



ปีการศึกษา 2532

ปริทัศน์พิเศษ

เรื่อง

เครื่องยิงลูกเทนนิส (Tennis ball machine)

โดย

นาย สราวุธ ชัยพฤกษ์ 29 1240

นางสาว อัจฉรา อินทรนทวิไล 29 1293

นาย เอกภววิษ ลขอนันต์ 29 1309

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล

ปริญญาโทปีการศึกษา 2532

เรื่อง เครื่องยิงลูกเทนนิส (TENNIS BALL MACHINE)

ผู้จัดทำ

- | | |
|-----------------------------|---------|
| 1 นายฉราวุธ ชัยพฤษ์ | 29 1240 |
| 2 นางสาว อัจฉรา อินทรนทวิไล | 29 1293 |
| 3 นาย เอกภววิฑ ลุขอนันต์ | 29 1309 |



(อาจารย์ พลผดุง ตุงกมล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เครื่องยิงลูกเทนนิส

(TENNIS BALL MACHINE)

นาย สรวุช ชัยพุกษ์ รหัส 291240

นางสาว อัจฉรา อินทรนนท์ รหัส 291293

นาย เอกภาวิน สุขอนันต์ รหัส 291309

อาจารย์ที่ปรึกษา :

อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ปฏิยานิพนธ์นี้ เป็นการสร้างเครื่องยิงลูกเทนนิส (TENNIS BALL MACHINE) โดยตัวส่งกำลังที่จะเป็นตัวส่งลูกเทนนิสออกไป จากเดิม ใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR) หรือ ใช้แรงอัดของอากาศ ได้เปลี่ยนมาใช้แรงแม่เหล็กไฟฟ้าจากขดลวดโซลินอยด์ (SOLENOID) แทน ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยิงลูกเทนนิสมีดังต่อไปนี้

ส่วนส่งกำลัง จะประกอบด้วยขดลวดโซลินอยด์ (SOLENOID) มีแท่งเหล็กอยู่ภายใน เมื่อป้อนพัลส์ (PULSE) ให้กับโซลินอยด์ จะทำให้แท่งเหล็กเคลื่อนตัวไป กระแทกลูกเทนนิส และเพื่อให้แท่งเหล็กมีความเร็วและกำลังสูงสุดจะตัดสัญญาณเมื่อแท่งเหล็กผ่านจุดศูนย์กลางของโซลินอยด์พอดี และการควบคุมจังหวะการยิงจะสัมพันธ์กับตำแหน่งการหยุดของส่วนฐาน

ส่วนฐาน เป็นส่วนควบคุมทิศทาง การหมุนและการหยุดของปากกระบอกประแสด้วยมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR) มีตัวเซ็นเซอร์ (SENSOR) เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์ (PULSE) ป้อนให้แก่วงจรนับ (COUNTER) เพื่อจะได้กำหนดตำแหน่งของมอเตอร์ได้ถูกต้อง และมีรีเลย์ (RELAY) เป็นตัวกลับทิศทางและตัดโวลเตจที่ป้อนให้แก่มอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์หมุนและหยุดในทิศทางและตำแหน่งที่ต้องการ ตามลำดับ

สุดท้าย คือ ส่วนป้อนลูกเทนนิส จะใช้วิธีให้ลูกเทนนิสไหลตามท่อลงมาสู่กระบอกยิงเองตามแรงโน้มถ่วงของโลก และแรงสั่นสะเทือนของตัวเครื่องเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TENNIS BALL MACHINE

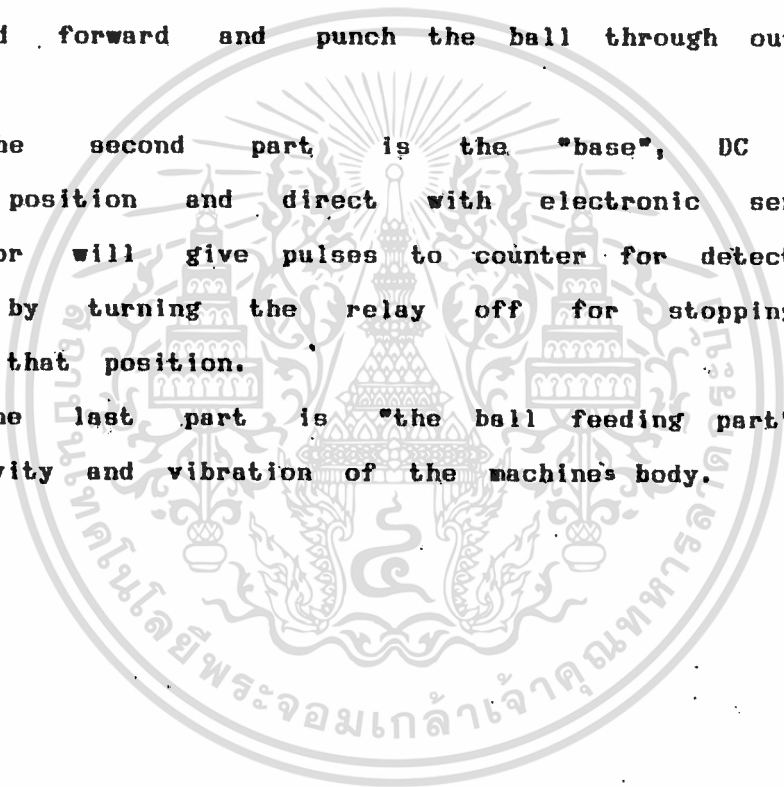
abstract

This thesis is about the invention of Tennis Ball Machine, by using power from solenoid instead of DC motor or air pump. The Tennis Ball Machine is divided into three parts.

The first part is the "solenoid", a coil with a steel rod along its axis. When enter current to the coil in a short time (pulse), it will move the steel rod forward and punch the ball through out the tube.

The second part is the "base", DC motor control position and direct with electronic sensor. The sensor will give pulses to counter for detect the position by turning the relay off for stopping the motor at that position.

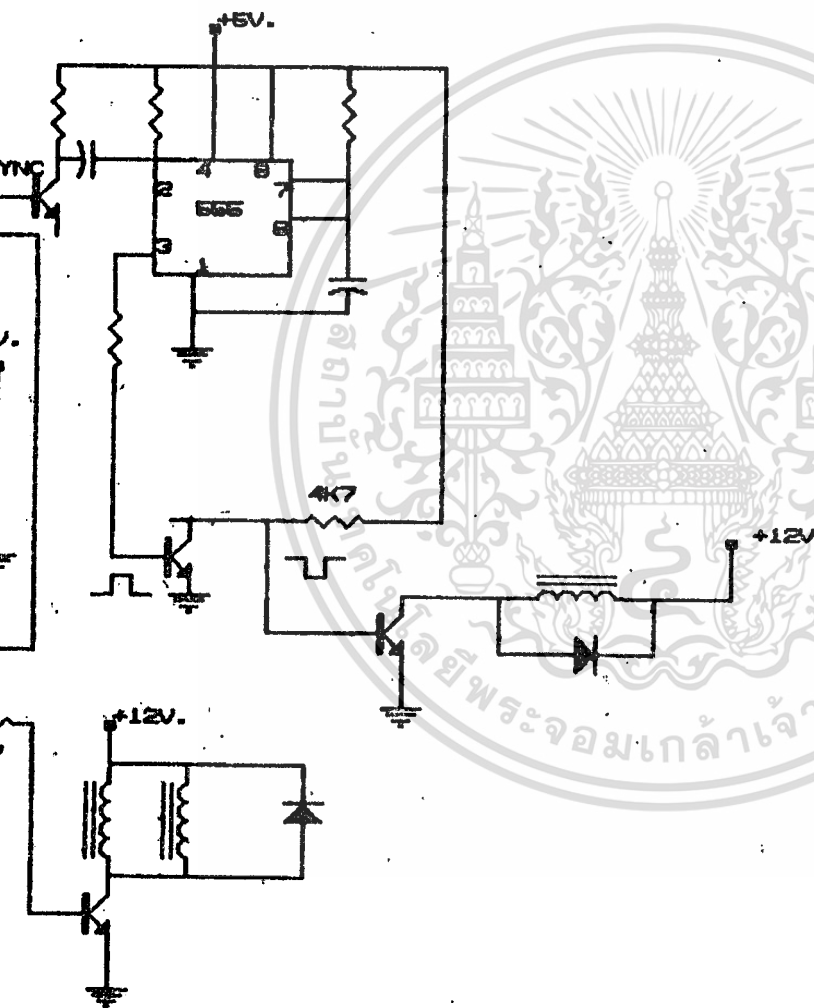
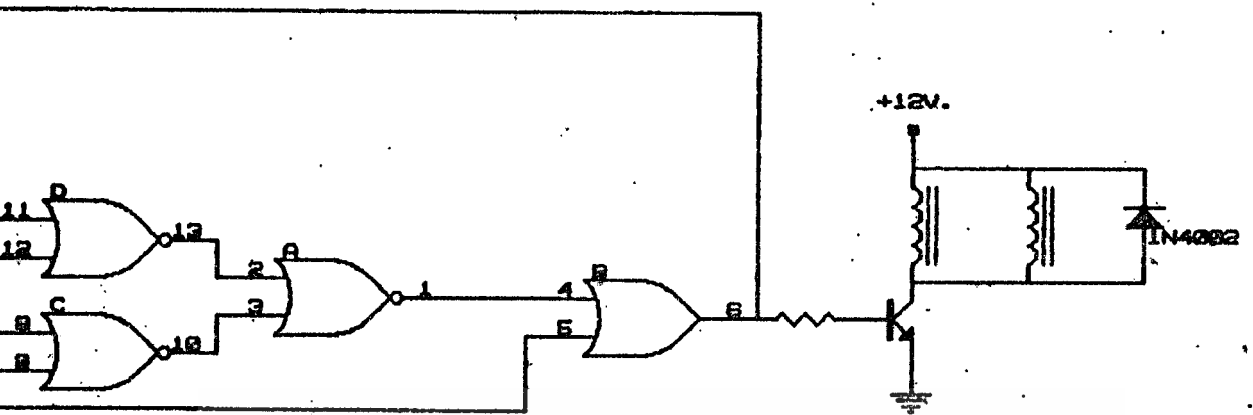
The last part is "the ball feeding part", by using gravity and vibration of the machine's body.



สารบัญ

บทที่ ๑	บทนำ	๑
บทที่ ๒	หลักการเบื้องต้นของระบบ	๒
	ส่วนของผู้ส่งกำลัง	๒
	ส่วนควบคุมผู้ส่งกำลัง	๑๔
	ส่วนฐาน	๒๒
	ผลการทดลองผู้ส่งกำลัง	๒๘
	ปัญหาและแนวทางแก้ไขของโครงการ	๒๘
	ภาคผนวก	





*** SYNC-DRIVER'S TRIGGER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

ประโยชน์ของเครื่องยิงลูกเทนนิส (TENNIS BALL MACHINE) ที่คือใช้ในการป้อนลูกเทนนิสให้แก่ผู้เริ่มฝึก หรือผู้ที่ต้องการจะฝึกทักษะเพื่อให้เกิดความชำนาญยิ่งขึ้น ความสามารถของเครื่องแต่ละแบบที่จะส่งลูกได้รุนแรงและพลิกแพลงเพียงใต้นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของตัวส่งกำลัง และราคาของเครื่อง

เครื่องโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังต่อไปนี้คือ

1.1 ส่วนฐาน เป็นส่วนที่จะรับน้ำหนัก และให้ความมั่นคงแก่ตัวเครื่อง ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ได้รับความกระทบกระเทือนมากที่สุด ซึ่งเกิดจากการยิงลูกออกไปอย่างแรงของตัวส่งกำลัง เครื่องบางประเภทจะมีฐานที่หมุนได้เพื่อปรับทิศทางที่ลูกเทนนิสจะพุ่งออกไป บางประเภทก็เป็นแบบหลาย ๆ กระบอกยิงจึงไม่ต้องทำฐานให้หมุนได้ สำหรับเครื่องที่สร้างขึ้นมานี้ เป็นแบบที่มีฐานหมุนได้ คุณสมบัติของส่วนฐานนี้จะต้องมีความมั่นคงและแข็งแรง

1.2 ส่วนของตัวส่งกำลัง เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการส่งลูกเทนนิสให้พุ่งออกไปตามจังหวะเวลาที่ส่วนควบคุมส่งสัญญาณมาให้ ดังนั้นความแรงของลูกเทนนิสจึงขึ้นอยู่กับส่วนนี้เป็นสำคัญ ส่วนของตัวส่งกำลังในเครื่องแต่ละแบบจะแตกต่างกันไป บางเครื่องอาจใช้แรงอัดของลม บางเครื่องก็ใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR) สำหรับเครื่องนี้จะพัฒนาขึ้นมาใหม่โดยใช้คัลวาคโซลินอยด์ (SOLENOID) ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไปในภายหลัง

1.3 ส่วนควบคุมฟังก์ชันพิเศษ เป็นส่วนที่ทำงานในรูปแบบพิเศษต่าง ๆ เช่น ลูกท็อปสปิน (TOP SPIN) หรือ อันเดอร์สปิน (UNDER SPIN) ซึ่งเครื่องยิงลูกเทนนิสบางเครื่องเท่านั้นที่จะมีฟังก์ชันพิเศษนี้และมักจะจะเป็นเครื่องที่มีราคาแพง

บทที่ 2 หลักการเบื้องต้นของระบบ

เครื่องยิงลูกเทนนิส (TENNIS BALL MACHINE) ที่จัดสร้างขึ้นมานี้ ได้ทำการทดลองและพัฒนาระบบส่งกำลังโดยใช้โซลินอยด์ ตั้งนั้นในส่วนควบคุมฟังก์ชันพิเศษ จึงไม่ได้ทำการทดลองสร้างขึ้น จะสนใจและเน้นหนักในส่วนของตัวส่งกำลัง และส่วนฐานเท่านั้น ซึ่งจะแยกอธิบายส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ส่วนของตัวส่งกำลัง

2.2 ส่วนควบคุมตัวส่งกำลัง

2.3 ส่วนฐาน

2.1 ส่วนของตัวส่งกำลัง

ตัวส่งกำลังนี้ จะใช้แรงที่เกิดจากแม่เหล็กไฟฟ้า อันเกิดจากการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด ซึ่งจะก่อให้เกิดแรงแม่เหล็กขึ้นมาได้

ในตอนแรกนี้จะอธิบายถึงเรื่องของแรงแม่เหล็กในอากาศ (FREE SPACE) และสนามแม่เหล็กในอากาศ แต่ในที่นี้จะอ้างอยู่ในรูปทฤษฎีสำเร็จพร้อมคำอธิบายง่าย ๆ โดยไม่กล่าวถึงสมการเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กของแมกซ์เวลล์ (MAXWELL'S EQUATION) และกฎของคูลอมบ์ (COULOMB'S LAW)

ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กหรือความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (MAGNETIC FLUX DENSITY, OR MAGNETIC INDUCTION) ในที่นี้แทนด้วย " B " ตามหน่วย SI แล้ว B มีหน่วยเป็นเทสลา (Tesla : 1 Tesla (T) = 1 Weber/Metre²) แต่เนื่องจาก Tesla เป็นหน่วยที่ใหญ่มาก จึงมักจะใช้หน่วยของ B เป็นหน่วย Gauss แทน ซึ่ง

$$1 \text{ Tesla} = 10^4 \text{ Gauss}$$

ซึ่งความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กนี้ในธรรมชาติ ได้แก่ แรงแม่เหล็กของโลก จะมีค่าประมาณ 0.5 Gauss. แม่เหล็กถาวรขนาดเล็กมีค่า B เท่ากับ 1000. ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gauss ในแม่เหล็กไฟฟ้าขนาดใหญ่มีค่า B เท่ากับ 20,000 Gauss หรือ 2 Tesla และในเครื่องเร่งอนุภาคขนาดใหญ่จะมีค่า B สูงถึง 60,000 Gauss หรือ 6 Tesla

