที่ตำแหน่ง 1-2) และเลือก Vref/2 เท่ากับ 2.50V (JP5 Short ที่ตำแหน่ง 1-2) แล้ว จะได้ว่าช่วงของสัญญาณ Analog Input จะต้องอยู่ระหว่าง 0V - 5.0Vเท่านั้นซึ่งความละเอียดของแต่ละช่วงสัญญาณที่รับเข้ามามีความละเอียดถึง 256 ระดับ นั่นคือ

ถ้าสัญญาณ Analog Input มีค่าเท่ากับ 0V จะได้ DATA เท่ากับ 00H
ถ้าสัญญาณ Analog Input มีค่าเท่ากับ 2.50V จะได้ DATA เท่ากับ 7FH
ถ้าสัญญาณ Analog Input มีค่าเท่ากับ 5.0V จะได้ DATA เท่ากับ FFH

ดังนั้นจะได้ความละเอียดของสัญญาณ = (5V - 0V) / 256
= 0.0195 V

หรืออาจกล่าวได้ว่า ผู้ใช้สามารถรับสัญญาณได้ตั้งแต่ 0V - 5.0V โดยมีความแตกต่างของแต่ละช่วง (Step) เป็น 0.0195V

หรืออีกกรณีหนึ่งคือ หากผู้ใช้เลือก VI- เท่ากับ 0.50V จากภายนอกซึ่งต่อเข้ามาทาง Connecter CN2 (JP4 Short ที่ตำแหน่ง 2-3) และเลือก Vref/2 เท่ากับ 1.50V (JP5 Short ที่ตำแหน่ง 2-3) แล้ว จะได้ว่าช่วงของสัญญาณ Analog Input จะต้องอยู่ระหว่าง 0.50V - 3.50V นั่นเอง

สำหรับ Ic A to D บน ET-DIO CARD สามารถเลือกโหมดการทำงานได้ทั้งหมด 2 โหมดการทำงาน โดยการเลือกที่ Jumper JP2 คือ

- โหมดทำงานปรกติ (Free Run Mode)
- โหมดอินเทอร์รัพท์ (Interrupt Mode)

(ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเรื่องการ SET-UP และปรับแต่ง ET-DIO CARD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน DAC (Digital To Analog Converter)

ไอซี DAC มีลักษณะการทำงานที่ตรงกันข้ามกับไอซี ADC กล่าวคือมันจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ Digital ให้เป็นสัญญาณ Analog ซึ่งนิยมใช้งานในด้านการควบคุมต่างๆ ซึ่งบน ET-DIO CARD มีไอซี DAC ให้ใช้งาน 1 ตัว โดยสามารถที่จะเลือกใช้ได้ 2 เบอร์ คือ DAC0832 (8 Bits) หรือ DAC1232 (12 Bits) ตัวใดตัวหนึ่งโดยการเลือกที่ Jumper JP1

(ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเรื่องการ SET-UP และการปรับแต่ง ET-DIO CARD)

ซึ่งการควบคุมขนาดของสัญญาณ Analog Output นั้นทำได้โดยการส่งค่า DATA ออกไปยังพอร์ตควบคุมของไอซี DAC (Port Control DAC) ซึ่งอัตราส่วนของขนาดสัญญาณ Analog Output ที่ได้นั้นจะเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นเชิงเส้น (Linear) นั่นคือ

ถ้าส่งค่า DATA ค่า FFH จะได้ขนาดสัญญาณ Output สูงสุด
ถ้าส่งค่า DATA ค่า 7FH จะได้ขนาดสัญญาณ Output ครึ่งหนึ่ง
ถ้าส่งค่า DATA ค่า 00H จะได้ขนาดสัญญาณ Output ต่ำสุด

ซึ่งขนาดของสัญญาณ Analog Output นั้นมีความละเอียดถึง 256 ค่า จากย่านความกว้างของสัญญาณทั้งหมด (Range) หรือคำนวณได้จากสูตร

ความละเอียดของช่วงสัญญาณ = (Vmax-Vmin) / 256

ตัวอย่างเช่น ต้องการขนาดสูงสุดของสัญญาณ 10 V โดยให้ขนาดต่ำสุดของสัญญาณเป็น 0V จะได้ความละเอียดของสัญญาณเป็น 0.039 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ SETUP และการปรับแต่งต่างๆเกี่ยวกับ ET-DIO CARD

JP1 DAC Select ใช้สำหรับเลือกเบอร์ของไอซี DAC (U10) ว่าจะใช้ไอซี DAC ขนาด 8 bits (DAC0832) หรือ 12 bits (DAC1232) โดยมีวิธีการ SET ดังนี้คือ

เบอร์ของไอซี DAC	การจัดการต่างๆ เกี่ยวกับ Jumper JP1			
DAC0832 8 bits	OPEN 1 - 2	OPEN 3 - 4	SHORT 5 - 6	SHORT 7 - 8
DAC1232 12 bits	SHORT 1 - 2	SHORT 3 - 4	OPEN 5 - 6	OPEN 7 - 8

JP2 ADC Select Mode ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานของไอซี ADC ว่าจะให้ทำงานในโหมดปกติ (Free Run) หรือโหมดอินเทอร์รัพท์ (Interrupt) โดยมีวิธีการ SET ดังนี้คือ

