

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาไปใช้

1 2 ก.ค. 2534

027894



ปีการศึกษา 2533



วิทยานิพนธ์ เรื่อง
เครื่องส่งลูกเทนนิส (TENNIS BALL MACHINE)

โดย
นางสาว ศิโรบล แจ่มแก้ว 31.3428

(Handwritten signature)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ นิกร สุขมตันติ)

เลขหมู่ T 33061 ค ๑
เลขทะเบียน 027894
วัน, เดือน, ปี 12 ก.ย. 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027894



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยิงลูกเทนนิส
(TENNIS BALL MACHINE)

นางสาว ศิโรบล แจ่มแก้ว รหัส 313428

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ นิกร สุขมตันติ

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ถูกสร้างขึ้นจากเจตนาของนักประดิษฐ์ ซึ่งเป็น
การสร้างเครื่องยิงลูกเทนนิส (tennis machine ball) ออกไปยังผู้ตีลูก ball
โดยจะมีตัวส่งกำลังไปกระทบ ball เพื่อให้ลูกหลุดลอยออกไป ซึ่งตัวส่งกำลังนี้เอง
ได้ถูกสร้างขึ้นจากหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าหรือเรียกว่า SOLENOID ซึ่งเป็นความ
แตกต่างไปจากที่เคยพบเห็นกันอยู่โดยทั่วไปส่วนมากแล้วจะมีอยู่ในต่างประเทศ และ
เครื่องที่ปรากฏเหล่านี้ล้วนแต่ให้หลักการของเครื่องกลเสียเป็นส่วนใหญ่ เช่น การใช้
ลมอัดเข้าท่อ หรือเป็นลักษณะของลูกปืนซึ่งจะอาศัยแรงเหวี่ยงไปกระทบลูกเทนนิส
เพราะฉะนั้นเครื่องที่สร้างขึ้นมาเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงถือได้ว่าเป็นมิติใหม่แห่งวงการกีฬา
เมืองไทย

สำหรับการทำงานนี้ก็จะสรุปเนื้อหาคร่าวๆไว้พอสังเขป ดังนี้ ส่วนตัว
ส่งกำลังจะประกอบด้วยขดลวดซึ่งพันซ้อนทับกันอยู่ในรูปของ solenoid โดยมีแกนเหล็ก
อยู่ตรงกลางเพื่อให้แกนเหล็กขึงออกไปด้วยความแรงของเส้นแรงแม่เหล็กที่เหนี่ยวนำ
กับแกนเหล็กภายใน การที่แกนเหล็กจะถูกเหนี่ยวนำได้ก็ต่อเมื่อเราจ่ายไฟฟ้าให้

กับขดลวด solenoid ซึ่งแกนเหล็กจะมีความเร็วและแรงสูงที่สุดก็คือจุดที่แกนเหล็ก
เคลื่อนที่เข้าไปอยู่ในสภาวะสมดุลกับขดลวด coil ละตัวพอตั้งช่วงนี้เราจะตัดไฟที่จ่ายให้กับมันไปใช้

solenoid โดยการติดตั้งไมโครสวิทช์ไว้ซึ่งจะสัมพันธ์กับการควบคุมมุมในการยิง

ส่วนฐานเป็นการควบคุมการหมุนของหัวยิงหรือกระบอกยิง โดยจะหมุนซ้ายหรือขวาได้ด้วยกลารกลีบทิศของกระแสที่ป้อนให้มอเตอร์ขับ ซึ่งเราจะควบคุมได้ด้วยการติดตั้งเซ็นเซอร์ (sensor) ใต้นับพัลส์ที่มอเตอร์หมุนไปเข้าวงจรนับเพื่อให้ตรงกับมุมที่เราต้องการ

ส่วนป้อนลูกเทนนิสเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ด้วยวิธีการไหลลงไปตามท่อไปยังปลายกระบอกยิง ตามแรงโน้มถ่วงของโลกและหรือตามแรงสั่นสะเทือนของตัวเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

TENNIS BALL MACHINE

ABSTRACT

This is thesis about the invention of tennis ball machine, by using the solenoid source power. It has considered three parts and specifies function too.