และยังมีพารามิเตอร์ที่สำคัญเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าอีก อันได้แก่ H หรือ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (MAGNETIC FIELD STRENGTH) โดยที่ $B = \mu H$ ซึ่งในบางทีเราอาจจะใช้ค่า B นิยามค่า H ได้ โดยที่ค่า H มีหน่วยเป็น Ampere-Turn/m และอีกตัวที่สัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก ได้แก่ ϕ หรือ ค่าเส้นแรงแม่เหล็ก (MAGNETIC FLUX) โดยที่ค่า ϕ จะเท่ากับค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก คูณกับพื้นที่หน้าตัด A อันเป็นพื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งจะได้

$$\phi = BA \quad \text{มีหน่วยเป็น Weber}$$

ซึ่งตัวที่มีประโยชน์ต่องานชิ้นนี้มากที่สุดก็คือค่าความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก (B) นั่นเอง

มีสิ่งที่มีกจะสัมพันธ์กันเกี่ยวกับการเกิดสนามแม่เหล็ก และแรงกระทำของมันกับเสมอ จึงขอกล่าวถึง 2 กรณีของการเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นมา โดยจะกล่าวอธิบายต่าง ๆ ได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ถ้าผ่านกระแสเข้ามาในตัวนำที่อยู่ภายใต้เส้นแรงแม่เหล็ก B จะก่อให้เกิดแรงหนึ่งซึ่งอยู่ในรูป

$$d\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B} \, dl \dots\dots\dots (1)$$

ซึ่งแรงรวมทั้งหมด จะได้จากการอินทิเกรตสมการที่ (1)

$$F = \oint Idl \times B \dots\dots\dots (2)$$

จากสมการที่ (1) สามารถหาขนาดของ F ได้จากมุมระหว่าง I และ

B ที่ทำกัน โดยที่ทิศทางของแรง F จะกระทำตั้งฉากกับระนาบของ B และ I โดยจะ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้จากสมการ

$$dF = IB dl \sin \theta \dots\dots\dots (1)$$

กรณีที่ 2 ตัวนำกระแส Idl จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น - โดยที่
เส้นแรงแม่เหล็ก B ที่จุดห่างจากตัวนำนั้นเป็นระยะ R จะเป็นตามสมการ (โดยเส้น
แรงแจ้งเป็นวงรอบ ๆ ตัวนำ)

$$dB = [(\mu_0 I \times R) / (4\pi R^2)] dl \dots\dots\dots (4)$$

หรือมีขนาดเท่ากับ

$$dB = (\mu_0 Idl \sin\theta) / (4\pi R^2) \dots\dots\dots (5)$$

ซึ่งในกรณีที่ 2 นี้เป็นการอธิบายที่สำคัญของการเกิดขึ้นของเส้นแรงแม่เหล็ก
จากโซลินอยด์ (SOLENOID) อันเป็นส่วนที่เราใช้เป็นตัวส่งกำลัง โดยจะนำไปอธิบาย
ต่อไปในส่วนของโซลินอยด์ (SOLENOID)

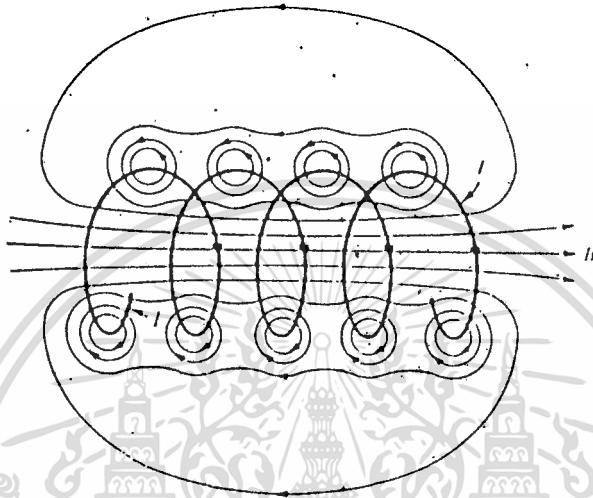
โซลินอยด์ (SOLENOID)

โซลินอยด์เป็นอุปกรณ์ประเภทแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามา
เป็นพลังงานกลโดยตรง โดยที่อุปกรณ์ประเภทนี้ถูกประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1820
โดย แอนดรู เมรี แอมแปร์ โดยมีการนำขดลวดมาขดเป็นวง ๆ หลาย ๆ วง เมื่อโอน
กระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด ขดลวดนั้นก็กลายเป็นแม่เหล็กชนิดหนึ่งที่สามารถต่อ
สารแม่เหล็กได้ทันที ซึ่งการเกิดสนามแม่เหล็กจะเป็นไปตามการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กใน
กรณีที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านกระแสเข้าไปในตัวนำหรือขดลวด จะทำให้เกิดเส้น
แรงแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ขดลวด แต่เราใช้ขดลวดนั้นกันเป็นขดตืด ๆ กันแบบโซลินอยด์
ก็จะทำให้เกิดการเสริมกันของเส้นแรงแม่เหล็ก ไปในแนวขนานกับช่องตรงกลางตาม
แนวอนของโซลินอยด์ (ดังรูปที่ 2.1.1) และส่วนที่เป็นสนามย่อยบนขดลวดแต่ละขด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่อผู้ญาติเห็นนำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามแนวตั้งจะหักล้างกันหมด สลัทท้ายก็จะได้สนามวางตัวไปในแนวนอน และเป็นไปตามกฎมือขวา



การคำนวณค่าต่าง ๆ อันเกิดจากโซลินอยด์

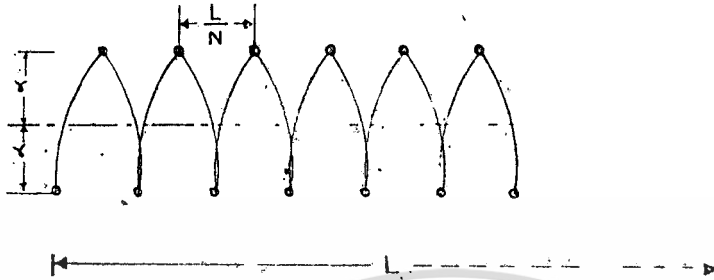
การหาค่า B

พิจารณาตามคอยล์ (COIL) ในรูปที่ 2.1.1 จะเห็นได้ว่า ถ้าให้คอยล์ประกอบด้วยลวดยาว ๆ จำนวน N รอบ โดยมีกระแส I อยู่ในเส้นลวด ในขณะที่คอยล์มีขนาดความยาว l รัศมี R ตามรูปที่ 2.1.1 และเมื่อเทียบระยะห่างของขดลวดแต่ละรอบที่อยู่ติดกัน จะถือว่าน้อยมากหรือเล็กมากเมื่อเทียบกับรัศมี R ของคอยล์ และพื้นที่หน้าตัดของคอยล์ ดังแสดงในรูปที่ 2.1.2

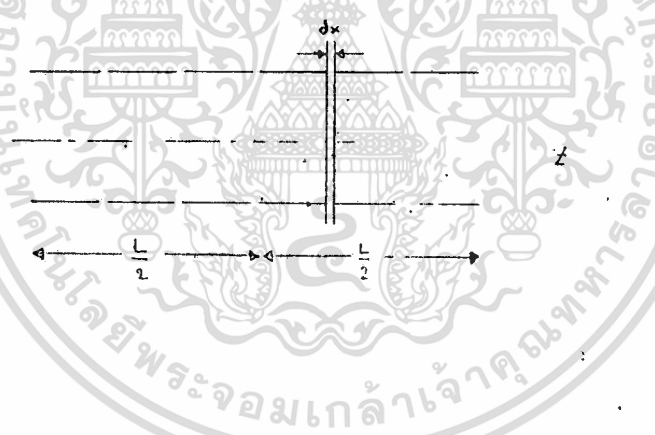
ถ้าช่องว่างของแต่ละรอบของขดลวดมีขนาดเล็กพอ หรือเส้นลวดโคจรแทนที่ด้วยตัวนำกว้าง ($1/N$) ทำให้เราสามารถพิจารณาได้ว่าเสมือนไม่มีระยะห่าง (dx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในชื่อของโครงการนี้เท่านั้น และอยู่ภายใต้เงื่อนไขของนโยบายด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่เลย ดังรูปที่ 2.1.3



รูปที่ 2.1.2 ภาพแสดงอัตราส่วน ($1/N$) ของโซ่ลวดที่ยาวมากเทียบกับรัศมีของท่อ



รูปที่ 2.1.3 คอยล์ที่เป็นแถบตัวนำ

ดังนั้นเราจึงสามารถพิจารณาได้ว่ากระแสในคอยล์สร้าง CURRENT SHEET โดยมี CURRENT DENSITY คงที่บนแผ่น CURRENT SHEET นั้น โดยที่

$$\text{LINEAR CURRENT DENSITY (K)} = NI/L \quad (\text{A.m}^{-1}) \dots (\text{I}')$$

ซึ่งก็จะเหมือนกับ CONDUCTING SHEET หนึ่งรอบ ดังรูปที่ 2.1.4 ซึ่งจะได้สมการมาเหมือนสมการที่ (1) คือ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$NI = KI$$

การหาความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ในโซลินอยด์จากรูปที่ 2.1.4 โดยจากรูปของโซลินอยด์ (ในรูปที่ 2.1.4a) เพื่อที่จะหาสนามแม่เหล็กที่วางตัวตามแนวแกนของโซลินอยด์ ซึ่งถ้าจากรูปจะเห็นได้ว่า เส้นแรงแม่เหล็กตามแนวแกนของโซลินอยด์ หรือแกน z ในรูปเท่านั้นที่ยังมีค่า B หรือเส้นแรงแม่เหล็กอยู่ โดยที่ค่า B ของขดลวดวงเดียวจะเป็นไปตามสมการ

$$B = (\mu_0 n^2 I) / [2(a^2 + z^2)^{3/2}] \dots\dots\dots (2)$$

และสำหรับโซลินอยด์ยาว ๆ การใช้สมการมาประมาณค่า B จะแน่นอนดีขึ้นเมื่อจำนวนรอบ (N) มีมาก ๆ และความชิดกันระหว่างรอบมาก ๆ ($dx \approx 0$)

จากนั้นเราจะได้ว่า ส่วนน้อย ๆ ณ จุดต่าง ๆ บนแกนของโซลินอยด์ จะหาค่า B ณ จุด z ที่ห่างมาจากจุด o ได้จากสมการ (คิดแต่เพียงส่วนไป (dz) ดังรูป 2.1.4b)

$$dB_z = [(\mu_0 n^2 NI) dz] / [2(a^2 + z^2)^{3/2}] \dots\dots\dots (3)$$

และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวแกนของโซลินอยด์ตามแนวแกนทั้งหมด จะหาได้จากการอินทิเกรตสมการที่ 3 ตลอดความยาวคอยล์ โดยที่เราจะเลือกจุด o ที่กึ่งกลางของคอยล์ เราจะได้

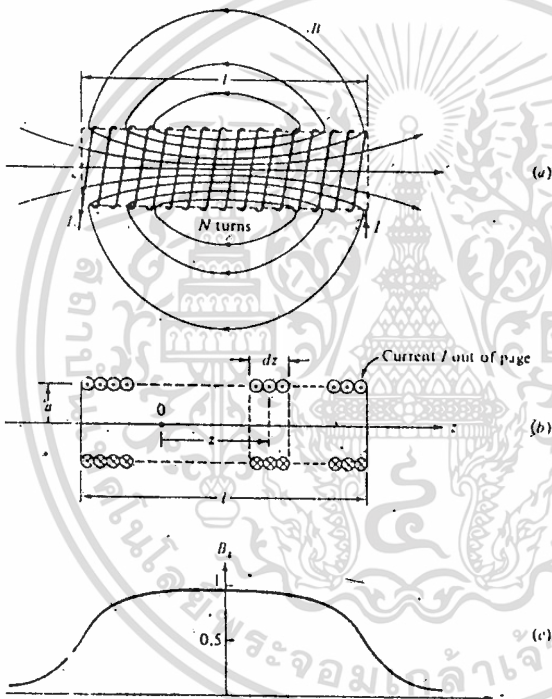
$$B_z = [(\mu_0 NI a^2) / (2l^2)] \int_{-l/2}^{l/2} [dz / (a^2 + z^2)^{3/2}] \\ = \mu_0 NI / (4a^2 + l^2)^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

และสำหรับโซลินอยด์ยาว ๆ จะได้ว่า ความยาวจะมากกว่ารัศมีของมันมาก ($l \gg a$) ดังนั้นเราจะละ a ไปจากสมการที่ (4) และจะได้สมการของ B ตามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวแกนคือ

$$B = \mu_0 NI / l \dots\dots\dots (5)$$

อันจะเห็นได้ว่าค่า B นั้นแปรผันตรงกับกระแสซึ่งเราสามารถจ่ายค่าต่าง ๆ เข้าไปได้ ซึ่งจะได้ข้องเกี่ยวกับเรื่องนี้ในตอนหลังต่อไป



รูปที่ 2.1.4 (ก) โซลินอยด์ N รอบที่ป้อนกระแส I เข้าไป

(ข) ภาคตัดขวางของโซลินอยด์ที่มีกระแสทั้งหมดที่ไหลเข้า

สู่ระนาบ หรือออกจากระนาบ คือ NI และปริมาณกระแสตรงที่เป็นช่วงสั้น ๆ (dz) พบได้จาก $\int (NI / l) dz$ ๑

(ค) กราฟแสดงความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กของโซ

ลินอยด์ ที่ความยาวแกนมากกว่ารัศมี ๒ เท่า ($l = 2a$)

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในสมการที่ (1) ถึง (5)



μ_0 = PERMEABILITY OF AIR, Hm^{-1}

N = NUMBER OF TURNS, DIMENSIONLESS

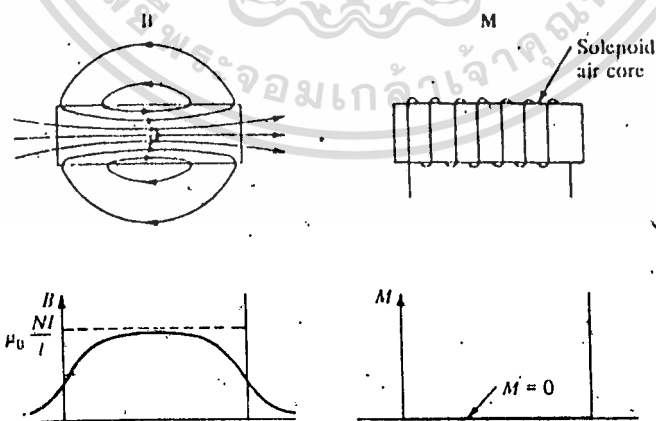
I = CURRENT THROUGH SOLENOID, A

l = LENGTH OF SOLENOID; m

ค่าความเหนี่ยวนำ (INDUCTANCE)

ค่าความเหนี่ยวนำ (L) เป็นคุณสมบัติทางกายภาพของการจัดตัวของตัวนำในแบบต่าง ๆ การวัดค่าความเหนี่ยวนำจะวัดเมื่อกระแส (I) ไหลเข้าสู่ขดลวด โดยจะวัดเป็นลักษณะของการเก็บพลังงานในสนามแม่เหล็กของตัวเหนี่ยวนำ (INDUCTANCE) เช่น คอยล์ หรือ โซลินอยด์