Mode	การจัดการต่างๆ เกี่ยวกับ Jumper JP2							
FREE RUN Mode	OPEN 1-2	OPEN 3-4	OPEN 5-6	OPEN 7-8	SHORT 9-10	SHORT 11-12	SHORT 13-14	SHORT 15-16
INTERRUPT Mode	SHORT 1-2	SHORT 3-4	SHORT 5-6	SHORT 7-8	OPEN 9-10	OPEN 11-12	OPEN 13-14	OPEN 15-16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JP3 Interrupr Select ใช้เลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณ Interrupt โดยเลือกว่าจะใช้สัญญาณ Interrupt จาก ADC หรือ 8253 โดยมีวิธีการดังนี้คือ

Interrupt Source	การจัดการต่างๆ เกี่ยวกับ Jumper JP1	
Interrupt จาก ADC	SHORT 1 - 2	OPEN 2 - 3
Interrupt จาก 8253	OPEN 1 - 2	SHORT 2 - 3

JP4 Vi- Select ใช้เลือก Vi- ให้ ADC โดยเลือกระหว่างให้ Vi- ของ ADC = 0 V (GROUND) หรือ Vi- จากภายนอกที่ต่อเข้ามทาง CN2

Vi- Select Source	การจัดการต่างๆ เกี่ยวกับ Jumper JP4	
0V Reference (Ground)	SHORT 1 - 2	OPEN 2 - 3
External Reference	OPEN 1 - 2	SHORT 2 - 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JP5 Vref/2 Select ใช้สำหรับเลือกแรงดันอ้างอิง (Vref/2) ให้กับ ADC ระหว่างแรงดันอ้างอิงมาตรฐาน 2.50 VDC บน ET-DIO เอง หรือแรงดันอ้างอิงจากภายนอกซึ่งต่อเข้ามาทาง CN1

Vref/2 Select Source	การจัดการต่างๆ เกี่ยวกับ Jumper JP5	
2.50V Reference (Internal)	SHORT 1 - 2	OPEN 2 - 3
External Reference	OPEN 1 - 2	SHORT 2 - 3

** หมายเหตุ Vref ถ้าเลือกจากภายนอกต้องควบคุมไม่ให้เกิน 2.50 V ด้วย **

JP6 Interrupt Number Select ใช้สำหรับเลือกเบอร์ของสัญญาณ Interrupt ที่ต้องการจะส่งให้เครื่อง PC มีรายละเอียดดังนี้คือ

เบอร์ Interrupt	JP6 Short	เบอร์ Interrupt	JP6 Short
IRQ 2	11 - 12	IRQ 5	5 - 6
IRQ 3	1 - 2	IRQ 6	7 - 8
IRQ 4	3 - 4	IRQ 7	9 - 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JP7 8253 SET-UP ในส่วนของ JP7 ใช้เลือกสัญญาณให้ 8253 ซึ่งมีทั้งหมด 2 กลุ่มสัญญาณด้วยกันคือ กลุ่มสัญญาณ OUTPUT และกลุ่มสัญญาณ GATE ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ

กลุ่มของสัญญาณ OUTPUT ใช้เลือกว่าจะให้สัญญาณ OUTPUT ของ 8253 ซึ่งมีทั้งหมด 3 OUTPUT (OUT0,OUT1และOUT2) ออกไปใช้งานควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ ภายนอกหรือส่งสัญญาณไป Interrupt เครื่อง PC การ SET ทำได้ดังนี้คือ

Channal Output	OUT = IRQ. Signal Jumper JP7 SET		OUT = EXT. Signal Jumper JP7 SET	
Channal 0 (OUT0)	SHORT 1 - 2	OPEN 2 - 3	SHORT 2 - 3	OPEN 1 - 2
Channal 1 (OUT1)	SHORT 4 - 5	OPEN 5 - 6	SHORT 5 - 6	OPEN 4 - 5
Channal 2 (OUT2)	SHORT 7 - 8	OPEN 8 - 9	SHORT 8 - 9	OPEN 7 - 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มของสัญญาณ GATE ใช้เลือกว่าจะให้สัญญาณ GATE ของ 8253 ซึ่งมีทั้งหมด 3 Channal (GATE0,GATE1และGATE2) ทำงานตลอดเวลาตามสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้ามาเนียงอย่างเดียว (เหมาะที่จะใช้กับกรณีที่โปรแกรมให้ 8253 ทำงานสร้างสัญญาณ Interrupt หรือโหมดอื่นๆที่ไม่ต้องการการควบคุมจากภายนอก) หรือจะให้สัญญาณ GATE ถูกควบคุมจากสัญญาณภายนอก การ SET ทำได้ดังนี้คือ

Channal Output	GATE = VCC. Signal Jumper JP7 SET		GATE = EXT. Signal Jumper JP7 SET	
Channal 0 (GATE0)	SHORT 10 - 11	OPEN 11 - 12	SHORT 11 - 12	OPEN 10 - 11
Channal 1 (GATE1)	SHORT 13 - 14	OPEN 14 - 15	SHORT 14 - 15	OPEN 13 - 14
Channal 2 (GATE2)	SHORT 16 - 17	OPEN 17 - 18	SHORT 17 - 18	OPEN 16 - 17