The part one is the solenoid wiring with copper line, into the coil is iron core when enter supply voltage and current to the coil to short time (pulse). It will move the iron or steel rod forward and push a ball through out to the tube

The second part is "base" drive with dc motor control position and direct with electronic sensor. The sensor will give pulse positive to counter for detect the position by turning the relay alternate pole supply motor and stop at went position

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

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	โครงสร้างแม่เหล็กไฟฟ้า	1-9
1.1	ทวนการเกิดแม่เหล็กไฟฟ้า (THE MAGNETIZING PROCESS)	1
1.2	ชนิดของ MAGNETIC MATERIALS	1
1.3	ความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กกับกระแสตรง (THE RELATION OF MAGNETIC FIELD CURRENT DIRECTION)	2
1.4	THE MAGNETIC CORE IN THE COIL	5
1.5	กำลังแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหลืออยู่หลังจากตัดกระแสไฟฟ้าออกแล้ว	8
1.6	พลังงานในสนามแม่เหล็ก (ENERGY IN THE MAGNETIC FIELD)	8
1.7	INTERACTION OF MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS	8
1.8	สรุปวามลักษณะของแม่เหล็กทั้งหมด (PRINCIPLES COMMON TO ALL MAGNETIC	9
บทที่ 2	SOLENIOD	10-29
2.1	หลักการทํางานของ solenoid	11
2.2	ขั้นตอนในการเลือกให้ solenoid	13
2.3	แนวความคิดในการนำเอา solenoid ไปใช้งาน	15
2.4	หลักการคณวนหาค่าของ solenoid โดยทั่ว ๆ ไป	17
2.4.1	กฎของคูลอมป์ (Ampere's law)	21
2.4.2	ความเข้มของแม่เหล็กที่จุด center ของวงกลมที่มีกระแส	24

ไหลผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 2.4.3 ความเข้มของแม่เหล็กที่จุด center solenoid การทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของความยาวเป็น finite

2.4.4 ความเข้มข้นแม่เหล็กใกล้ ๆ ความยาวของตัวนำที่เป็น 28

infinity

2.4.5 ความเข้มข้นของช่องว่าง (สัญลักษณ์) 29

บทที่ 3 ตัวส่งกำลังของเครื่องยิงลูกเทนนิส 30-37

3.1 หลักการและการคำนวณหาค่า coil 30

3.2 สารที่สามารถทำเป็นแกนของ solenoid ได้ 32

บทที่ 4 การควบคุมการทำงานของเครื่อง 38-60

4.1 การควบคุมตัวส่งกำลัง 38

4.2 การ start ตัวยิงหรือการยิงลูกเทนนิส 44

4.3 ส่วนทำหน้าที่วัดความเร็วของแกนกระทกลูกเทนนิส 46

4.4 การควบคุมมุมในการยิงด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 49

ภาคผนวก

- Data sheet

- อ้างอิง

- กิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

โครงสร้างแม่เหล็กไฟฟ้า

1.1 ขบวนการเกิดแม่เหล็กไฟฟ้า (THE MAGNETIZING PROCESS)

Iron, nickel และโลหะบางชนิดรวมถึง alloys ถูกเรียกว่าเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า เพราะว่าทั้งหมดนี้สามารถที่จะเป็นแม่เหล็กได้ แม่เหล็กชิ้นหนึ่งมีขั้ว 2 ขั้ว อยู่บนตัวมัน การเกิดแม่เหล็กหรือการต่างขั้ว โดยมีวิธีการดังนี้คือการใส่โลหะเข้าไปในคอยล์ของขดลวดนั้น แล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดหรือโดยการวางตำแหน่งของโลหะไว้ใกล้ ๆ กับแม่เหล็ก เป็นเวลานานมาแล้ว ได้พบว่า การเกิดความร้อนหรือการสูญเสีย (loss) จากความร้อนของตัวมัน ทั้งการสั่นเป็นการทำให้เกิดการแตกกระจายของอะตอมของโลหะ มากกว่า 10^4 เท่าในเหล็กธรรมดา - แม่เหล็กกับ 2 ขั้วเท่านั้นแม้ว่าเราจะตัดออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เท่าไหร่ก็ตามโลหะจะกลายเป็นแม่เหล็กที่มี 2 ขั้วเสมอ คือ ขั้วเหนือและขั้วใต้