นิยามของค่าความเหนี่ยวนำ จะขึ้นกับค่าจำกัดความของเส้นแรงเกี่ยวคล้อง (FLUX LINKAGE) แต่มันไม่ใช่ค่าจำกัดความที่ถูกต้องแน่นอนนัก อย่างไรก็ตาม สำหรับจุดประสงค์ที่จะนำมาใช้ของเรา นั้นเราสามารถนำไปใช้หาค่าความเหนี่ยวนำได้ค่อนข้างเหมาะสม เราจะนิยามเส้นแรงเกี่ยวคล้องว่าเป็นเส้นแรงที่มีอยู่ ระหว่างวงจรถึงหมดคุณด้วยจำนวนรอบ N ดังได้จากรูป (ก)



รูป (ก.) โซลินอยด์ และ สนามแม่เหล็กของโซลินอยด์

เส้นแรงเกี่ยวคล้องจะได้ตามสมการที่ (7) และ พื้นที่หน้าตัด (A) คือพื้นที่หน้าตัด

ของโซลินอยด์ ที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร 026915 นำไปใช้

$$\Lambda = N\phi = N\int \mathbf{J} \cdot \mathbf{B} \, dA = NBA \dots\dots\dots (7)$$

และเรายังสามารถนิยามค่าของความเหนี่ยวนำ ของตัวเหนี่ยวนำใด ๆ ได้
 ว่าเป็นอัตราส่วนระหว่างเส้นแรงเกี่ยวคล้อง กับกระแสที่ไหลเข้ามาในตัวเหนี่ยวนำ

$$L = \Lambda / I = (N/I)\int \mathbf{J} \cdot \mathbf{B} \, dA \dots\dots\dots (8)$$

หน่วยของค่าความเหนี่ยวนำ จะวัดเป็นหน่วยเฮนรี (HENRY) เราจะ
 ประยุกต์ใช้ตัวเหนี่ยวนำไปในวงจรแบบต่าง ๆ เช่น ถ้าใช้พันบนแกนเหล็กเพื่อใช้
 กับวงจรจ่ายกำลัง (POWER SUPPLY) ก็จะมีค่าระหว่าง 1- 10 H และตัวเหนี่ยวนำ
 นำที่ใช้ในวงจรความถี่สูง ๆ จะพันเป็นโซลินอยด์บนแกนอากาศ มีค่าความเหนี่ยวนำเป็น
 มิลลิเฮนรี (mH)

ค่าความเหนี่ยวนำของโซลินอยด์

การประมาณค่าเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ในโซลินอยด์ ก็คือ $B = NI/l$
 จากสมการที่ (8) เราจะไม่นับถึงกรณีที่มีการสูญเสียของเส้นแรงที่ปลายทั้งสอง
 ข้าง เพราะมักจะเกิดที่ปลายของโซลินอยด์ ดังนั้น สำหรับโซลินอยด์ที่ยาวมากจึงไม่มี
 ปัญหาเรื่องนี้ ดังนั้น จะประมาณค่าความเหนี่ยวนำของโซลินอยด์ได้จาก

$$L = \Lambda / I = NBA/I = N^2 A/l \dots\dots\dots (9)$$

โดยที่ A คือนั้นที่หน้าตัด

และ l คือ ความยาวของโซลินอยด์

และในกรณีที่โซลินอยด์มีขนาดสั้น ๆ คือ มีความยาว (l) น้อยกว่ารัศมี
 (a) ของมันแล้ว จะใช้สมการของเส้นแรงในกรณีที่ $l < a$ จะได้ว่า $B = NI/2a$
 ดังนั้น เราก็จะได้ว่า ค่าความเหนี่ยวนำของโซลินอยด์สั้น ๆ ก็คือ

$$L = \mu_0 N^2 A / (2a) \dots\dots\dots (10)$$

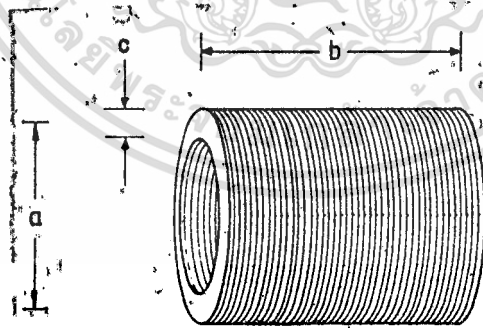
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับโรงเรียนเซนต์จอร์จเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในกรณีที่ใช้ปฏิบัติในงานชิ้นนี้ ถ้าใช้ในสมการที่ (9) มาคำนวณค่าความเหนี่ยวนำแล้วจะมีค่าผิดพลาดไปจากค่าจริงมาก ทั้งนี้เพราะค่าดังกล่าวในสมการที่ (9) เป็นการประมาณโดยไม่ได้คำนึงถึงการพันซ้อนทับกันหลาย ๆ ชั้น อันจะทำให้รัศมี (a) ของขดลวดเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ถึงแม้ในสมการจะไม่มีค่าคำนึงถึงค่ารัศมีเลยก็ตาม แต่การเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นี้ จะทำให้ค่าที่ประมาณจากสมการที่ (9) ผิดพลาดไป ดังนั้น ในทางปฏิบัติจะใช้สมการที่ได้จากคู่มือนักวิทยุสมัครเล่น คือ

$$L = 0.2a^2 N^2 / (3a + 9b + 10c)$$

โดยที่

- a = ค่าความเหนี่ยวนำ มีหน่วยเป็นไมโครเฮนรี (H)
- b = เส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของขดลวด มีหน่วยเป็นนิ้ว
- c = ความยาวของขดลวด มีหน่วยเป็นนิ้ว
- d = รัศมีของการพันขดลวด มีหน่วยเป็นนิ้ว



รูปแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

สารที่สามารถทำเป็นแกนโซลินอยด์ได้

เราจะมาพูดถึง ค่าแม่เหล็กคงค้าง (MAGNETIZATION, M) อันเป็นค่าที่ จะคงมีสภาพแม่เหล็กอยู่ในสารที่เราได้เหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น

การแบ่งประเภทของสารแม่เหล็กต่าง ๆ กัน 3 แบบก็จะพิจารณาจากค่าแม่

1) สารเฟอร์โรแมกเนติก (FERROMAGNETIC METERIALS) อันเป็นสารประเภทที่เราเห็นย่นำให้เกิดสนามแม่เหล็กจากภายนอก แล้วหลังจากที่เลิกเห็นย่นำจากภายนอกไปแล้ว สารพวกนี้สามารถจะคงค่าความเป็นแม่เหล็กไว้ได้ส่วนหนึ่ง ตัวอย่างสารพวกนี้ ได้แก่ โคบอลต์ (COBALT), นิกเกิล (NICKEL), เหล็กที่ขายตามตลาดทั่วไป (COMMERCIAL IRON) เป็นต้น

2) และ 3) เป็นสารแม่เหล็กประเภทที่เมื่อนำเอาการเห็นย่นำจากสารภายนอกออกไปแล้วจะทำให้ค่าความเป็นแม่เหล็ก หรือ ค่าแม่เหล็กคงค้างหายไปหมด เรียกว่า ไดอะแมกเนติก (DIAMAGNETIC) และ พาราแมกเนติก (PARAMAGNETIC)

เราสามารถเห็นความแตกต่างของสารทั้ง 3 ชนิดได้ชัดโดยการวัดค่าเส้นแรง B อันเกิดจากการนำสารชนิดต่าง ๆ ไปเป็นแกนของโซลินอยด์ โดยวัดค่าเส้นแรง B ในขณะที่เป็นแกนอากาศให้เท่ากับ B_0 จากนั้นก็เปลี่ยนแกนเป็นสารชนิดต่าง ๆ โดยที่หลังจากเปลี่ยนแกนไปแล้ว ค่าเส้นแรง B ก็เปลี่ยนค่าจาก B_0 มาเป็น B ทำการจดบันทึกไว้แล้วนำมาทำการบันทึกค่าไว้ จากนั้น ค่าอัตราส่วนระหว่าง B กับ B_0 จะเป็นตัวแสดงให้เห็นว่าสารใดจัดเป็นสารแม่เหล็กแบบไหน ตามเงื่อนไขต่อไปนี้คือ

- เป็น ไดอะแมกเนติก ถ้า $B/B_0 < 1$
- เป็น พาราแมกเนติก ถ้า $B/B_0 > 1$ (11)
- เป็น เฟอร์โรแมกเนติก ถ้า $B/B_0 \gg 1$

ซึ่งตารางต่อไปนี้เป็น ตารางของตัวอย่างสารแม่เหล็ก

Substance	Relative permeability, $\mu_r = 1 / \chi_m$	Susceptibility, χ_m	
Bismuth	0.99983	-1.66×10^{-4}	Diamagnetic
Mercury	0.999968	-3.20×10^{-5}	
Gold	0.999964	-3.60×10^{-5}	
Silver	0.99998	-2.60×10^{-5}	
Lead	0.999983	-1.7×10^{-5}	
Copper	0.999991	-0.98×10^{-5}	
Water	0.999991	-0.88×10^{-5}	
Vacuum	1	0	
Air	1.0000036	3.6×10^{-7}	Paramagnetic
Aluminum	1.000021	2.5×10^{-5}	
Palladium	1.00082	8.2×10^{-4}	
Cobalt	250		Ferromagnetic; nonlinear μ_r
Nickel	600		
Commercial iron (0.2 impurity)	6000		
High-purity iron (0.05 impurity)	2×10^5		
Supermalloy (79% Ni, 5% Mo)	1×10^6		

ซึ่งจากตารางเราจะเห็นค่า เอมมิออบิลิตี (PERMEALITY,) ซึ่งเราจะสนใจพิจารณาค่าตัวนี้กัน เพราะสัมพันธ์กับอัตราส่วนของ B/H เพราะค่านี้คือค่ารีเลทีฟ เอมมิออบิลิตี อันจะแสดงถึงความสามารถในการถกเหนี่ยวนำ แล้วจะให้เส้นแรงแม่เหล็ก B ออกมาโดยมีค่าสูงต่ำได้แค่ไหน ดังนั้นจะได้สมการ

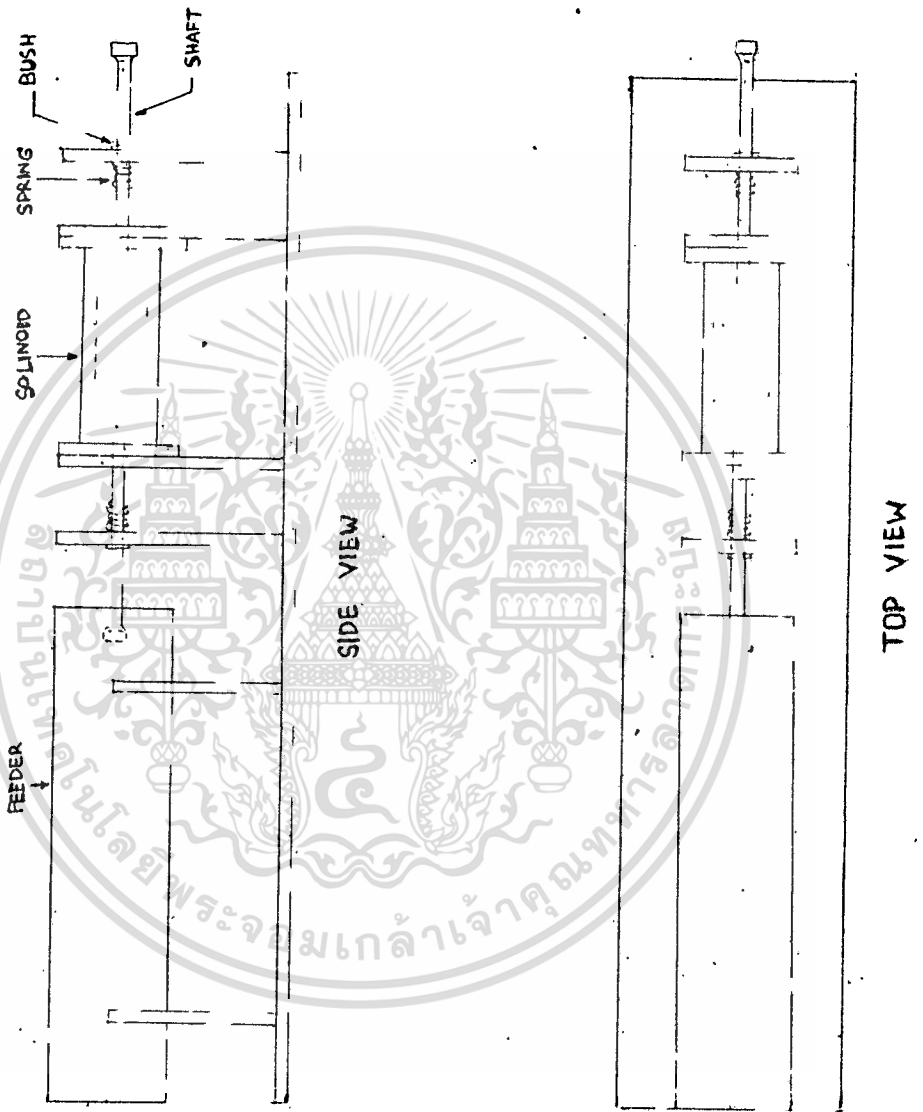
$$B/H = \mu_r \dots \dots \dots (1)$$

สำหรับในการทำงานนี้ เราต้องการแรงที่จะกระแทกสลับขั้วที่แรงที่สุด และถ้าดูจากคุณสมบัติแล้ว สารเฟอร์โรแมกเนติกจะให้ค่าเส้นแรงแม่เหล็กออกมาสูงมาก ซึ่งค่าเส้นแรงแม่เหล็ก B ตัวนี้จะแปรผันตรงกับค่าของแรง H อันจะทำให้เกิดการระเหยแตกเป่าหมายที่รุนแรงขึ้นด้วย ซึ่งถ้าพิจารณาแล้ว สารประเภทอื่น ๆ ไม่ได้ช่วยให้การกระแทกของแกนแรงขึ้นมาเลย เพราะค่าเส้นแรงแม่เหล็กแกนอากาศ B_0 กับค่าเส้นแรงแม่เหล็กแกนสารต่าง ๆ B จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักจากสมการที่ (1)

และในที่นี้ ก็จะเลือกใช้เหล็กทางการค้า หรือตามตลาดทั่ว ๆ ไป (COMMERCIAL IRON) เป็นแกนที่จะโดนเหนี่ยวนำแล้วพุ่งไปกระแทกสลับขั้วให้กระเด็นออกไป

เคยทดลองนำเอาอลูมิเนียมมาใช้เป็นแกนในตอนแรกเพื่อผลในการลดน้ำหนักของแกน ปรากฏว่าไม่มีการดูดอลูมิเนียมเข้าไปกระแทกสลับขั้วเลย ซึ่งถ้าดูค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารลับที่จะใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเปิดเผยให้คนอื่นได้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