CN1 เป็น Connector ขนาด 34 Pin มาตรฐาน ETT ใช้เป็นจุดเชื่อมของสัญญญาณ อินพุต/เอ้าต์พุท ระหว่าง 8255 และ อุปกรณ์ภายนอก

CN2 เป็น Connector ขนาด 20 Pin ใช้เป็นจุดเชื่อมต่อของสัญญาณระหว่าง 8253 ,ADCและDAC กับอุปกรณ์ภายนอก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับแต่งแรงดันอ้างอิง (2.50V บน ET-DIO CARD)

ET-DIO CARD มีวงจรควบคุมแรงดันอ้างอิงซึ่งประกอบอยู่ในตัวเรียบร้อยแล้วซึ่งใช้ไอซี LM336 เป็นอุปกรณ์หลักโดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR1) เป็นตัวปรับแต่งค่าแรงดันอ้างอิง ซึ่งขนาดของแรงดันอ้างอิงนี้กำหนดให้มีขนาด = 2.50V โดยใช้เป็นค่าแรงดันอ้างอิง ของไอซี DAC และไอซี ADC ซึ่งการปรับแต่งค่าแรงดันอ้างอิงนี้ทำได้โดยการใช้โวล์ทมิเตอร์วัดเทียบระหว่าง GND และจุดกำเนิดแรงดันอ้างอิง 2.50V (ขา 8 ของ DAC0832 หรือ ขา 1 ของ JP5) แล้วทำการปรับ VR1 จนได้แรงดัน 2.50 VDC พอดี

** หมายเหตุ ** ถ้าค่าแรงดันอ้างอิงนี้ไม่เที่ยงตรงจะมีผลต่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับไอซี DAC และไอซี ADC อาจทำให้ผลการวัดต่างๆได้ค่าที่ผิดพลาดตามไปด้วย

การปรับแต่งขนาดของสัญญาณ Analog

สัญญาณ Analog ที่ได้จาก IC D to A มีวงจร OP-AMP. เพื่อทำการขยายให้มีขนาดยสัญญาณสูงขึ้นเพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานด้านต่างๆได้ดีขึ้น ซึ่งขนาดของสัญญาณนี้สามารถกำหนดและปรับแต่งได้ตั้งแต่ 0V = 10.6V โดยประมาณ การปรับแต่งขนาดของสัญญาณ Analog ของ D to A ทำได้โดย

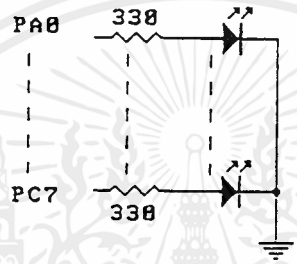
1. กำหนดค่าของสัญญาณสูงสุดที่ต้องการใช้
2. ส่งค่า DATA = FFH ให้ Port Control ของ DAC (XX8 OR XX9)
3. ปรับ VR2 ให้ได้ขนาดของสัญญาณตามต้องการ

** หมายเหตุ ** การปรับขนาดของสัญญาณ Analog ต้องทำหลังจากปรับแต่ง แรงดันอ้างอิง Vref 2.50VDC เรียบร้อยแล้วจึงจะได้ผลที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

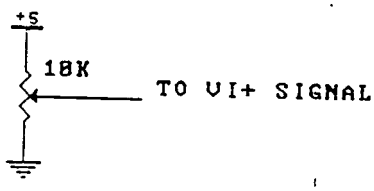
ตัวอย่างโปรแกรม

โปรแกรมที่ 1 เป็นตัวอย่างโปรแกรมทดสอบการทำงานของไอซี 8255โดยกำหนดให้ไอซี 8255 ทำงานในโหมด 0 และกำหนดให้ทุกพอร์ต (PA,PB และPC) เป็นเอ้าท์พุททั้งหมดทุกบิท การขับเอ้าท์พุทของไอซี 8255 ในโปรแกรมนี้ให้แสดงผลโดยหลอดแสดงผล LED ในรูปลักษณะของไฟวิ่งการทดสอบโปรแกรมผู้ใช้ต้องต่อหลอดแสดงผล LEDและตัวต้านทานตามวงจร



การทำงานของโปรแกรม เริ่มจากการควบคุมให้หลอดแสดงผล LED ติด-ดับ ในลักษณะของไฟวิ่งแบบต่างๆ โดยทำทีละพอร์ต คือ เริ่มจากพอร์ต PA ก่อนเมื่อเสร็จแล้วจึงเปลี่ยนไปพอร์ต PB และพอร์ต PC ตามลำดับ