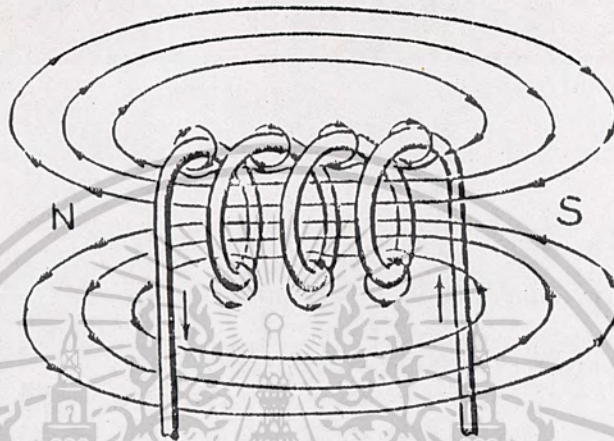
1.2 ชนิดของ MAGNETIC MATERIALS

สำหรับการแบ่งคร่าว ๆ ทยาบ (rough classification) แม่เหล็กอาจจะเป็นการ divid ได้ 2 groups คือ ถาวร และ ชั่วคราว แม่เหล็กถาวรเป็นความเข้มที่ให้อะตอมของมันอย่างเป็นระเบียบหลังจากเกิดแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ แม่เหล็กถาวรใช้ในเครื่องรับโทรทัศน์ และอื่น ๆ

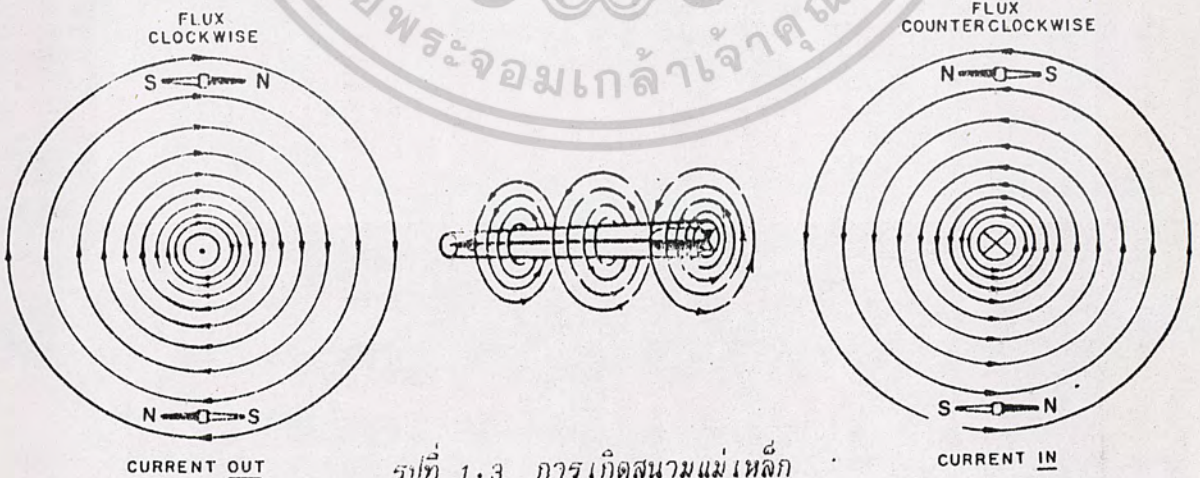
แม่เหล็กชั่วคราว (temporary - magnet materials) เป็นแบบง่าย ๆ และแม่เหล็กแข็ง (strongly magnetized) แต่จะมี least ของ their strength เมื่อแรงแม่เหล็กเกิดการเคลื่อนที่มันเป็นการความสำคัญ มากของแม่เหล็กชั่วคราวเป็น iron บริสุทธิ์รักษาไว้ ทำให้อ่อน โดยการเผาให้อ่อนตัว โลหะอ่อนเป็นอะตอมอันหนึ่งซึ่งด้ารอบพร้อมมูลแล้วการยอมให้ง่าย ๆ อะตอมการเตรียมแม่เหล็กไม่เป็นระเบียบ ส่วนมากใช้โลหะเป็น silicon iron (2-4%)

การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของสนามแม่เหล็กอาจจะแสดงได้ในรูปที่ 3 จุดที่ center ของกม็ือซ้าย
 เป็นจุดแสดงเส้นลวดของกระแสตรง สิ่งเกิดดลลศร ที่แสดงอยู่ทางขวามือปลายของ
 ลลศรแสดงกระแสจากจุดนี้ไป



รูปที่ 1.2 แสดงข้วแม่เหล็กไฟฟ้าใน coil



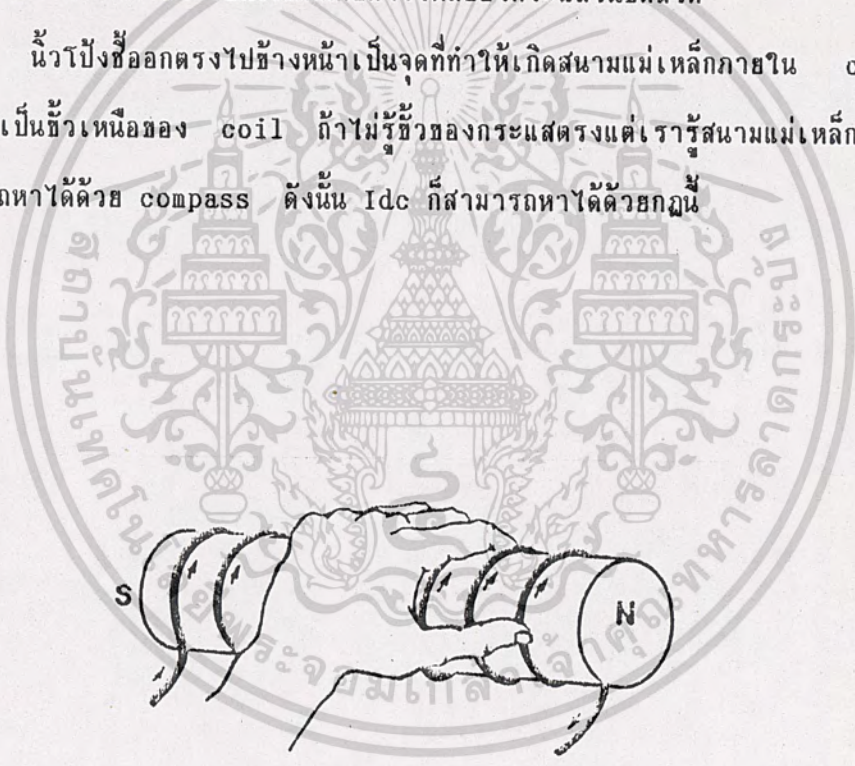
รูปที่ 1.3 การเกิดสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใน coil ที่พันเป็นขด ๆ จากรูปเมื่อเส้นลวดม้วนเป็นรูป coil เหมือนในรูปที่ 4 รอบของขดลวดเป็นตัวล้อมโดยมันเกิดสนามแม่เหล็กเป็นวงกลม เหล่านี้เป็นางหมุนรอบแรงประกอบกันขึ้นทำให้เป็นสนามแม่เหล็กขนาดใหญ่อันหนึ่ง ปรากฏล้อมรอบถึงปลายของ coil

coil แม่เหล็กของ shape นี้เป็นเทอมของ solenoid รูปที่ 5 แสดงการเกิดความสัมพันธ์ระหว่างกระแสตรงและสนามทววงของ . มีด้วยกันที่ด้านปลายสุดของ coil เป็นผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็ก ไม่สนใจว่ามีแกนเหล็กเล็ก ๆ ใน coil ถ้า coil ถูกจับด้วยมือซ้าย ดังนั้นนิ้วชี้จะเป็นเหมือนกับกระแสในขดลวด