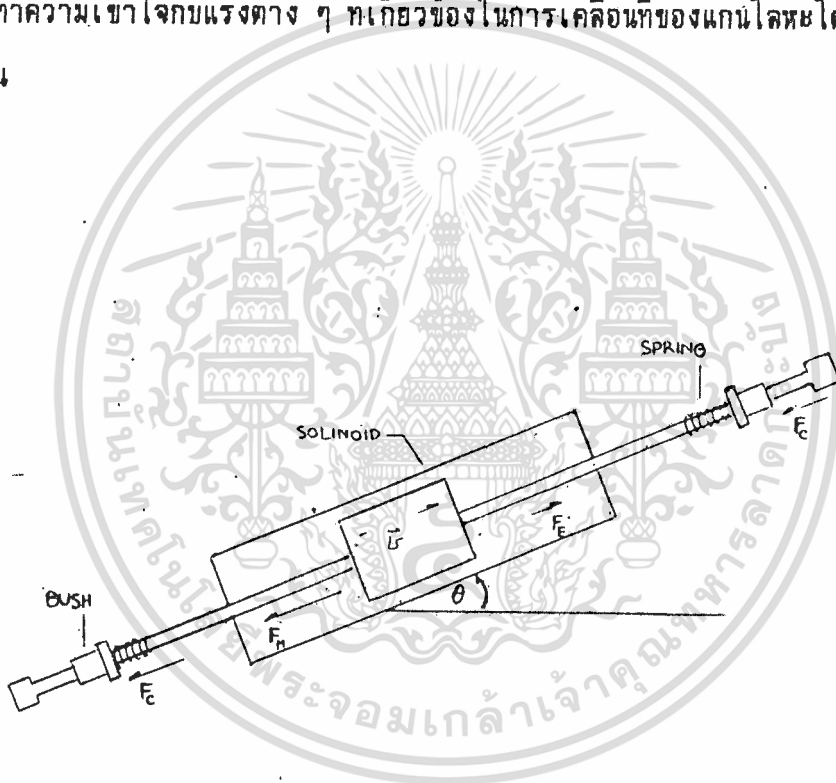


ASSEMBLY PART.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ส่วนควบคุมตัวส่งกำลัง

เหตุที่ต้องมีวงจรส่วนควบคุมการจ่ายกำลังให้กับโซลินอยด์ เนื่องจากเราต้องการป้อนกระแสไฟฟ้าเป็นพัลส์สั้น ๆ ให้กับขดลวดโซลินอยด์ เพื่อจะได้สนามแม่เหล็กช่วงสั้น ๆ ที่มีค่าสูงนำไปขับเคลื่อนแกนกลางซึ่งทำด้วยโลหะที่เป็นสารแม่เหล็ก เช่น เหล็ก เป็นต้น ซึ่งความกว้างของพัลส์จะเป็นตัวกำหนดความเร็วต้นให้กับแกนโลหะ ก่อนอื่นเรามาทำความเข้าใจกับแรงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนที่ของแกนโลหะโดยคร่าว ๆ เสียก่อน



- 1) F_n คือแรงจากสนามแม่เหล็กที่ดึงดูดแกนโลหะ แรงนี้มีค่าขึ้นอยู่กับการป้อนกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดโซลินอยด์ และตำแหน่งของแกนโลหะ โดยปกติแรง F_n จะมีทิศทางพุ่งเข้าหาจุดกึ่งกลางของขดลวดโซลินอยด์เสมอ และจะมีค่าน้อยที่สุดเนื่องจากขดลวดโซลินอยด์ทำตัวเหมือนแม่เหล็ก โดยมีปลายทั้งสองข้างเป็นขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ ดังนั้น บริเวณกึ่งกลางจึงเป็นจุดที่แสดงอำนาจแม่เหล็กน้อยที่สุด เนื่องจากสนามแม่เหล็ก
- ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหนือและใต้หักล้างกัน

2) F_H คือแรงอื่นเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุตามแนวทิศทางการเคลื่อนที่มีค่าขึ้นกับมุม θ ซึ่งก็คือมุมยกในการยิงเนื่องจากระยะทางในการยิงจะขึ้นอยู่กับความเร็วต้นของแกนโลหะและมุมยกในการยิง ซึ่ง F_H จะขึ้นกับมุมในการยิงดังสมการ

$$F_H = mg \sin \theta$$

m คือ มวลของแกนโลหะ

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง มีค่า $\approx 9.8 \text{ m/s}^2$

จะเห็นว่าถ้ามุม θ มีค่ามาก ค่า $\sin \theta$ ก็จะมีค่ามาก ทำให้ F_H มีค่ามากด้วย

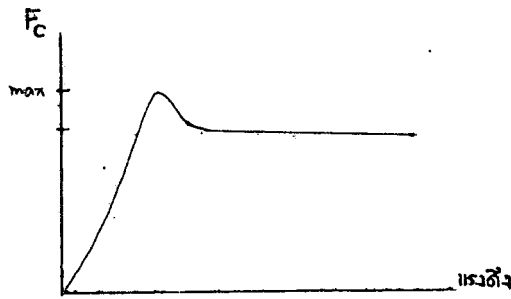
3) F_c คือแรงเสียดทานอันเกิดจากผิวสัมผัสของแกนโลหะ แรงเสียดทานนี้มีค่าขึ้นอยู่กับน้ำหนักของแกนโลหะ และ ความคลื่นของผิวสัมผัส ดังสมการ

$$F_c = \mu mg \cos \theta$$

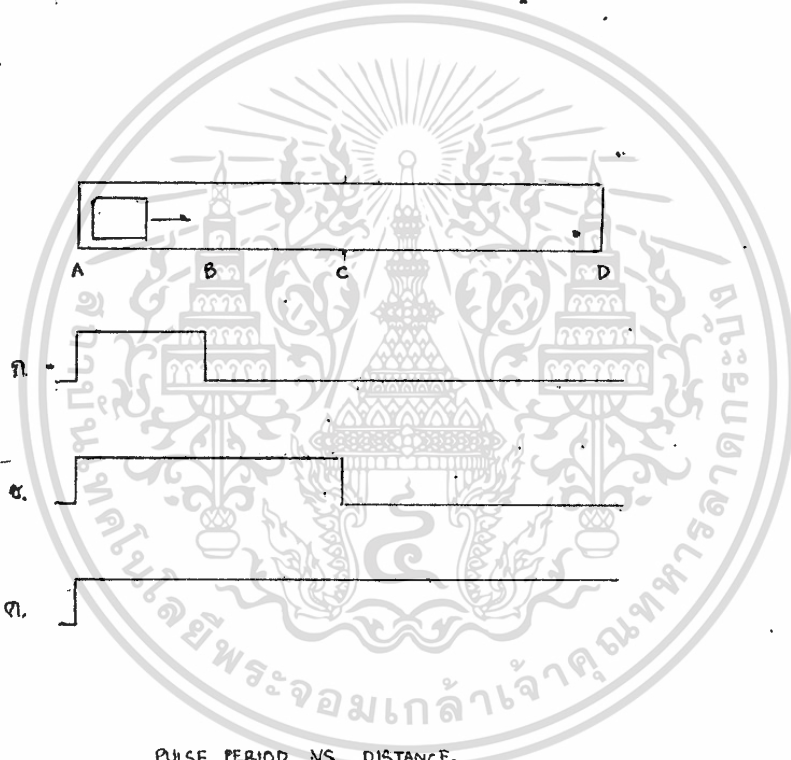
μ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวสัมผัส

แรงเสียดทานนี้จะมิติศทางสวนกับการเคลื่อนที่ของแกนโลหะเสมอและมีค่าค่อนข้างคงที่ หลังจากวัตถุเคลื่อนที่แล้วตั้งรูป
ดังนั้น จากกฎของนิวตัน เราจะได้ว่า แรงขับเคลื่อนแกนโลหะ F มีค่าเท่ากับ

$$\vec{F} = \vec{F}_H - \vec{F}_H - \vec{F}_c$$



คราวนี้เรามาพูดถึงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของแกนเหล็กและแรงต่าง ๆ กับความกว้างของสัญญาณพัลส์ต่าง ๆ กันที่ป้อนให้กับวงจรดังรูป



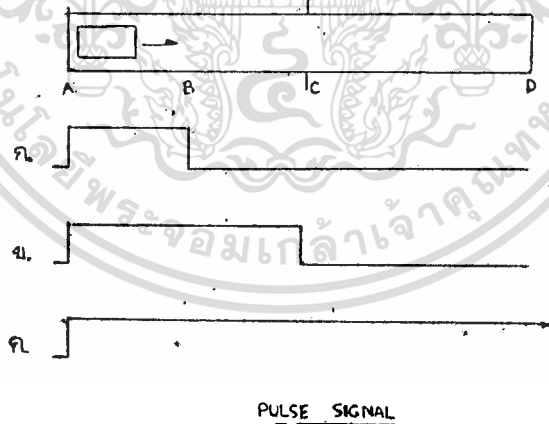
PULSE PERIOD VS. DISTANCE.

เมื่อเราให้สัญญาณพัลส์ดังรูป ก. จ่ายให้กับวงจรขั้วโซลินอยด์ แกนโลหะ จะถูกเร่งให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุล A ไปจนถึงจุด B สัญญาณพัลส์ก็หยุดลง แกนโลหะ จะเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเฉื่อย และถูกหน่วงไว้ด้วยแรง F_m , F_c ให้อัตราเร็ว v ทำให้ความเร่งซึ่งขึ้นกับความเร็วของแกนเหล็กตามสมการ $M = mv^2/2$ มีค่าน้อย ทั้งนี้เนื่องจากระยะทาง ทั้งนี้เนื่องจากระยะทางในกรณีเร่งความเร็วยังไม่ถึง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

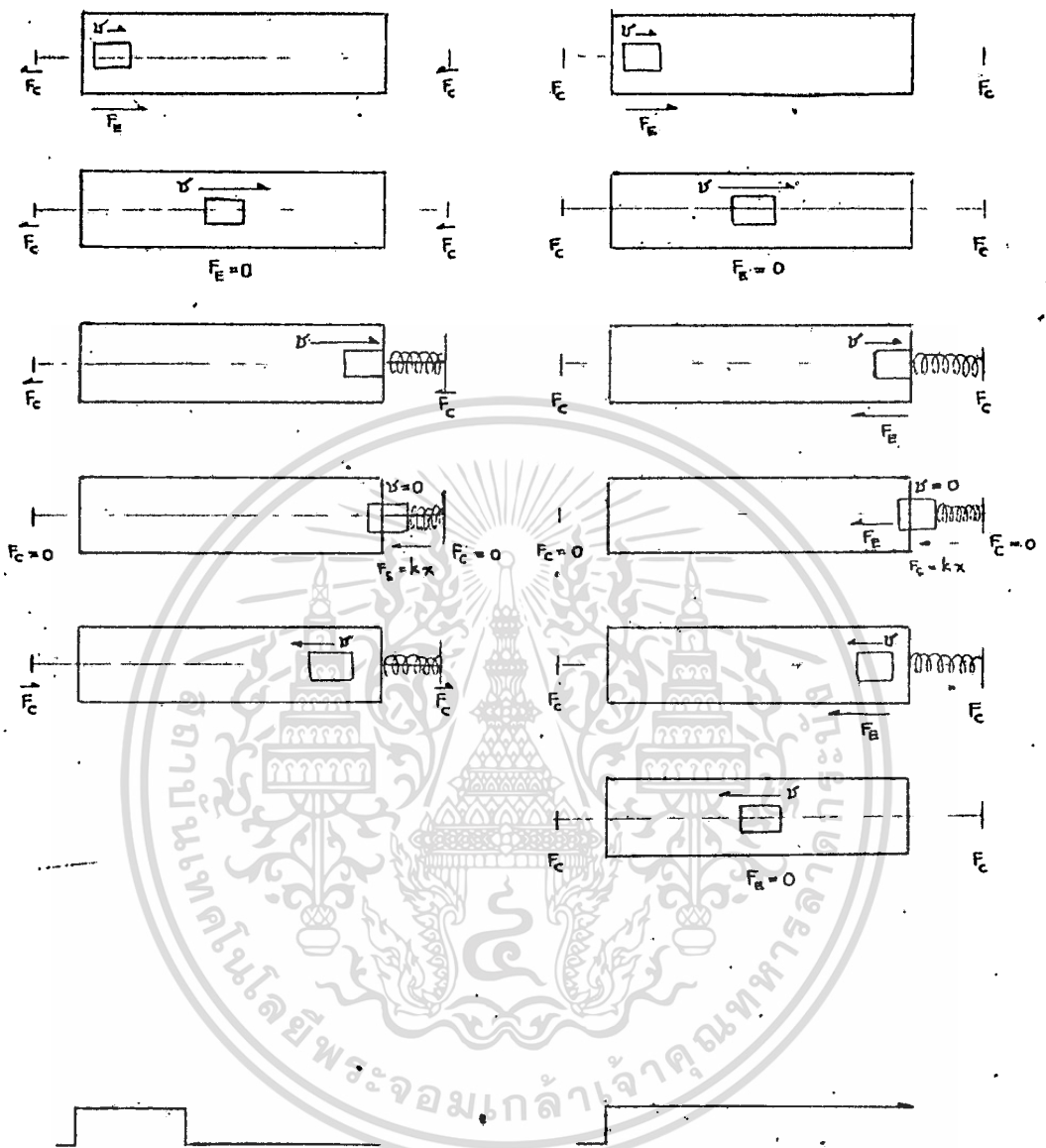
จุดความเร็วสูงสุด

เมื่อให้สัญญาณพัลส์ ดังรูป ข แกนโลหะจะถูกเร่งให้เคลื่อนที่ไปจนถึงจุด C สัญญาณพัลส์จึงหยุดลง หลังจากนั้นแกนโลหะจึงเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเฉื่อย ดังเช่นกรณีแรกแต่ความเร็วจะมากกว่า เนื่องจาก ถูกเร่งด้วยสนามแม่เหล็กเป็นเวลานานกว่า และ ณ จุด C นี้เอง แกนโลหะจะถูกเร่งจนมีความเร็วสูงสุด ถ้าเราให้สัญญาณพัลส์ที่มีคาบเวลายาวกว่านี้ ความเร็วของแกนโลหะจะตกลง เนื่องจากถูกสนามแม่เหล็กดึงกลับดังกรณีต่อไป

กรณีที่ 8 เมื่อให้สัญญาณพัลส์ดังรูป ค ซึ่งมีคาบเวลายาวมาก ๆ แกนโลหะจะถูกเร่งให้วิ่งกลับไปมาระหว่างจุด A และจุด D เพื่อรักษาสภาพสมดุลของสนามแม่เหล็กนั่นเอง เนื่องจากคุณสมบัติของแรงจากสนามแม่เหล็กคือมีทิศทางเข้าหาจุดกึ่งกลางของขดลวดโซลินอยด์เสมอ