โปรแกรมที่ 2 เป็นโปรแกรมทดสอบการทำงานของไอซี ADC ซึ่งกำหนดให้ไอซี ADC ทำงานเป็น DC โวลท์มิเตอร์ โดยใช้จอภาพของเครื่อง PC เป็นตัวแสดงผลค่าตัวเลขที่วัดได้จากไอซี ADC การทดสอบโปรแกรมผู้ใช้ต้องต่อแรงดันไฟตรงขนาด 5 โวลท์และตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ตามวงจร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรม เริ่มจากการอ่านค่าของแรงดันไฟตรงที่ไอซี ADC รับเข้ามาและเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางดิจิตอลแล้ว และนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณและแสดงผลค่าที่รับเข้ามาทางจอภาพของเครื่อง PC การทดสอบให้ปรับค่าของตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ผู้ใช้ต่อไว้ตามวงจรทดลองซึ่งจอภาพของเครื่อง PC จะแสดงค่าแรงดันตามการปรับของผู้ใช้

แนวทางการพัฒนาโปรแกรม จากตัวอย่างโปรแกรมนี้ผู้ใช้สามารถนำโครงสร้างโปรแกรมไปดัดแปลงและพัฒนา เพื่อใช้งานในด้านอื่นๆได้อีกมากมาย เช่น การวัดค่าอุณหภูมิ การวัดค่ากระแส การวัดค่าความจุ การวัดค่าความต้านทาน โดยดัดแปลงรูปแบบการแสดงผล และสูตรในการคำนวณต่างๆให้เหมาะสมกับแต่ละงาน

หมายเหตุ ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆเพื่อประกอบการทดลองดังนี้

1. กำหนด VI- เป็น 0V (JP4 SHORT ที่ตำแหน่ง 1-2)
2. กำหนด Vref/2 เป็น 2.50V (JP5 SHORT ที่ตำแหน่ง 1-2)

โปรแกรมที่ 3 เป็นโปรแกรมทดสอบการทำงานของไอซี DAC โดยกำหนดให้ไอซี DAC ทำหน้าที่เป็นเครื่องจ่ายแรงดันโดยให้ผู้ใช้เติมค่าแรงดันที่ต้องการเป็นตัวเลขให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0-5V ซึ่งหากผู้ใช้เติมค่าแรงดันไม่ตรงตามกำหนดหรือค่าที่ไม่ตรงกับความเป็นจริงแล้วโปรแกรมจะจัดการปรับให้ใกล้เคียงมากที่สุด ซึ่งการทดสอบโปรแกรมทำได้โดยใช้ DC โวลท์มิเตอร์ตั้งย่านการวัดไว้ที่ประมาณ 10VDC วัดระหว่างสัญญาณ ANALOG (ขา 14 ของ CN2)เทียบกับกราวด์ ซึ่งก่อนการทดสอบต้องปรับค่า Vmax (สัญญาณ ANALOG)ให้ได้ 5V เสียก่อน (ดูรายละเอียดเรื่องการปรับแต่ง ET-DIO CARD)

การทำงานของโปรแกรม เริ่มจากการรับค่าตัวเลขที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาและตรวจสอบค่าว่าตรงตามเงื่อนไขหรือไม่พร้อมทั้งปรับค่าให้อยู่ในเงื่อนไข แล้วจึงทำการคำนวณค่าเพื่อส่งให้กับไอซี DAC ซึ่งไอซี DAC จะรับค่าที่ได้นี้และเปลี่ยนเป็นแรงดันส่งออกไปภายนอก

แนวทางการพัฒนาโปรแกรม จากตัวอย่างโปรแกรมนี้ผู้ใช้สามารถนำโครงสร้างโปรแกรมไปดัดแปลงและพัฒนา เพื่อใช้งานในด้านอื่นๆได้อีกมากมาย เช่น การควบคุมอุณหภูมิ การควบคุมกระแส หรืออื่นๆ โดยดัดแปลงรูปแบบการแสดงผล และสูตรในการคำนวณต่างๆให้เหมาะสมกับแต่ละงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Program TestDAC;
{ โปรแกรมทดสอบการทำงานของ Ic DAC  โดยให้ Ic DAC ทำงาน.ป็น
  เครื่องจ่ายแรงดัน และกำหนดให้ ET-DIO CARD ทำงานที่ Port 300H }
Uses crt;
Var     WantOut,StepOut,OutValue    : real;
        OutPort,StepReal            : integer;
        Quit                        : boolean;
        Ch                          : char;
Const
         Step      = 5/256;