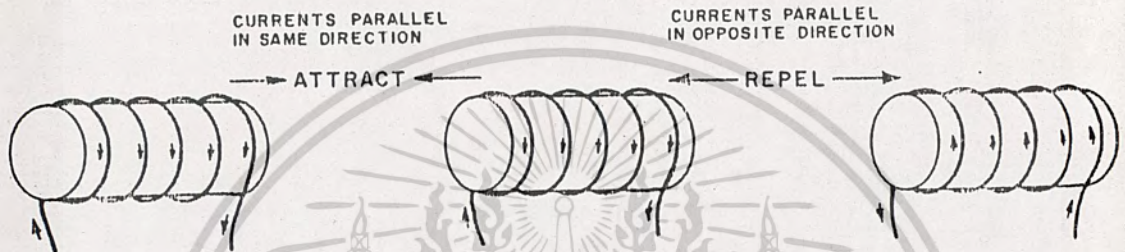
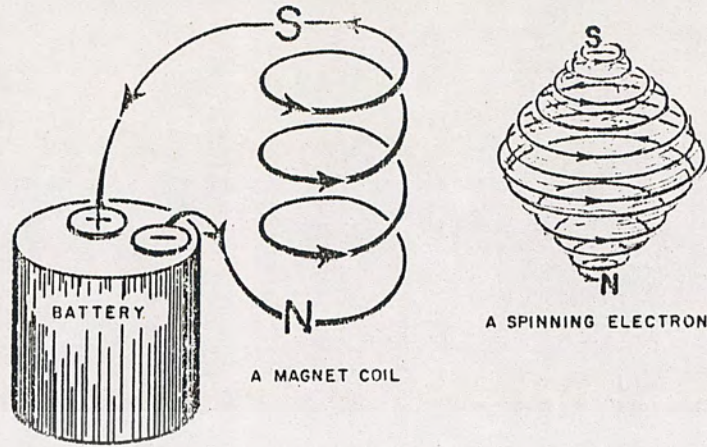
นิ้วโป้งชี้ออกตรงไปข้างหน้าเป็นจุดที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กภายใน coil กระแสที่จุดนี้จะเป็นขั้วเหนือของ coil ถ้าไม่รู้ขั้วของกระแสตรงแต่เรารู้สนามแม่เหล็กใน coil หรือสามารถหาได้ด้วย compass ดังนั้น Idc ก็สามารถหาได้ด้วยกฎนี้



รูปที่ 1.4 กฎมือซ้ายสำหรับ coil

รูปที่ 3 กฎมือขวาสำหรับ coil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 การเกิดสนามแม่เหล็กในกระแสไฟตรง

1.4 THE MAGNETIC CARE IN THE COIL

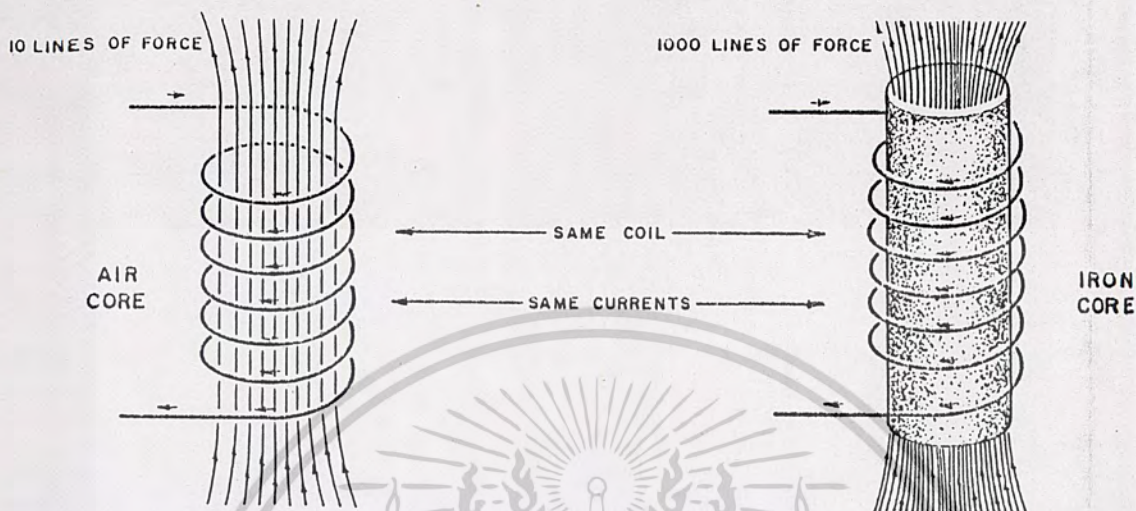
ความสามารถของสนามแม่เหล็กของ coil อาจจะเป็นการพิจารณาและเข้าใจ การปฏิบัติได้ทั้ง 2 ทาง