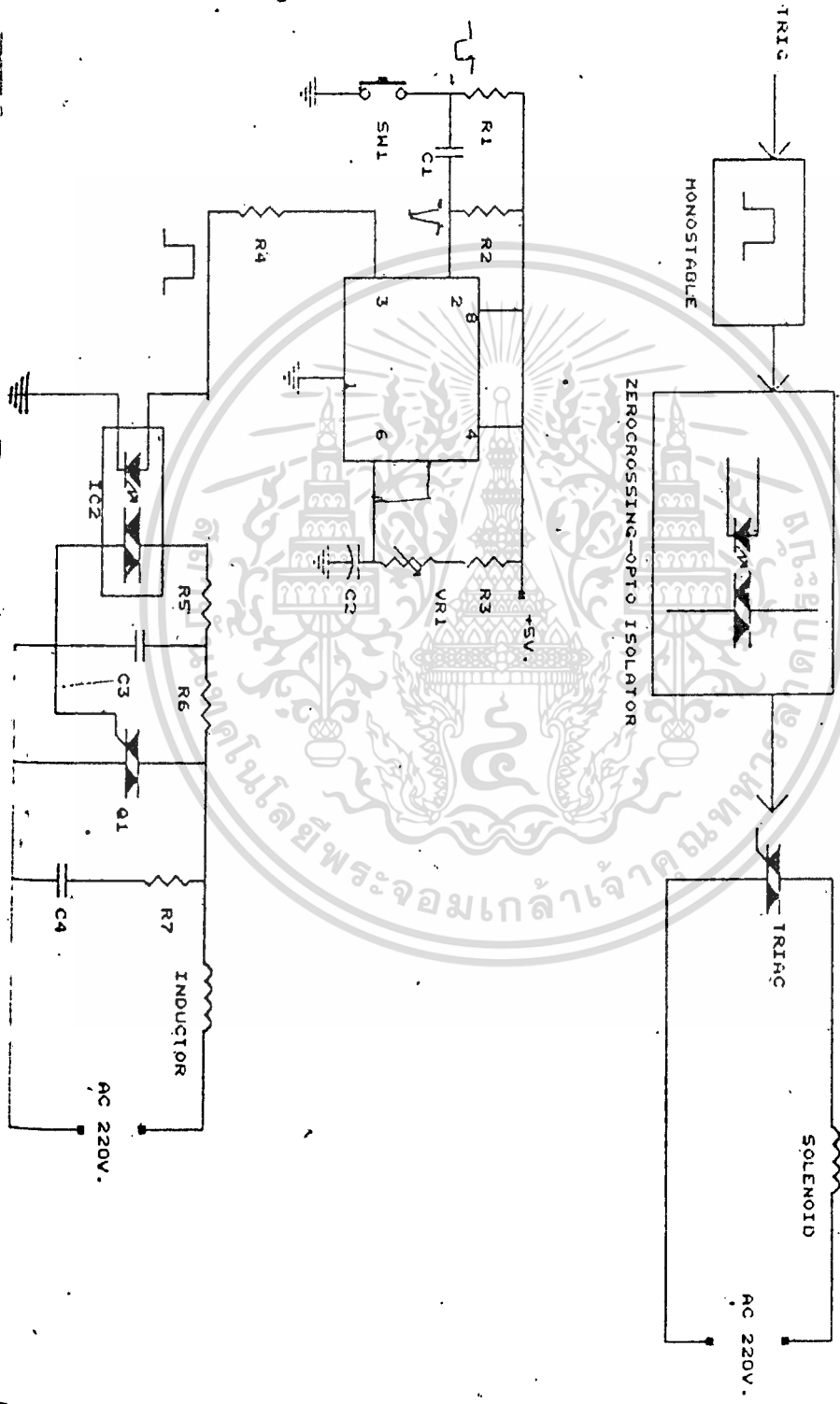
รูปแสดงการเคลื่อนที่ของแกนโลหะ และแรงที่เกี่ยวข้อง เมื่อให้สัญญาณพัลส์ที่มีคาบเวลาต่าง ๆ กัน



1. จะเห็นว่าแรงเหวี่ยง F_c มีค่าคงที่ตลอด และมีทิศทางกับการเคลื่อนที่เสมอ

2. แรง F_c มีค่าไม่คงที่ ขึ้นกับตำแหน่งของแกนโลหะ และมีทิศทางเข้าหากึ่งกลางของขดลวดโซลินอยด์เสมอ โดยที่จุดกึ่งกลางของขดลวดโซลินอยด์ แรง F_c มีค่าเป็นศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

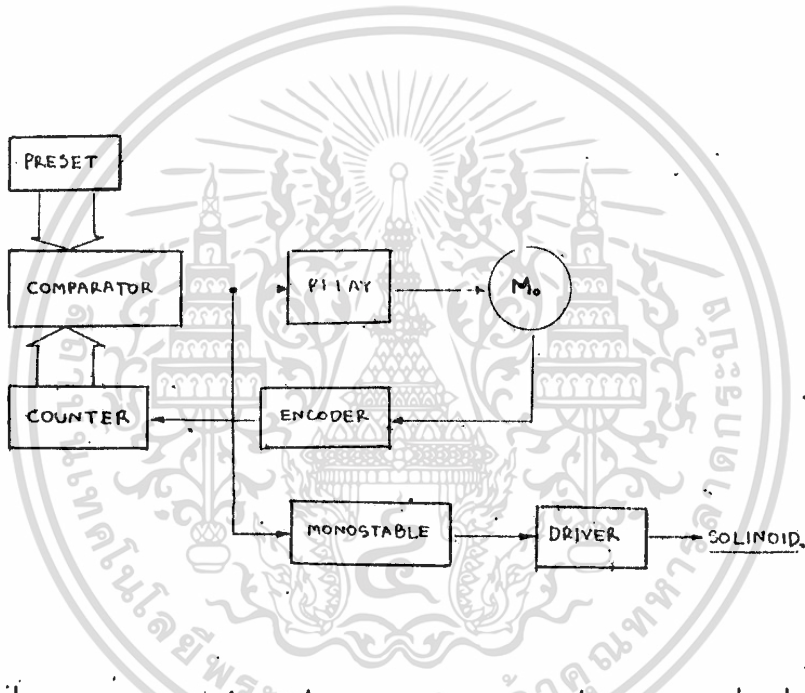


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๒. ที่จุดกึ่งกลางขดลวดโซลินอยด์ แกนโลหะมีความเร็วสูงสุด ทำให้ได้ความเร็วสูงสุดด้วย

ดังนั้น เราจะเห็นว่า ถ้าต้องการให้แกนโลหะมีความเร็วสูงสุด สัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้วงจรรีบโซลินอยด์จะต้องมีคาบเวลาเหมาะสม ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

บล็อกไดอะแกรมของส่วนสร้างพัลส์



เนื่องจากวงจรรีบโซลินอยด์ จะต้องทำงานสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของส่วนฐาน กล่าวคือ วงจรรีบโซลินอยด์ จะทำงานเมื่อฐานหยุดหมุน สัญญาณที่จะนำมาควบคุมความสัมพันธ์ (SYNC) นี้ได้จากรขา 6 ของ 74LS95 (4 BIT COMPARETOR) (จากส่วนฐาน ซึ่งจะได้อีกกล่าวต่อไป) ซึ่งจะให้ลอจิก "1" เมื่อ A = ๐ (ตำแหน่งที่ฐานหมุนไปตรงกับตำแหน่งที่เลือกไว้) นำสัญญาณนี้มากระตุ้นให้วงจรรีบโซลินอยด์ทำงาน

ส่วนของวงจรรีบโซลินอยด์ประกอบด้วยวงจรมอนอสเตเบิล (MONOSTABLE) ทำหน้าที่กำหนดความกว้างของคาบเวลาสัญญาณพัลส์ที่จ่ายให้กับโซลินอยด์ จากนั้น นำสัญญาณที่ได้มาผ่านวงจรถื่อมโยงทางแสง (OPTO COUPLER) และนำไปที่อุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์สวิตซ์ เพื่อทำหน้าที่เปิดปิดให้กระแสไฟฟ้าผ่านไปยังขดลวดโซลินอยด์ต่อไป

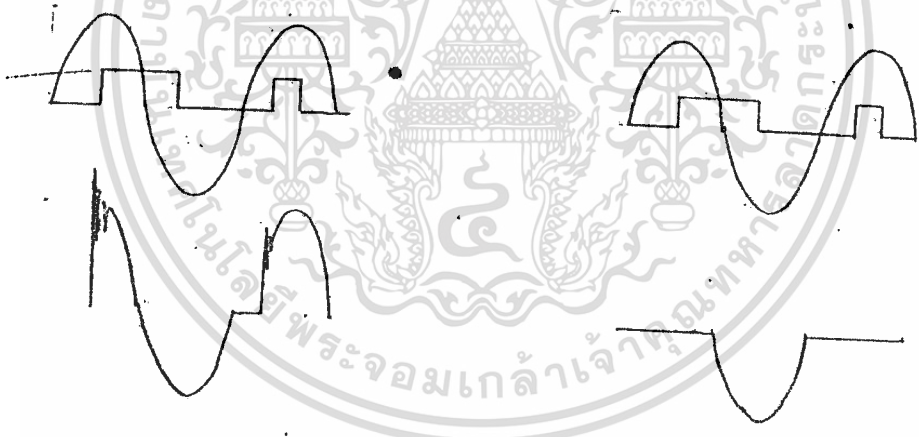
วงจรใช้งานจริง ดังรูป ประกอบด้วยไอซีเบอร์ 555 ทำหน้าที่เป็นวงจรโมโนสเตเบิล โดยมี R_1 , R_2 , C_1 เป็นวงจรจ่ายทริกพัลส์ให้กับไอซีเบอร์ 555 กล่าวคือ ปกติสัญญาณจากขา 6 ของ 74LS85 จะเป็นลอจิก "0" เมื่อใดที่มอเตมร์หยุดจึงเป็นลอจิก "1" นำสัญญาณที่ได้มาผ่าน TR_1 เพื่อกลับลอจิก เนื่องจากไมซีเบอร์ 555 ต้องการสัญญาณทริกเป็นพัลส์ลบ เมื่อไอซีเบอร์ 555 ได้รับสัญญาณทริกก็จะจ่ายสัญญาณพัลส์ออกไปโดยมีคาบเวลาปรับได้จาก VR_1 โดยคำนวณได้จาก

$$\text{คาบเวลา } T = 1.1 C_2 (R_2 + VR_1) \quad \text{วินาที}$$

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า เราต้องการสัญญาณพัลส์ที่มีคาบเวลาเหมาะสม โดยการปรับ VR_1 ให้ได้คาบเวลาพอดีที่แกนโลหะจะวิ่งจากจุดเริ่มต้นไปจนถึงกึ่งกลางขดลวดโซลินอยด์ จากนั้นนำสัญญาณพัลส์ที่ได้ผ่าน R_3 เพื่อจำกัดกระแสให้กับ LED ภายใน IC₂ ซึ่ง ZERO CROSSING OPTO COUPLER มีเอาท์พุทเป็น OPTO TRIAC สามารถนำไปขับไทรแอกต์ได้โดยตรง โดยมี R_4 เป็นตัวกำหนดกระแสทริกขาเกตของไทรแอกต์ R_5 , C_3 ทำหน้าที่เป็นวงจร SNUBBER เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกินพัลส์ยอดแหลม (SPIKE, TRANSIENT) ซึ่งจะมารบกวนการทำงานของไทรแอกต์ให้ผิดพลาดได้ R_7 , C_4 ก็ทำหน้าที่เป็นวงจร SNUBBER ให้กับไทรแอกต์เช่นกัน โดยไทรแอกต์ทำหน้าที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดโซลินอยด์

เกี่ยวกับ ZERO CROSSING OPTO COUPLER คือ เทคนิคการทำให้อุปกรณ์ทำงานที่จุดแรงดัน (หรือกระแส) เป็นศูนย์ เนื่องจากไฟฟ้าที่ใช้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันและกระแสตลอดเวลา ดังนั้น ถ้าเราจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลด (LOAD) จึงอาจเป็นไปได้ว่าขณะเปิดสวิตช์แรงดันอาจมีค่าสูงสุดของไฟสลับ ดังรูป ก็จะทำให้เกิดกระแสกระชากค่าสูงมากไหลผ่านโหลด ซึ่งอาจทำให้โหลดเกิดการเสียหายได้ อีกทั้งยังก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนความถี่สูงขึ้นทั้งใน AC LINE และยังแพร่กระจายออกไปในอากาศรบกวนการทำงานของอุปกรณ์ความถี่สูง เช่น วิทยุต่าง ๆ เป็นต้น

ในที่นี้ เรามักพบปัญหาโดยการใช้ไอซี ZERO CROSSING OPTO COUPLER เบอร์ MOC2040 ทำงานร่วมกับไทรแอด ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณแรงดันต่ำที่ทริกที่เกท ไทรแอดก็อยู่ในสภาวะ ON จนกว่ากระแสไหลผ่านตัวมันจะต่ำกว่า HOLDING CURRENT ซึ่งเกิดขึ้นทุก ๆ CYCLE ของไฟฟ้าสลับ ดังนั้น เราจึงต้องทริกไทรแอดเสมอทุก ๆ CYCLE เพื่อให้มันสามารถคงสภาวะ ON อยู่ได้ ส่วน IC ZERO CROSSING จะเป็นตัว ISOLATE ระหว่างวงจรแรงดันต่ำกับวงจรแรงดันสูง เราสามารถควบคุมได้โดยผ่านสัญญาณไปยัง LED ภายในตัว OPTO COUPLER ซึ่งจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณทริกไทรแอดอีกต่อหนึ่ง โดยที่วงจร ZERO CROSSING ภายในตัวไอซีจะทำหน้าที่ทริกไทรแอด ก็ต่อเมื่อกระแสไฟฟ้ามัก ≈ 0 เท่านั้น ด้วยเหตุนี้เองทำให้วงจรทำงานได้โดยไม่เกิดกระแสรบกวนขึ้น ดังรูป



opto ธรรมดา

zero crossing.

2.8 ส่วนรวม

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น คือ ในส่วนนี้จะหมุนได้ เพื่อให้สามารถปรับทิศทางที่ลูกเทนนิสจะพุ่งออกไป ส่วนนี้จะประกอบด้วยมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR) เป็นสำคัญ โดยจะควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ ซึ่งจะได้อกล่าวในรายละเอียดต่อไป

ก่อนที่จะทราบถึงวงจรควบคุมการทำงาน ควรจะต้องรู้ถึงลักษณะของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้เสียก่อน

มอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ เป็นมอเตอร์ขั้วนำเฟนของรถยนต์ ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบเส้นแรงคงที่ ใช้กับไฟฟ้าที่มีขนาด 12 โวลต์ มีลักษณะดังรูปที่ 2.8.1

ซึ่งจะให้อัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์ (ARMATURE CURRENT) กับแรงบิด (TORQUE) ดังสมการ

$$T = K_t I$$

เมื่อ T คือ แรงบิดของเพลา (TORQUE) มีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

I คือ กระแส มีหน่วยเป็นแอมแปร์

K_t คือ ค่าคงที่ของแรงบิด

และจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างโวลเตจย้อนกลับกับความเร็วเป็นลิเนียร์ ดัง

สมการ

$$E = K_b \omega$$

เมื่อ E คือ โวลเตจย้อนกลับ emf (BACK ELECTROMOTIVE FORCE)

มีหน่วยเป็นโวลต์

K_b คือ ค่าคงที่ของโวลเตจย้อนกลับ

ω คือ ค่าความเร็วของแกนมอเตอร์ มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที

มอเตอร์แบบนี้จะให้สมการทางไฟฟ้าดังนี้

$$V = K W + L(di/dt) + Ri$$

เมื่อ V คือ โวลเตจที่ป้อนให้กับมอเตอร์

L คือ อินдукแตนซ์ของอาร์เมเจอร์

R คือ ความต้านทานที่ขั้ว

$$T = J(dW/dt) + BW + T_f + T_L$$

เมื่อ T คือ แรงบิดที่กำเนิดโดยมอเตอร์

J คือ ผลรวมของโมเมนต์ของแรงเฉื่อยของมอเตอร์และโหลด

B คือ สัมประสิทธิ์ของวิสคอสแตกม่นิ่ง

T_f คือ แรงบิดเสียดทานภายใน

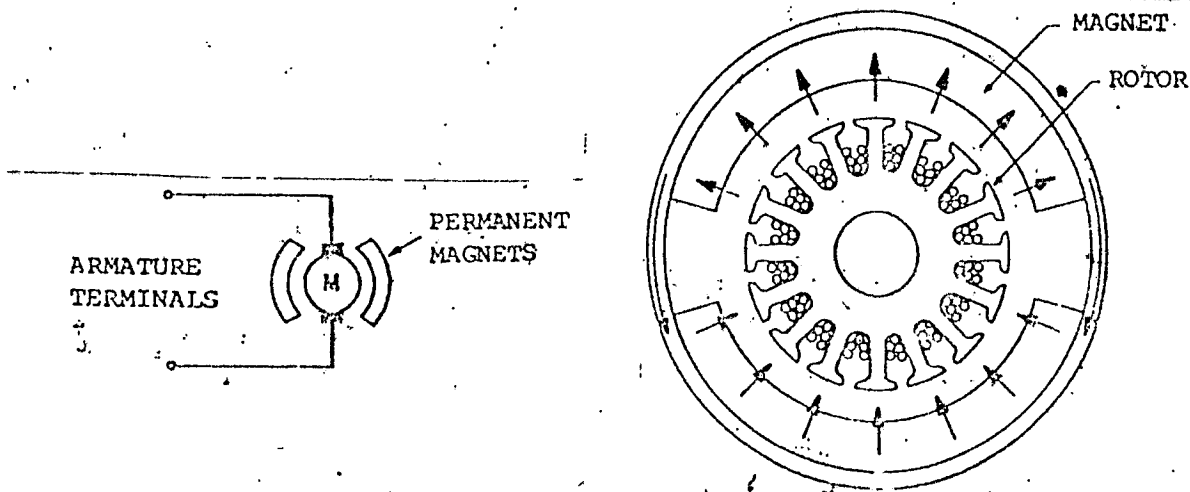
T_L คือ แรงบิดของโหลด

มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR) แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่ที่มีข้อ