Begin
  Repeat
    Clrscr;
    Quit := False;
    writeln('                    โปรแกรมตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน ET-DIO CARD');
    writeln;
    writeln('              ตัวอย่างการนำ ET-DIO CARD ใช้งานเป็นเครื่องจ่ายแรงดัน');
    writeln;
      write('กรุณาใส่ค่าแรงดันที่ต้องการส่งออกเป็นตัวเลข (0..5) : ');
      Read(WantOut);
      If WantOut < 0 then
        Begin
          WantOut := 0;
          writeln('ค่าแรงดันต่ำกว่าพิกัดที่เครื่องจะสามารถทำได้');
          writeln('เครื่องจะทำการเปลี่ยนเป็นค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้');
        End;
      If WantOut>5 Then
        Begin
          WantOut := 5;
          writeln('ค่าแรงดันสูงกว่าพิกัดที่เครื่องจะสามารถทำได้');
          writeln('เครื่องจะทำการเปลี่ยนเป็นค่าสูงสุดที่เป็นไปได้');
        End;
    writeln;
    StepOut  := WantOut/Step; { คำนวณค่า Step ที่ต้องใช้ }
    StepReal := Round(StepOut); { คำนวณค่า Step จริงที่เป็นไปได้ }
    OutPort  := StepReal-1;
    OutValue := StepReal * Step; { คำนวณค่าแรงดันที่ส่งออกจริง }
    writeln('ค่าแรงดันที่ต้องการส่งออก          =  ',WantOut:5:2,' โวลท์');
    writeln('ความละเอียด ต่อ Step              =  ',Step:5:2,' โวลท์');
    writeln('ค่าแรงดันที่ได้จริง               =  ',OutValue:5:2,' โวลท์');
    Port[$308] := OutPort; { ส่งค่าข้อมูลที่จะออกให้ Port Control DAC }
    writeln;
    writeln('กรุณากดคีย์ใดๆเพื่อทำงานต่อ หรือกดคีย์ "Esc" เพื่อยกเลิกการทำงาน');
    Ch := Readkey;
    If Ch = #27 then Quit := True
    else Quit := False;
  until Quit;
  end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rogram  TestADC;
 โปรแกรมทดสอบการทำงานของ Ic ADC โดยให้ Ic ADC ทำงานเป็น
 DC Volt Meter และกำหนดค่า ET-DIO CARD ทำงานที่ Port 300H }

ses crt;

ar
    AdjustIn :  integer;
    InValue  :  real;


egin
  Clrscr;
  Repeat
   AdjustIn := port[$30A];              { อ่านค่าการวัดจาก Ic ADC }
   InValue  := AdjustIn * (5/255);      { คำนวณผลการวัดเพื่อแสดงผลหน้าจอ }
   gotoxy(20,2);write(' โปรแกรมตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน ET-DIO CARD ');
   gotoxy(17,4);write(' ตัวอย่างการนำ ET-DIO CARD ทำงานเป็น DC Volt Meter
   gotoxy(5,10);write(' กรุณาปรับ Volume เพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน');
   gotoxy(5,15);write(' ผลการวัดค่าแรงดันที่ป้อนเข้ามามีค่าเป็น : ');
   textattr := 15;
   highvideo;
   gotoxy(48,15);write('[',InValue:4:1,' VDC ]');
   textattr := 11;
   normvideo;
   gotoxy(28,19);writeln(' กรุณา กดคีย์ใดๆ เพื่อยกเลิกการทดสอบ');
   delay(200);
  until keypressed;
nd.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rogram  TestOut8255;
{ ทดสอบการทำงานของ  Ic 8255  โดยให้ Ic 8255   รับหลอดแสดงผล LED
  เป็นโปรแกรมไฟวิ่ง ทั้ง 3 Port โดยให้ ET-DIO CARD ทำงานที่ Port 300H }

ses  Crt;

ar      StepPort  : integer;
        StepOut   : integer;

ype     DataOut    = Array [1..24] of integer;
        PortNo     = Array [1..3] of integer;

onst    OutValue : DataOut = ($01,$02,$04,$08,$10,$20,$40,$80,
                              $C0,$E0,$F0,$F8,$FC,$FE,$FF,$7E,
                              $3C,$18,$00,$18,$3C,$7E,$FF,$00);

                          { กำหนดการ ติด-ดับ ของ LED ทั้ง 8 Bits }

        OutPort  : PortNo  = ($300,$301,$302);


egin
  Port[$303] := $80;  { กำหนด Control Word Code ให้ Control Port
                        ของ 8255 โดยกำหนดให้เป็น OUTPUT ทั้ง 3 Port }

  For StepPort := 1 to 3 do
    Begin
         For StepOut := 1 to 24 do
         Begin
           Port[OutPort[StepPort]] := OutValue[StepOut];
           Delay(100);
         End;
    End;
nd.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำในการประกอบ

1. ตรวจสอบความเรียบร้อยของแผ่นวงจร
2. ใส่อุปกรณ์ตามลำดับ คือ ตัวต้านทาน,ตัวเก็บประจุ,SOCKET ไอซี
3. ตัวเก็บประจุต้องใส่ให้ถูกตามขั้วด้วย
4. การบัดกรีให้ทำเฉพาะด้านล่างเนียงด้านเดียว ด้านบนไม่ต้องบัดกรี
5. เมื่อเรียบร้อยแล้วให้ใส่ไอซีลงใน SOCKET ระวังอย่าให้ผิดตำแหน่งหรือกลับหัว
6. ประกอบแผ่นเหล็กยึดแผ่นวงจรให้เรียบร้อยถูกต้อง