1. ระบบของสูตร (formulas) มีการ set up ดังนั้นการเกิดแม่เหล็กจึง มีความแน่นอนแม่นยำมากหรือ magnetic strength สามารถแสดงให้เห็นอยู่ได้ โดยจำนวน ของเส้นแรงในส่วนกำลังสองของพื้นที่หน้าตัดของ coil จำนวนเส้นของแรง/นิ้ว เรียกว่าเป็น flux density flux หมายถึงจำนวนเส้นแรงทั้งหมด

ความเข้มแม่เหล็ก (magnetic strength) = จำนวนเส้นแรง/A² หน่วย meter/นิ้ว

2. ความสามารถแม่เหล็กแสดงได้โดย ampere - turns ของ coil A - turn คือ ผลของการคูณ (multiplying) จำนวนระบบของเส้นลวดด้วยกระแส (amp) ใน coil เช่น 2 amp ใน 20 รอบ มีผลเหมือน magnetic 4 amp ใน 10 รอบ หรือ 1/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่วารกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



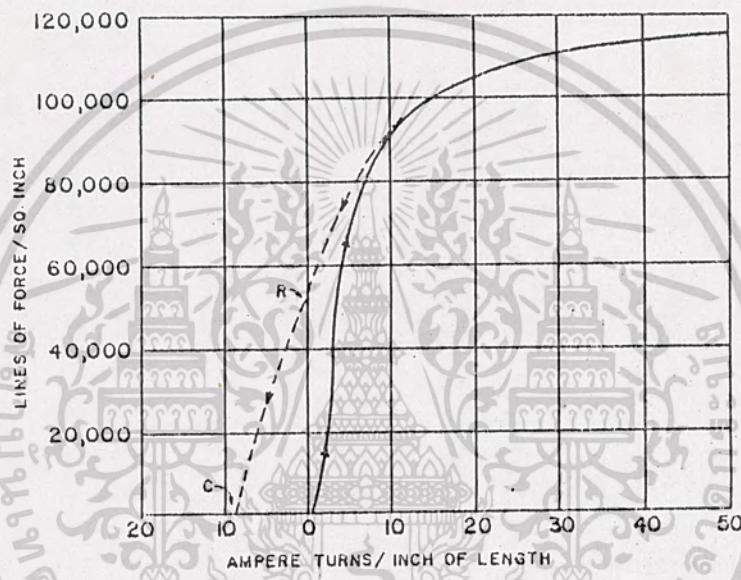
รูปที่ 1.6 เส้นแรงแม่เหล็กสำหรับหม้อแกนเป็นอากาศและแกนเหล็ก