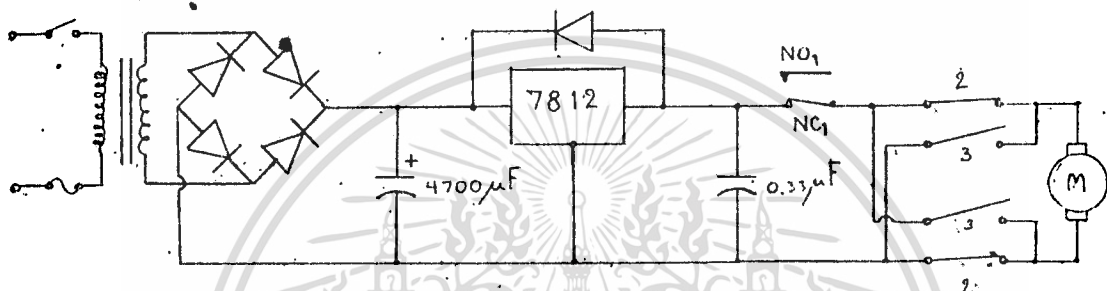
ติ คือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิลด์ อีกทั้งยังให้ค่าของกระแสอาร์เมเจอร์ที่สูงกว่า มอเตอร์กระแสตรงแบบฟิลด์เป็นขดลวด เหมาะที่จะใช้กับแรงบิดของโหลดสูง

สำหรับวงจรขับ (DRIVE) ของมอเตอร์ จะใช้วงจรแรงดันคงที่ (VOLTAGE REGULATION) ขนาด 12 โวลต์ ซึ่งจะต่อหน้าคอนแทคของรีเลย์ไว้

ด้วย ดังรูปที่ 2.8.2



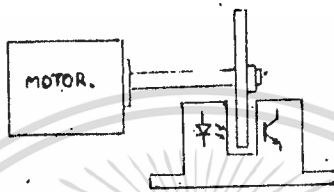
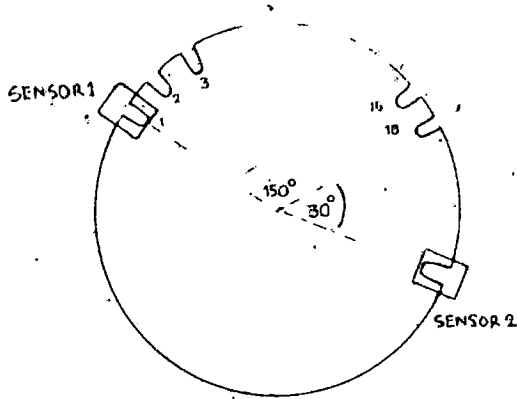
รูปที่ 2.3.1 มอเตอร์กระแสตรงแบบเส้นแรงแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 2.3.2 แสดงวงจรขับของมอเตอร์ และการต่อรีเลย์

เพื่อใช้ในการกลับทิศ (รีเลย์ 2 และรีเลย์ 3) ของแรงดัน (VOLTAGE) กรณีที่ต้องการการกลับทิศทางของมอเตอร์ และใช้ในการตัดแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ออก (รีเลย์ 1) เพื่อให้มอเตอร์หยุดหมุน สำหรับการปิดเปิดของหน้าคอนแทคของรีเลย์จะควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง (ควบคุมการปิดเปิดของหน้าคอนแทค) จะใช้วงจรเดี่ยวซึ่งควบคุมทั้งตำแหน่งและทิศทางของมอเตอร์ โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ จะประกอบด้วยเซ็นเซอร์ (SENSOR) ซึ่งภายในประกอบด้วย LED ที่เปล่งแสงอินฟราเรด (INFRARED) และโฟโตทรานซิสเตอร์ (PHOTOTRANSISTOR) มาติดตั้งรวมด้วย และจะมีแผ่นวัตถุกลมทึบแสงตัดให้มีส่วนที่แสงผ่านได้ และไม่ได้ ติดไว้กับแกนของมอเตอร์และให้วัตถุนี้หมุนตัดผ่านระหว่าง LED และโฟโตทรานซิสเตอร์ของเซ็นเซอร์ (ดังรูปที่ 2.3.3) ดังนั้น เมื่อมอเตอร์หมุนจะทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ (PULSE) ตามจำนวนช่องที่ตัดไว้ ซึ่งจะนำสัญญาณนี้ไปกำหนดตำแหน่ง และทิศทางของมอเตอร์ต่อไป ดังวงจร

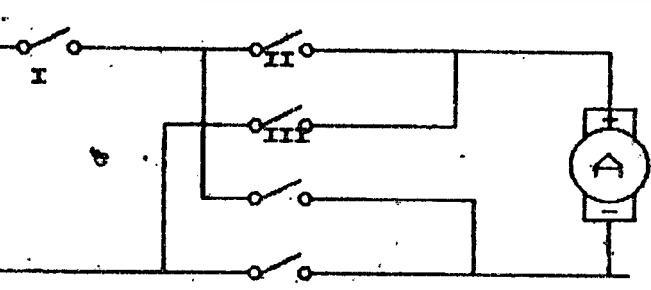
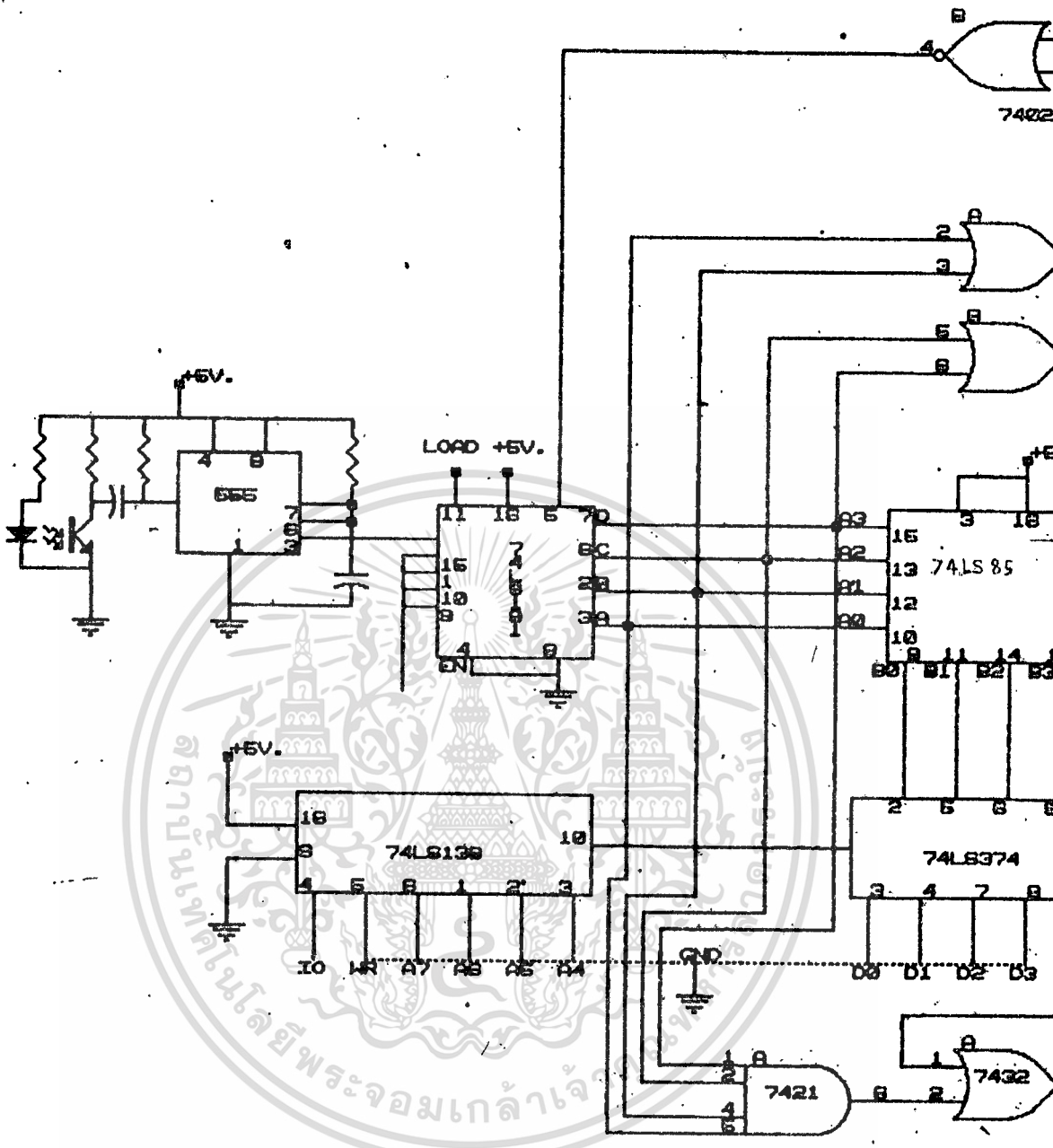


รูปที่ 2.3.3 การติดตั้งแผ่นวัตถุกลมทึบแสงและเซ็นเซอร์ เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์จากมอเตอร์

การทำงานของวงจรมีดังนี้

เซ็นเซอร์ (SENSOR) จะใช้เบอร์ MOC7811 (OPTO SLOTTED COUPLER TRANSISTOR OUTPUT) เมื่อมอเตอร์หมุนไป แผ่นวัตถุกลมทึบแสงก็จะตัดผ่านเซ็นเซอร์ เนื่องจากเอาท์พุทของโฟโตทรานซิสเตอร์ของตัวเซ็นเซอร์ ออกจากขาคอลเล็คเตอร์ (COLLECTOR) ดังนั้นถ้าส่วนที่ตัดผ่านตัวเซ็นเซอร์ คือส่วนที่ให้แสงผ่านได้ ก็จะทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ทำงาน ทำให้เอาท์พุทของ MOC7811 เป็นลอจิก "0" แต่ถ้าเป็นส่วนที่ทึบแสงก็จะทำให้เอาท์พุทเป็นตรงกันข้าม คือ ลอจิก "1" ดังนั้นเมื่อแผ่นวัตถุกลมตัดผ่านเซ็นเซอร์ 1 ช่อง (SLOT) ก็จะทำให้เกิดพัลส์ลบขึ้น 1 ลูก ซึ่งพัลส์ที่เกิดขึ้นนี้จะนำไปทริก (TRIGGER) โมโนสเตเบิล (MONOSTABLE) ซึ่งสร้างขึ้นจากไอซีเบอร์ 555 ทำให้เกิดเป็นพัลส์บวก นำไปเป็นอินพุทเข้าที่ขาคล็อก (CLOCK) ของวงจรมับ (COUNTER) ซึ่งวงจรมับที่ใช้จะใช้ไอซีเบอร์ 74191 (SYNCHRONOUS BINARY UP/DOWN COUNTER) ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งนับขึ้น (COUNT UP) หรือ นับลง (COUNT DOWN) โดยจะมีขาควบคุมคือขา 5 (UP/DOWN) ถ้าขา 5 เป็น "1" จะนับลง และถ้าเป็น "0" จะนับขึ้น ไอซี 74191 นี้ จะมีเอาท์พุท 4 ขา หรือ 4 บิต (BIT) ทำให้สามารถนับได้ถึง 2^4 หรือ 16 ค่า (คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการเรียนรู้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



II=CLOCKWISE
 III=COUNTER CLOCKWISE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือขา 11 เมื่อขานี้เป็นลอจิก "1" จะไหลค่านับจากขาข้อมูล (DATA) คือขา 15, 1, 10, และ 9 ตามลำดับ มาแสดงที่เอาต์พุทโดยไม่สนใจว่าค่าที่เอาต์พุทจะเป็นอะไรก็ตาม สำหรับขาข้อมูลทั้งสี่ขา (DATA A ถึง DATA D) จะกำหนดให้เป็นลอจิก "0" ทั้งหมด เพราะว่าเราจะใช้ประโยชน์จากขาไหลค (ขา 11) ในกรณีที่ส่วนฐานได้เลื่อนมาถึงตำแหน่งเริ่มต้นที่เรากำหนด ซึ่งตำแหน่งเริ่มต้นนี้เรากำหนดให้เป็นตำแหน่งที่ "0000"

ส่วนเอาต์พุทที่ได้จากวงจรนับก็คือตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนดบนส่วนฐานนั่นเอง ซึ่งจะนำไปเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่เราต้องการ โดยใช้วงจรเปรียบเทียบขนาด 4 บิต (4 BIT MAGNITUDE COMPARATOR) คือ ไอซีเบอร์ 74LS85 จะให้เอาต์พุทของวงจรรับเข้าที่ขา อินพุท A ของ 74LS85 (A_3, A_2, A_1, A_0 คือขา 15, 13, 12, และ 10 ตามลำดับ) และให้ตำแหน่งที่เราต้องการให้ส่วนฐานหยุด ซึ่งเรากำหนดด้วยเลขฐานสองขนาด 4 บิตเช่นเดียวกับอินพุท A เข้าที่ขา อินพุท B (B_3, B_2, B_1, B_0 คือ ขา 1, 11, 14, 9 ตามลำดับ)

การทำงานของ 74LS85 คือ จะมีเอาต์พุทอยู่ 3 ขา ซึ่งจะแสดงสถานะของการเปรียบเทียบขนาดอินพุททั้งสอง คือ สถานะ $A > B$, $A = B$, และ $A < B$ (ขา 5, 6, 7 ตามลำดับ) ถ้าอินพุทที่นำมาเปรียบเทียบกันตรงกับสถานะใด ขาเอาต์พุทของ 74LS85 ที่แสดงสถานะนั้นก็จะให้ค่าลอจิกเป็น "1" และขาที่เหลืออีก 2 ขา ก็จะให้ลอจิกเป็น "0" ซึ่งขาที่ใช้แสดงสถานะทั้งสามนี้เอง ที่จะนำไปควบคุมทิศทางการหมุนและการหยุดของมอเตอร์ที่ส่วนฐาน (นอกจากนี้นี้ยังนำไปซิงค์ (SYNC) กับส่วนควบคุมตัวส่งกำลังด้วย ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในเรื่องของส่วนควบคุมตัวส่งกำลัง)