รายการอุปกรณ์ ET-DIO CARD

- IC 8255	1 ตัว	- SOCKET IC 40 PIN	1 ตัว
- IC 8253	1 ตัว	- SOCKET IC 24 PIN	1 ตัว
- IC ADC0804(ADC1001)	1 ตัว	- SOCKET IC 20 PIN	5 ตัว
- IC DAC0832(DAC1232)	1 ตัว	- SOCKET IC 16 PIN	1 ตัว
- IC 74LS688	1 ตัว	- SOCKET IC 14 PIN	2 ตัว
- IC 74LS245	2 ตัว	- SOCKET IC 8 PIN	1 ตัว
- IC 74LS139	1 ตัว	- HEADER 34 PIN (2 แถว)	1 ตัว
- IC 74LS32	1 ตัว	- HEADER 20 PIN (2 แถว)	1 ตัว
- IC 74LS04	1 ตัว	- HEADER 16 PIN (2 แถว)	1 ตัว
- IC LM358N	1 ตัว	- HEADER 12 PIN (2 แถว)	1 ตัว
- IC LM336	1 ตัว	- HEADER 8 PIN (2 แถว)	1 ตัว
- CAPACITOR 10uF/16V	1 ตัว	- HEADER 3 PIN (1 แถว)	3 ตัว
- CAPACITOR 0.1uF/50V	10 ตัว	- HEADER 18 PIN (3 แถว)	1 ตัว
- CAPACITOR 100pF/50V	1 ตัว	- JUMPER	21 ตัว
- RESISTOR 15K	1 ตัว	- VARIABLE RES. 10K	2 ตัว
- RESISTOR 2K	2 ตัว	- SIP RES. 10K 9PIN	5 ตัว
- RESISTOR 4K7	1 ตัว	- DIP SWITCH 8 จุด	1 ตัว
- [illegible]	1 แผ่น	- แผ่นเหล็กยึดแผ่นวงจร	1 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIFICATIONS

DESCRIPTION	MIN	MAX	UNITS
INPUT LOGIC LOW	- 0.5	0.8	VOLT
INPUT LOGIC HIGH	2.0	5.5	VOLT
OUTPUT LOGIC LOW	-	0.45	VOLT
OUTPUT LOGIC HIGH	2.4	5.0	VOLT
FREQUENCY INPUT	-	2.6	MHz
ANALOG INPUT (VI+)	0	5	VOLT
ANALOG OUTPUT	0.1	10.67	VOLT
VREF/2 (DAC)	-	2.50	VOLT
VREF/2 (ADC)	0.1	2.50	VOLT
VI-	0.0	5.0	VOLT

VCC : + 5V
: + 12V
: - 12V
: GND

SIZE : HALF SLOT (9 X 17 CM)
: WORKING AREA (9 X 5 CM)
: TOTAL AREA (9 X 22 CM)

DIGITAL I/O : 3 PORT (24 BITS I/O 8255)

TIMER/COUNTER : 3 CHANNAL (8253)

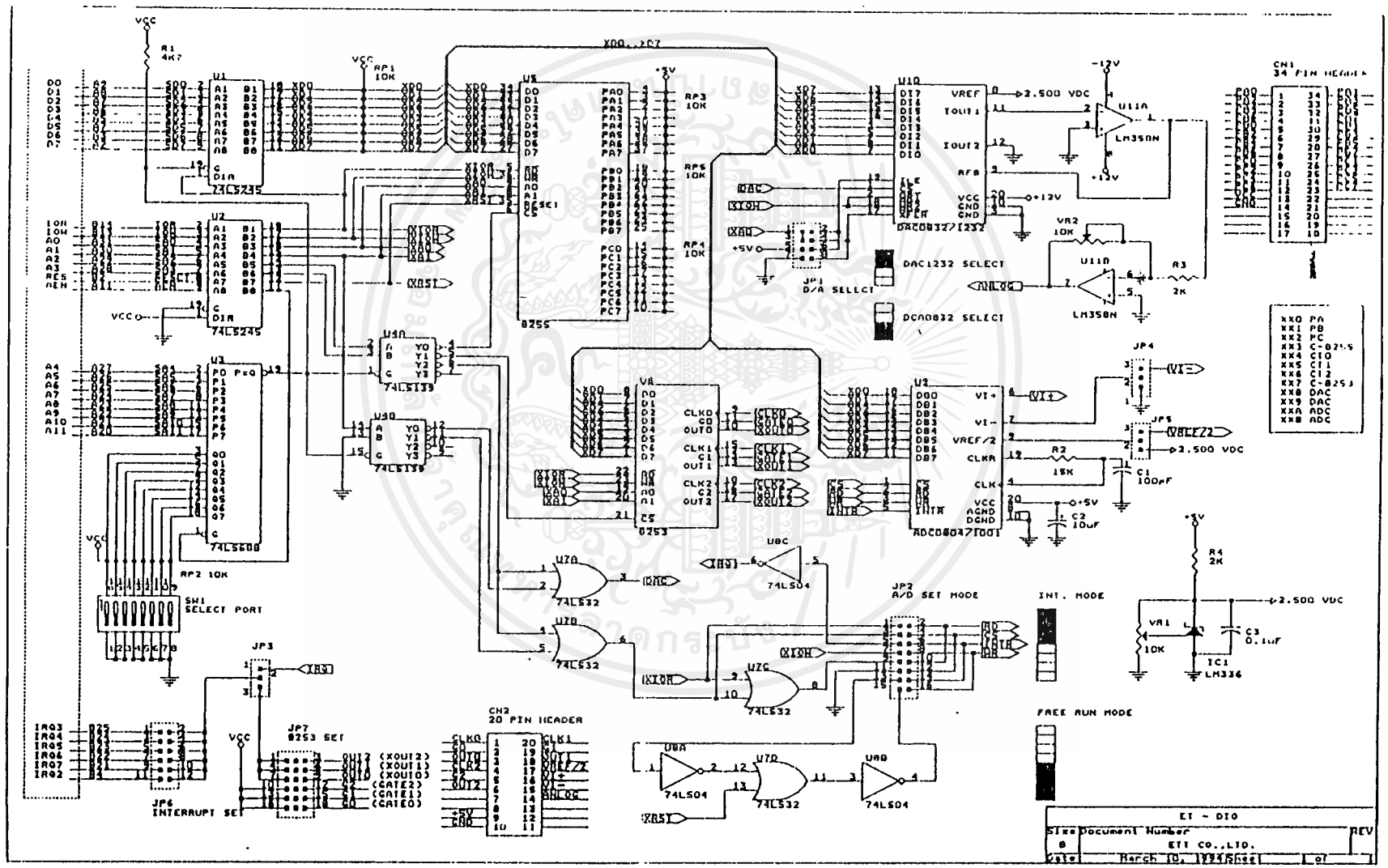
ANALOG INPUT : 1 CHANNAL (ADC 8 BITS OR 10 BITS OPTION)