ที่ได้แสดงมานั้นโลหะที่ไม่สามารถเป็นแม่เหล็กใน coil DC ไม่เป็นที่รู้จัก ผลที่ได้เกิดขึ้นบนคอยล์แม่เหล็กใส่โลหะที่เป็นแม่เหล็กผลที่ได้ในการเพิ่มจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก ทั้งหมดก็เป็นอย่างเดียวกัน เรามีเส้นลวดพันเป็น coil ขาว ในรูปที่ 6 แล้วปล่อยกระแสเข้าไปในตัวทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นเส้นตรง เราจะเห็นได้ว่าการวาดเส้นแรงแม่เหล็ก 10 เส้น เมื่อ bar ของโลหะที่เป็นแม่เหล็กเป็นชิ้นอยู่ข้างในและรอบ ๆ coil รูปที่ 6 b. มันอาจจะหาได้ทำให้การเกิดแม่เหล็กของโลหะชนิดนี้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น 1000 เส้น แทน 10 เส้น การใส่ bar เป็นการเพิ่มขึ้นของสนามแม่เหล็กถึง 100 เท่า

ความสามารถของโลหะเป็นแม่เหล็กทำให้ความเข้มของสนามเพิ่มขึ้นในทางนี้เรา เรียกว่า การซึมซับ (permeability) การซึมซับ คือการวัดของความรับที่จะเป็นแม่เหล็ก ของโลหะที่จะกลายเป็นแม่เหล็ก มีความแม่นยำมากมันจำนวนเท่าของความเข้มของ flux ที่เพิ่มขึ้นโดยทางบวกของโลหะ ในรูปที่ 6 ความซึมซับของแกนเหล็กเป็น 100 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สถาปัตยกรรมหรือโครงการของอุปกรณ์แม่เหล็กที่ต้องการจะทราบโดยละเอียด กรุณาติดต่อผู้ขายหรือผู้ผลิตและผู้จำหน่ายและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ เอย์ดอย่างไรก็ตามความเข้มเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อกระแสใน coil เพิ่มขึ้น นี้เป็น

การแสดงให้เห็นอย่างดีที่สุดโดยกราฟอยู่ในรูปที่ 7 maker ของ alloys magnetic สามารถที่จะให้ charts ของโลหะนั้นได้ส่วนที่แสดง ampere-turns/nich ของความยาวบนกราฟ หมายถึง A-t ของ coil ทหารด้วยส่วนของความยาวทั้งหมดของเส้นแรงแม่เหล็ก



รูปที่ 1.7 กราฟแสดงจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อจำนวนรอบ

ข้อปฏิบัติทั้งสองนี้เป็นลักษณะข้อควรเอาใจใส่เป็นพิเศษสามารถแสดงได้ในรูปของกราฟรูปที่ 7 เส้นประ(dot line) แสดงทางปฏิบัติของแม่เหล็กของโลหะคล้ายกับมีกระแสไหลในแม่เหล็กเป็นredecจุดที่สูงที่สุดคือ Rเหนือระดับ0แสดงresidual magneicizm ซึ่งเป็นจำนวนการรักษาแม่เหล็กใน core ไว้ได้หลังจากที่แรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ (current in coil) residual magnetism ควรจะอยู่สูงกว่าในแม่เหล็กถาวรถึง 50,000 เส้นต่อนิ้วหรือมากกว่านั้น ในโลหะแม่เหล็กชั่วคราวที่ค่าของ residual magnetism อยู่ต่ำมาก ๆ ำไปใช้

1.5 กำลังแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหลืออยู่หลังจากตัดกระแสไฟฟ้้าออกแล้ว

ระยะทาง (distance) บน amp-turn scale จากจุด 0 ถึง c เป็นปริมาณของแรงบังคับ coercive force การวัดทางด้านซ้ายบน scale แสดงกระแสในทางกลับ (invers) ทางตรงกันข้ามเป็นการใส่ที่ลู่ผ่าน coil เพื่อสิ่งให้เคลื่อนที่ไปเป็นกำลังแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหลืออยู่หลังจากตัดกระแสไฟฟ้้าออกแล้ว นำไปสู่แม่เหล็กของแกนขึ้นจากระดับ 0 ถ้าแรงบังคับ (coercive force) มีจำนวนมหาศาล นั้นหมายถึงแม่เหล็ก (magnetic) เป็นการแยกหรือแตกต่างกับ demagnetized ซึ่งเป็นการพิจารณาอัตราส่วนสำหรับแม่เหล็กถาวร แม่เหล็กชั่วคราวที่ดีที่สุดมีแรงบังคับ (coercive force) ต่ำกว่า 0 มาก ๆ (very close to zero)