เอาต์พุทของ 74LS85 แยกเป็นกรณีต่าง ๆ ได้ดังนี้

กรณีที่ อินพุท A เท่ากับ อินพุท B แสดงว่ามอเตอร์หมุนมาตรงกับตำแหน่งที่ต้องการจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน และจะเอาขาเอาต์พุท $A = B$ ซึ่งจะได้ลอจิก "1" ไปป้อนให้กับ รีเลย์ 1 เพื่อตัดแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ออกและนำไปซิงค์กับวงจรควบคุมตัวส่งกำลัง เพื่อให้ป้อนพัลส์ให้กับขดลวดโซลินอยด์ ทำให้แท่งเหล็กกระแทกลูกเทนนิสออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับคนใช้ภายใน ซึ่งควรศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ในประโยชน์ด้านการค้า
กรณีที่ อินพุท A มากกว่า อินพุท B แสดงว่าตำแหน่งฐานอยู่เลยจากตำแหน่งที่ต้องการ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ต้องการไปแล้ว ต้องการจะให้มอเตอร์หมุนในทิศทางที่ย้อนกลับ คือ ในตำแหน่งที่น้อยลง โดยนำเอาที่พทข $A > B$ ซึ่งจะเป็น "1" ป้อนให้กับรีเลย์ที่ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางที่ทำให้ "ค่าตำแหน่ง" น้อยลง และเพื่อให้วงจรนับ (ไอซีเบอร์ 74191) นับลง (COUNT DOWN) ด้วย จึงเอาเอาที่พทของข $A < B$ ซึ่งเป็น "0" ไปป้อนให้กับข 5 (UP/DOWN) แต่เนื่องจากมีอีกกรณีหนึ่งที่จำเป็นจะต้องทำให้วงจรนับ (ไอซีเบอร์ 74191) นับลงและมอเตอร์หมุนในทิศทางนี้เช่นเดียวกัน คือ กรณีที่ไปถึงตำแหน่งสูงสุด (วงจรนับได้นับถึงตำแหน่ง "1111") แล้ว จึงนำเอาที่พทข $A > B$ มา OR กับในกรณีนี้ แล้วจึงป้อนให้กับรีเลย์

กรณีที่ อินพุต A น้อยกว่า อินพุต B แสดงว่า มอเตอร์ยังหมุนไม่ถึงตำแหน่งที่ต้องการ ก็พิจารณาในทำนองเดียวกับกรณีที่อินพุต A มากกว่า B แต่ตรงกันข้าม และเอาที่พทที่จะนำไปควบคุมวงจรนับ (เป็นอินพุตเข้าที่ข UP/DOWN ของไอซีเบอร์ 74191) ก็ยังคงใช้ข $A > B$ เช่นเดิม

สำหรับอินพุต ซึ่งเป็นทิศทางที่เราต้องการให้ปากกระบอกหมุนไปนี้ สามารถจะกำหนดให้วงจรได้หลายวิธี เช่น ใช้รีโมทคอนโทรล (REMOTE CONTROL) หรือถ้าอุปกรณ์จำกัดอาจใช้วิธีง่าย ๆ โดยการต่อสายยาวออกไปเป็นการชั่วคราวก่อน หรืออาจใช้การกำหนดตำแหน่งล่วงหน้าด้วยหน่วยความจำ (MEMORY) หรือใช้ซิงเกิลบอร์ด (SINGLE BOARD) ควบคุม เป็นต้น

ผลการทดลองเกี่ยวกับตัวล่งกำลัง				
ขนาดท่อ/เบอร์ลวด	2cm./16	2cm./16	3cm./16	3cm./14
จำนวนรอบ	1600	2400	800	750
ค่าวัด/ค่าพว. (mH)	25.47/18.67	--	8.57/6.6	5.9/4.43
กระแส (A) ที่ 200Hz	9.4	--	20.37	39.5
ค่าเส้นแรง (Tesla)	0.104	--	0.08	0.148
หมายเหตุ	--	พันซ้อนไปมา ใช้ไม่ได้	เครื่องคุมจ้งห่วยฮิง ระเบิดจากกระแสเกิน	

ปัญหาและแนวทางแก้ไขของโครงการ

- ที่ฐานจะต้องรับน้ำหนักมาก ดังนั้นการควบคุมตำแหน่งหยุดให้แน่นอนทำได้ยาก ซึ่งเป็นผลจากแรงเฉื่อย
การแก้ไขอาจทำได้โดย
ก. ใช้สเตปเปอร์ (Stepping motor) แทน ดี ซี มอเตอร์
แต่ราคาจะแพงมาก

- ข. สร้างเบรคให้จาน ซึ่งอาจทำได้หลายวิธีแตกต่างกัน
- ค. ใช้เฟืองขับที่เป็นวัสดุที่แข็งแรง อันนี้จะเป็นวิธีป้องกันความ

เสียหาย

- 2. ในส่วนวงจรควบคุม ต้องคำนึงถึงค่ากระแสสูงสุดที่อุปกรณ์สามารถทนได้ เพราะการใช้งานอุปกรณ์ที่กระแสสูงจะเกิดความเสียหายง่ายมาก
- 3. โลหะที่จะนำมาทำแกนกระแทกบอล ต้องเป็นเฟอโรแมกเนติกเท่านั้น ที่หาง่ายคือเหล็กทั่วไปตามร้านค้า
- 4. การพันขดลวดต้องพันให้มีช่องว่างน้อยที่สุด เพื่อประสิทธิภาพจากสนามแม่เหล็กที่ดีที่สุด
- 5. การลดแรงเสียดทานของกลไกแมคคานิคต่างๆ ทำได้ค่อนข้างยาก อาจทำได้โดย
 - ก. สร้างชิ้นงานด้วยเหล็กแต่ต้องทำให้ผิวเรียบที่สุด แล้วใช้สารและอุปกรณ์หล่อลื่นช่วย
 - ข. ใช้ทองเหลืองซึ่งทำให้ผิวเรียบและลื่นง่ายกว่าเหล็ก แต่ราคาจะสูงกว่า





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอินเตอร์เฟสกับซิงเกิลบอร์ด

ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. การ DECODE PORT NUMBER จากสัญญาณ BUS ADDRESS, I/O REQUEST และ WRITE ENABLE จาก CPU ในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์ 74LS138 ซึ่งเป็น 3 to 8 DECODER โดยใช้สัญญาณ A4-A7, I/O, และ WR ของ Z-80 SINGLE BOARD จะได้ PORT NUMBER 80H-FOH ในที่นี้ใช้ PORT NUMBER DOH เป็นตัว ENABLE ให้วงจร LATCH DATA ทำงาน

2. การ LATCH ข้อมูล เนื่องจาก DATA BUS จะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลตลอดเวลา ซึ่งต้องมีการ LATCH ในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์ 74LS974 ซึ่งเป็น 8 BIT LATCH ต่อเข้ากับ DATA BUS DO-D7 ของ Z-80 SINGLE BOARD โดยได้รับสัญญาณ LATCH จาก 74LS138 PORT DECODER





MOC7811 MOC7821
MOC7812 MOC7822
MOC7813 MOC7823

OPTO SLOTTED COUPLER/INTERRUPTER MODULES

These devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode facing a silicon NPN phototransistor in a molded plastic housing. A slot in the housing between the emitter and the detector provides a means of interrupting the signal. They are widely used in position and motion indicators, end of tape indicators, paper feed controls and arcless switches.

- 1.0 mm Aperture
- Easy PCB Mounting
- Cost Effective
- Industry Standard Configuration
- Uses Long-Lived LPE IRED

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS: (25°C)

Rating	Symbol	Value	Unit
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	T_{stg}	-40 to +100	°C
Operating Temperature	T_J	-40 to +100	°C
Lead Soldering Temperature (5 seconds maximum)	T_L	260	°C
INFRARED EMITTING DIODE			
Power Dissipation	P_D	150*	mW
Forward Current (Continuous)	I_F	50	mA
Reverse Voltage	V_R	6.0	V
PHOTOTRANSISTOR			
Power Dissipation	P_D	150**	mW
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	V

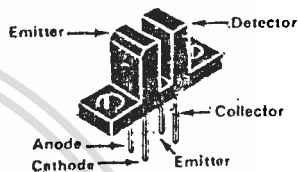
* Derate 2.0 mW/°C above 25°C ambient
 ** Derate 2.0 mW/°C above 25° ambient

INDIVIDUAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS: (25°C) (See Note 1)

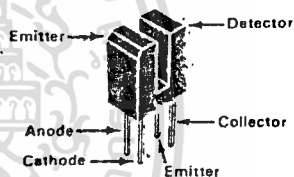
Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
EMITTER					
Reverse Breakdown Voltage ($I_R = 100 \mu A$)	$V_{(BR)R}$	6.0	—	—	V
Forward Voltage ($I_F = 50 mA$)	V_F	—	1.3	1.8	V
Reverse Current ($V_R = 6.0 V, R_L = 1.0 M\Omega$)	I_R	—	50	—	nA
Capacitance ($V = 0, f = 1 MHz$)	C_i	—	25	—	pF
DETECTOR					
Breakdown Voltage ($I_C = 10 mA, H = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	30	—	—	V
Collector Dark Current ($V_{CE} = 10 V, H = 0$)	I_{CEO}	—	—	100	nA

Note 1. Stray irradiation can alter values of characteristics. Adequate shielding should be provided

**OPTO SLOTTED COUPLER
 TRANSISTOR OUTPUT**



(MOC7811, 12, 13 only)
 CASE 354A-01



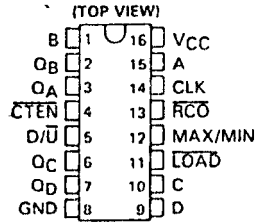
(MOC7821, 22, 23 only)
 CASE 354-01

TYPES SN54ALS190, SN54ALS191, SN74ALS190, SN74ALS191 SYNCHRONOUS 4-BIT UP/DOWN DECADA AND BINARY COUNTERS

D2661, DECEMBER 1982 - REVISED DECEMBER 1983

- Single Down/Up Count Control Line
- Look-Ahead Circuitry Enhances Speed of Cascaded Counters
- Fully Synchronous in Count Modes
- Asynchronously Presetable with Load Control
- Package Options Include Both Plastic and Ceramic Chip Carriers In Addition to Plastic and Ceramic DIPs
- Dependable Texas Instruments Quality and Reliability

SN54ALS190, SN54ALS191 . . . J PACKAGE
SN74ALS190, SN74ALS191 . . . N PACKAGE



descriptions

The 'ALS190 and 'ALS191 are synchronous, reversible up/down counters. The 'ALS190 is a 4-bit decade counter and the 'ALS191 is a 4-bit binary counter. Synchronous counting operation is provided by having all flip-flops clocked simultaneously so that the outputs change coincident with each other when so instructed by the steering logic. This mode of operation eliminates the output counting spikes normally associated with asynchronous (ripple clock) counters.

The outputs of the four flip-flops are triggered on a low-to-high-level transition of the clock input if the enable input (CTEN) is low. A high at CTEN inhibits counting. The direction of the count is determined by the level of the down/up (D/U) input. When D/U is low, the counter counts up and when D/U is high, it counts down.

These counters feature a fully independent clock circuit. Changes at the control inputs (CTEN and D/U) that will modify the operating mode have no effect on the contents of the counter until clocking occurs. The function of the counter will be dictated solely by the condition meeting the stable setup and hold times.

These counters are fully programmable; that is, the outputs may each be preset to either level by placing a low on the load input and entering the desired data at the data inputs. The output will change to agree with the data inputs independently of the level of the clock input. This feature allows the counters to be used as modulo-N dividers by simply modifying the count length with the preset inputs.

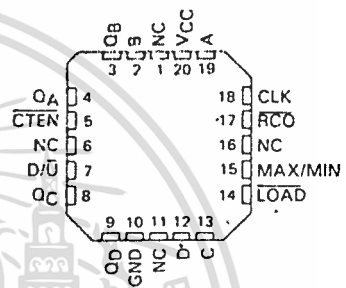
The CLK, D/U, and LOAD inputs are buffered to lower the drive requirement, which significantly reduces the loading on, or current required by, clock drivers, etc., for long parallel words.

Two outputs have been made available to perform the cascading function: ripple clock and maximum/minimum count. The latter output produces a high-level output pulse with a duration approximately equal to one complete cycle of the clock while the count is zero (all outputs low) counting down or maximum (9 or 15) counting up. The ripple clock output produces a low-level output pulse under those same conditions but only while the clock input is low. The counters can be easily cascaded by feeding the ripple clock output to the enable input of the succeeding counter if parallel clocking is used, or to the clock input if parallel enabling is used. The maximum/minimum count output can be used to accomplish look-ahead for high-speed operation.

The SN54ALS190 and SN54ALS191 are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C. The SN74ALS190 and SN74ALS191 are characterized for operation from 0°C to 70°C.

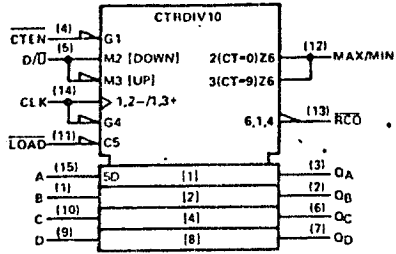
SN54ALS190, SN54ALS191 . . . FH PACKAGE
SN74ALS190, SN74ALS191 . . . FN PACKAGE

(TOP VIEW)

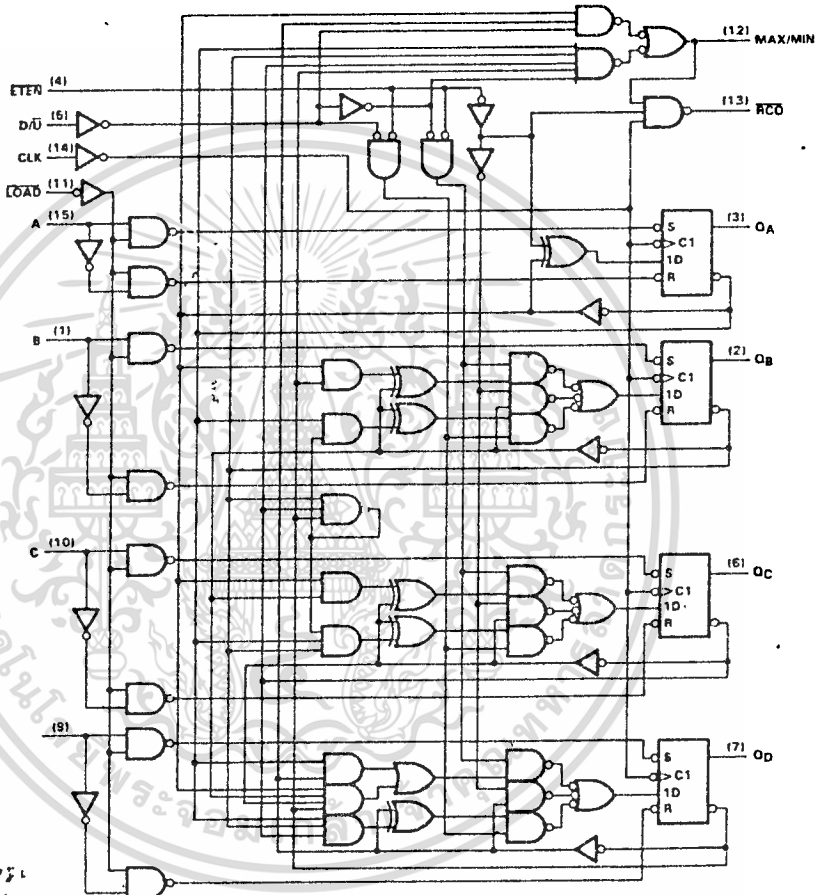


NC no internal connection.