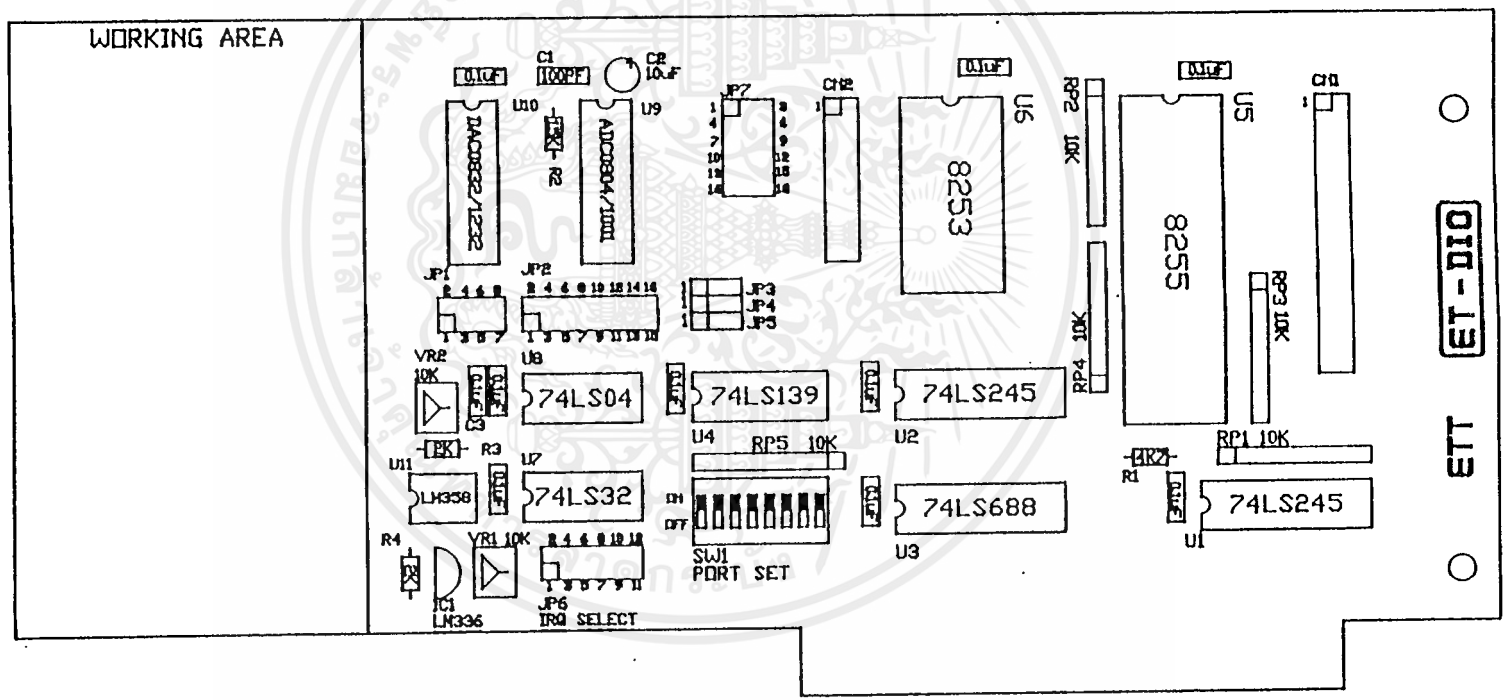
ANALOG OUTPUT : 1 CHANNAL (DAC 8 BITS OR 12 BITS OPTION)