'ALS190 logic symbol



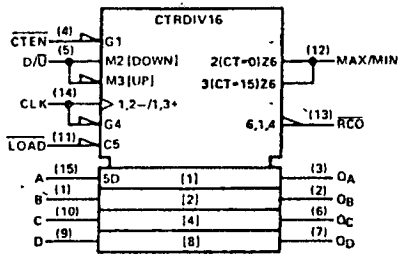
'ALS190 logic diagram (positive logic)



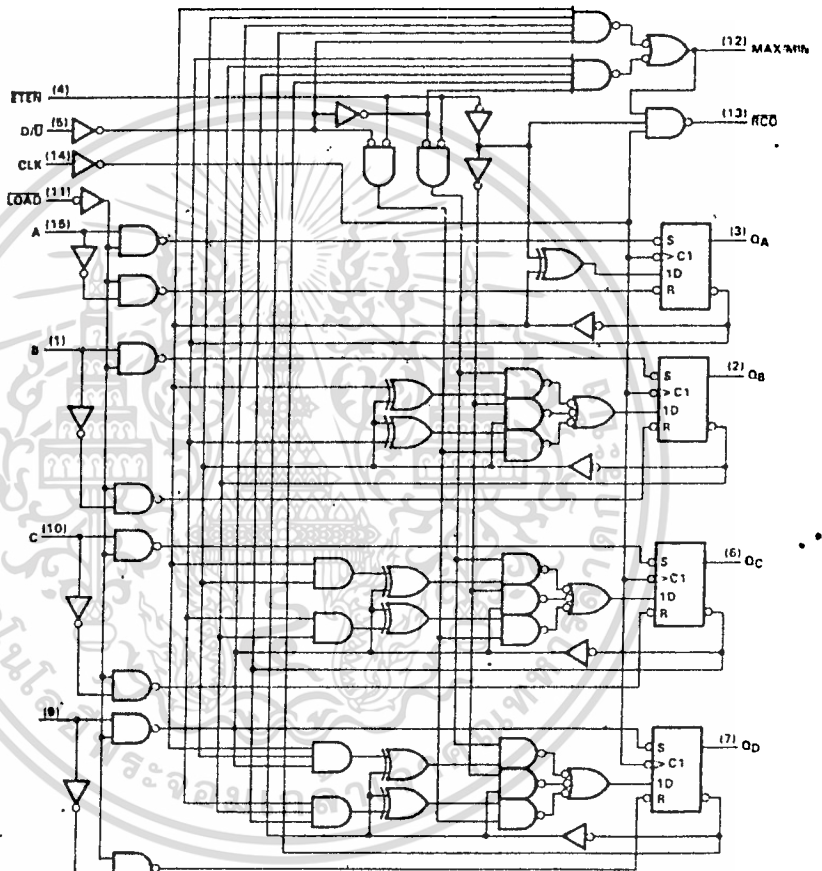
Pin numbers shown are for J and N packages.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'ALS191 logic symbol



'ALS191 logic diagram (positive logic)



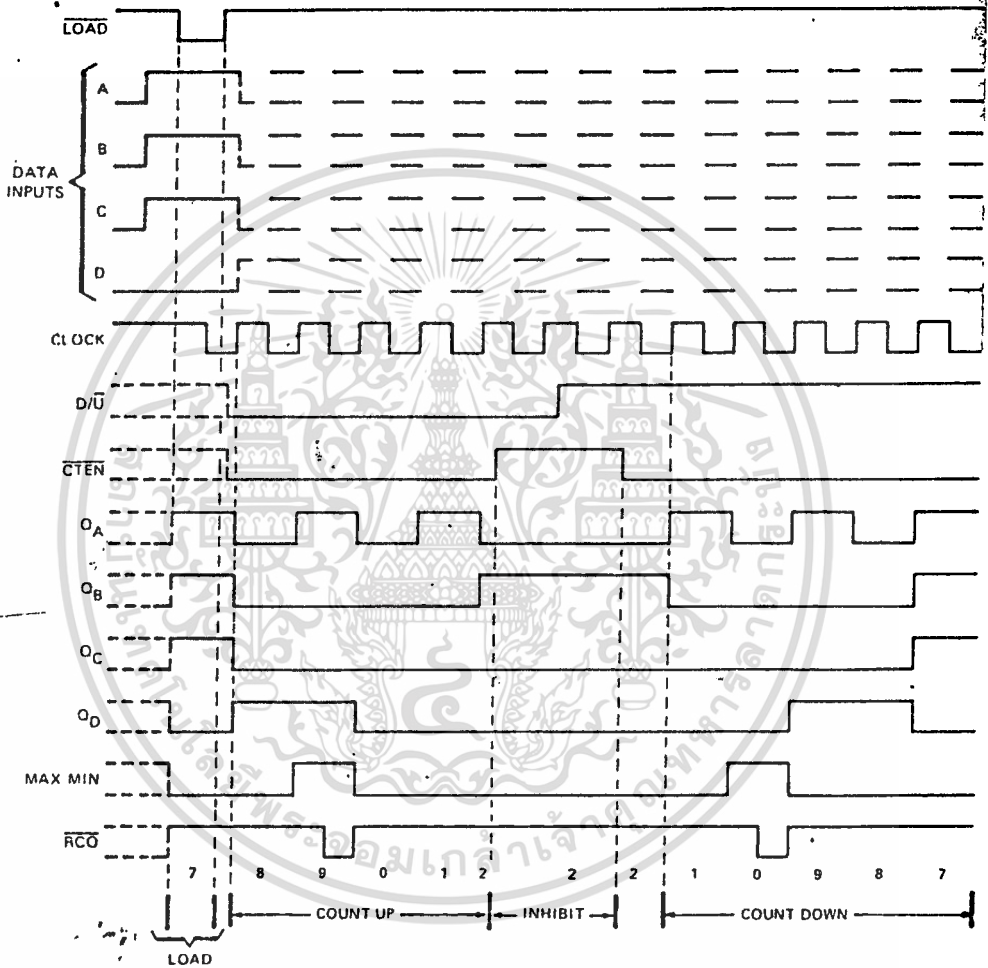
Pin numbers shown are for J and N packages

typical load, count, and inhibit sequences

ALS190

Illustrated below is the following sequence:

1. Load (preset) to BCD seven.
2. Count up to eight, nine (maximum), zero, one, and two.
3. Inhibit.
4. Count down to one, zero (minimum), nine, eight, and seven.

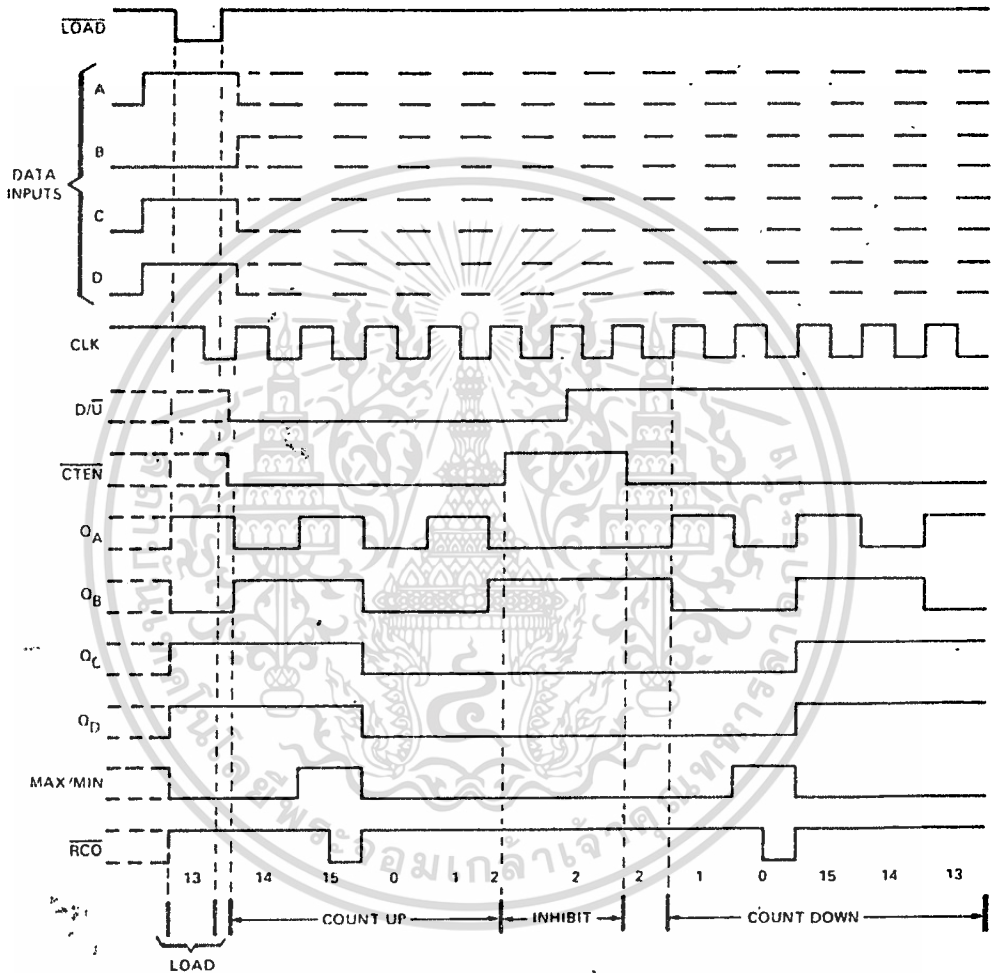


typical load, count, and inhibit sequences

'ALS191

Illustrated below is the following sequence:

1. Load (preset) to binary thirteen.
2. Count up to fourteen, fifteen (maximum), zero, one, and two.
3. Inhibit.
4. Count down to one, zero (minimum), fifteen, fourteen, and thirteen.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC}	7 V
Input voltage	7 V
Operating free-air temperature range: SN54ALS190, SN54ALS191	-55 °C to 125 °C
SN74ALS190, SN74ALS191	0 °C to 70 °C
Storage temperature range	-65 °C to 150 °C

recommended operating conditions

		SN54ALS190 SN54ALS191			SN74ALS190 SN74ALS191			UNIT		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX			
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	V		
V_{IH}	High-level input voltage	2			2			V		
V_{IL}	Low-level input voltage			0.8			0.8	V		
I_{OH}	High-level output current			-0.4			-0.4	mA		
I_{OL}	Low-level output current			4			8	mA		
f_{clock}	Clock frequency	*ALS190		0	20	0		25		
		*ALS191		0	25	0		30		
t_w	Pulse duration	CLK high or low		*ALS190		25		20		
		LOAD low		*ALS191		20		16.5		
								25		
t_{su}	Setup time	Data before LOAD†		25		20				
		CTEN before CLK†		25		20				
		D/U before CLK†		20		20				
		LOAD inactive before CLK†		20		20				
t_h	Hold time	Data after LOAD†		5		5				
		CTEN after CLK†		0		0				
		D/U after CLK†		0		0				
T_A	Operating free-air temperature	-55			125			0	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SN54ALS190 SN54ALS191			SN74ALS190 SN74ALS191			UNIT
		MIN	TYP ¹	MAX	MIN	TYP ¹	MAX	
V_{IK}	$V_{CC} = 4.5$ V, $I_I = -18$ mA			-1.5			-1.5	V
V_{OH}	$V_{CC} = 4.5$ V to 5.5 V, $I_{OH} = -0.4$ mA	$V_{CC} - 2$			$V_{CC} - 2$			V
V_{OL}	$V_{CC} = 4.5$ V, $I_{OL} = 4$ mA	0.25 0.4			0.25 0.4			V
	$V_{CC} = 4.5$ V, $I_{OL} = 8$ mA				0.35 0.5			V
I_I	$V_{CC} = 5.5$ V, $V_I = 7$ V	0.1			0.1			mA
I_{IH}	$V_{CC} = 5.5$ V, $V_I = 2.7$ V	20			20			μ A
I_{IL}	CTEN or CLK	-0.2			-0.2			mA
	All others	-0.1			-0.1			mA
I_{O1}	$V_{CC} = 5.5$ V, $V_O = 2.25$ V	-30 -112			-30 -112			mA
I_{CC}	$V_{CC} = 5.5$ V, All inputs at 0 V	12 22			12 22			mA

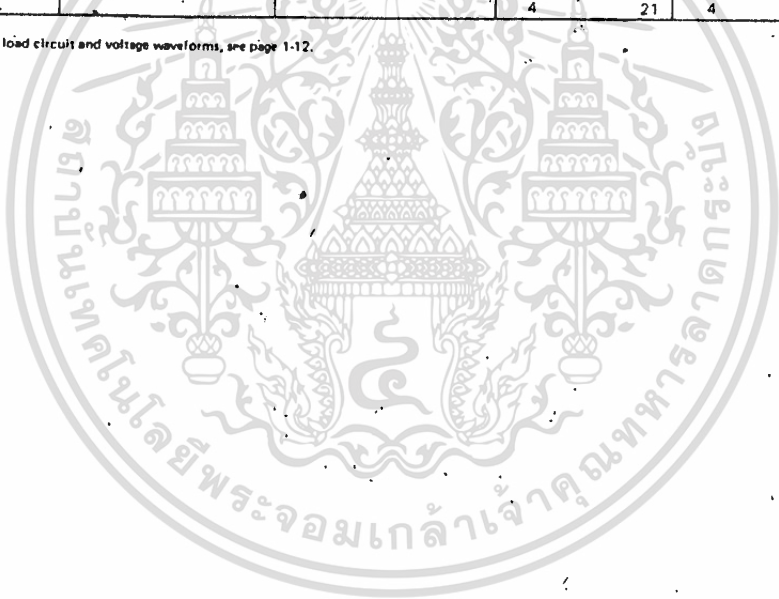
¹All typical values are at $V_{CC} = 5$ V, $T_A = 25$ °C.

²The output conditions have been chosen to produce a current that closely approximates one half of the true short-circuit output current, I_{OS} .

switching characteristics (see Note 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	V _{CC} = 4.5 V to 6.5 V, C _L = 60 pF, R _L = 600 Ω, T _A = MIN to MAX				UNIT
			SN54ALS190 SN54ALS191		SN74ALS190 SN74ALS191		
			MIN	MAX	MIN	MAX	
f _{max}	'ALS190		20		25	MHz	
	'ALS191		25		30		
t _{PLH}	LOAD	Any Q	8	34	8	30	ns
t _{PHL}			8	34	8	30	
t _{PLH}	A, B, C, D	Any Q	4	25	4	21	ns
t _{PHL}			4	25	4	21	
t _{PLH}	CLK	RCO	5	24	5	20	ns
t _{PHL}			5	24	5	20	
t _{PLH}	CLK	Any Q	3	22	3	18	ns
t _{PHL}			3	22	3	18	
t _{PLH}	CLK	MAX/MIN	8	34	8	31	ns
t _{PHL}			8	34	8	31	
t _{PLH}	D/U	RCO	15	42	15	37	ns
t _{PHL}			10	33	10	28	
t _{PLH}	D/U	MAX/MIN	8	30	8	25	ns
t _{PHL}			8	30	8	25	
t _{PLH}	CTEN	RCO	4	21	4	18	ns
t _{PHL}			4	21	4	18	

NOTE 1: For load circuit and voltage waveforms, see page 1-12.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ เกิดขึ้นและเป็นผลสำเร็จมาถึงระดับหนึ่งได้ ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำจาก

- : อาจารย์ พลผดุง ผดุงกล
- : อาจารย์ ชนิษฐา แซ่ตั้ง
- : อาจารย์ โกศล ชวนชัย
- : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
- : ศูนย์พัฒนาวิศวกรรม
- : ชมรมอิเล็กทรอนิกส์

ผู้จัดทำขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย



เอกสารอ้างอิง

1. ผศ. โยธิน เปรมปราณีรัตน์ " วิเคราะห์และออกแบบการควบคุมมอเตอร์ " , หน้า 20-27, 2526
2. Chek - Chart , " Automotive Electrical and Electronics System "
3. Irving M. Gottlieb, "Electric Motor and Electronic Motor control techniques (New York)", pp 24-27, 1976
4. Kieser, L. Joseph, "Electrical power (South Holland)", pp 206-218, 253-254, 269-280, 1982
5. Emanuel, Pericles John, "Motor, generator, transformer, and energy (USA)", pp 169-199, 1985
6. Martin A. Plonus, "Applied electromagnetics" pp 224-228, 267-275, 339-335, 1986