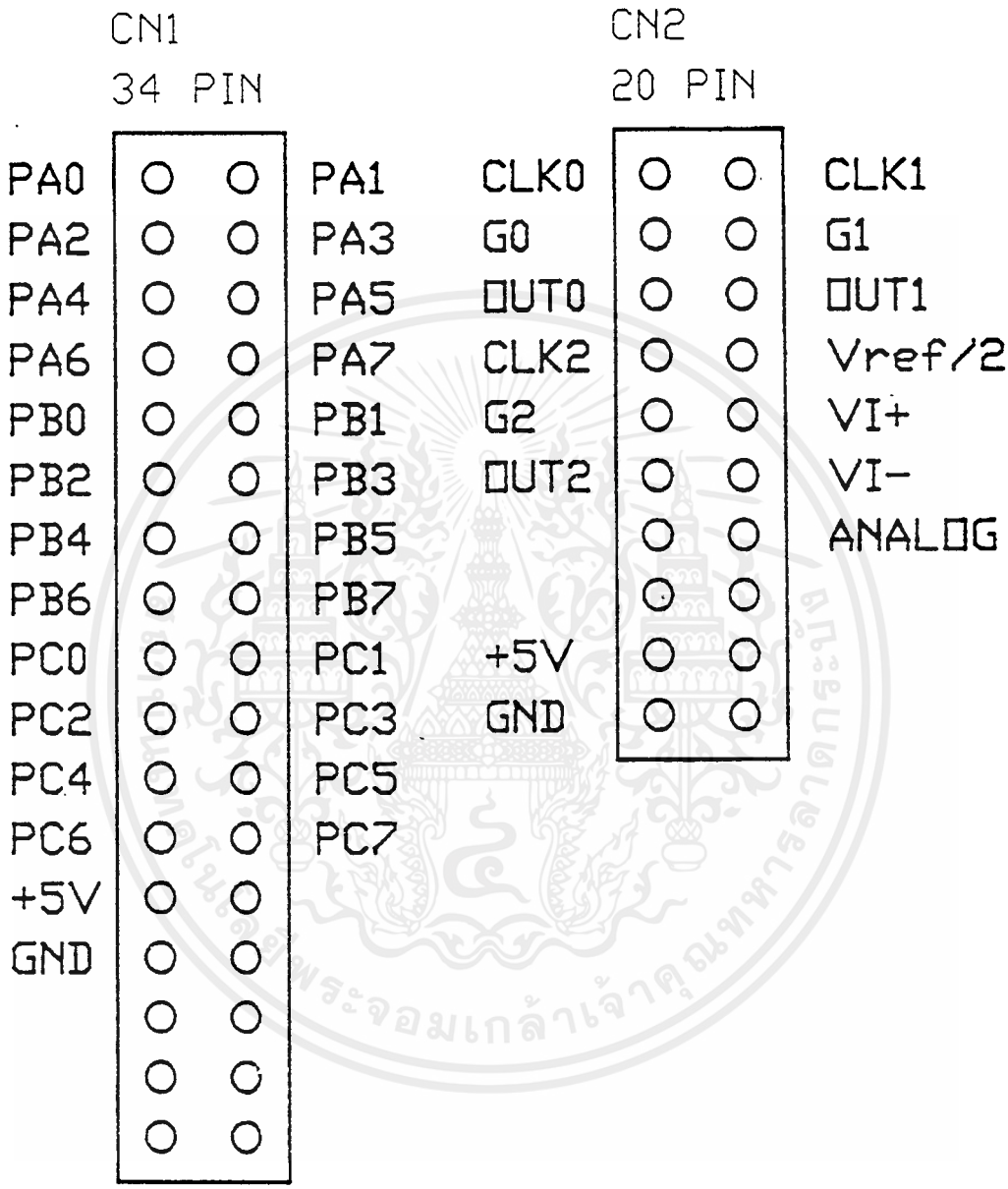
CONNECTOR : 34 PIN X 1 (HEADER 17 PIN X 2 ROW)
20 PIN X 1 (HEADER 10 PIN X 2 ROW)

DECODE PORT : 8 POSITION DIP SWITCH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


VCC
R1
4K7
RP1
10K
XD0..XD7
U1
74LS245
U2
74LS245
U3
74LS688
RP2 10K
SW1
SELECT PORT
U5
8255
RP3
10K
RP5
10K
RP4
10K
U10
DAC0832/I232
DAC1232 SELECT
DAC0832 SELECT
JP1
D/A SELECT
+5V
-12V
+12V
U11A
LM358N
U11B
LM358N
VR2
10K
R3
2K
2.500 VDC
U4A
74LS139
U4B
74LS139
U6
8253
U2
ADC0804/TO01
JP4
JP5
R2
15K
C1
100pF
C2
10uF
U8C
74LS04
U7A
74LS32
U7B
74LS32
U7C
74LS32
U8A
74LS04
U7D
74LS32
U8B
74LS04
JP2
A/D SET MODE
INT. MODE
FREE RUN MODE
R4
2K
VR1
10K
C3
0.1uF
IC1
LM336
JP3
JP6
INTERRUPT SET
JP7
8253 SET
CN2
20 PIN HEADER
CN1
34 PIN HEADER
ET - DIO
ETT CO.,LTD.
March 10, 1994


WORKING AREA
ETT
ET-DIO
8253
8255
74LS04
74LS139
74LS245
74LS32
74LS688
74LS245
LM336
SW1
PORT SET
JP6
IRQ SELECT
RP5 10K
RP1 10K
RP2 10K
RP3 10K
RP4 10K
VR1 10K
VR2 10K



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้