1.6 พลังงานในสนามแม่เหล็ก (ENERGY IN THE MAGNETIC FIELD)

เมื่อวงจร battery ปิดอยู่และกระแส i เริ่มไหล electron จะถูก set ให้เคลื่อนที่โดยพลังงานการเคลื่อนที่แต่การเคลื่อนที่ electron ไม่เหมือนกับการบิน (flying) บนฐาน (base balls) มีน้ำหนักไม่เร็วการจ่ายพลังงานนี้เป็นของตัวแปรในการ design ของตัวนำ coil และแม่เหล็ก ซึ่งในพลังงานของสนามแม่เหล็กเป็นการปฏิบัติมีจะเป็นวงจรเพื่อตัดกระแสออกทันทีทันใด นี่เป็นการบรรยายลักษณะ further ใน chapter นี้

รอบ ๆ coil จ่ายไฟตรงที่คงที่ไม่สามารถทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคงที่ตลอดไปเท่าที่จ่ายให้มากกว่าพลังงานที่ตัวมันยังคงรักษาไว้ได้ กระแสจำนวนหนึ่งไม่คงที่ (established) และเกิดสนามขึ้นรวมทั้งพลังงานของกระแสที่มีใช้เป็นตัวเกิดความร้อนขึ้นจนหมดกำลัง

ความต้านทานของ coil ของเส้นลวด ($W = i^2 R$)

1.7 INTERACTION OF MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS

การต่อไฟฟ้าและแรงแม่เหล็กเป็นใช้รวมกันได้ดังนี้ "สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็น

การสร้างโดยการเคลื่อนที่ของสนามไฟฟ้าเป็นการเกิดขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็ก"

ในความหมายอื่น ๆ (In other words) สนามแม่เหล็กถูกสร้างขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของแม่เหล็กสามารถที่จะทำให้เกิดแรงไฟฟ้าได้เช่นกัน กระแสส่วนที่ผ่านมาใช้



ของ statement นี้ การทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแรง electron จากการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กจะบรรยายลักษณะตัวหนังสือได้ในการต่อกับ generators

1.8 สรุปรวมลักษณะของแม่เหล็กทั้งหมด (PRINCIPLES COMMON TO ALL MAGNETICS)

โดยทั่ว ๆ ไปการใช้กฎไฟฟ้าและขบวนการทาง mechanicals ผลสำเร็จที่เกิดขึ้นเป็นอัตราส่วนโดยตรงต่อความพยายามและในทางกลับกันต่ออุปสรรค ตัวอย่างอันหนึ่งของ statment นี้เป็นกฎของ ohm , $i = E/R$ สภาวะนั้นเกิดกระแสคือเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับแรงการเคลื่อนที่และเป็นส่วนกลับกับความต้านทาน ในความพยายามทำให้เกิดแม่เหล็ก ผลที่ได้จากการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหรือ flux ความพยายามอันนี้เป็น amp-turn ของ coil แม่เหล็ก หรือมากกว่านั้น แรงแรงการเคลื่อนที่เป็น amp-turn ต่อหน่วยแรงต้านต่อแม่เหล็กเรียกว่าเป็น ความเหนียวน่า (reluctance) อากาศเป็นโลหะที่ทำให้ค่า reluctence สูง (high-relue) iron เป็นโลหะที่ให้ค่า reluctence ต่ำ (low reluctence) นี้เป็นทางอันพูดได้ว่าอากาศนั้นไม่เป็นแม่เหล็กและ iron เป็นแม่เหล็กง่ายกว่า reluctivity คือ ตรงกันข้ามกับ permeability

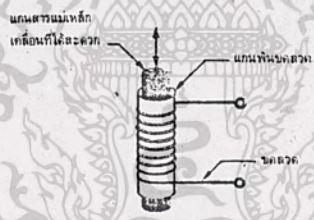
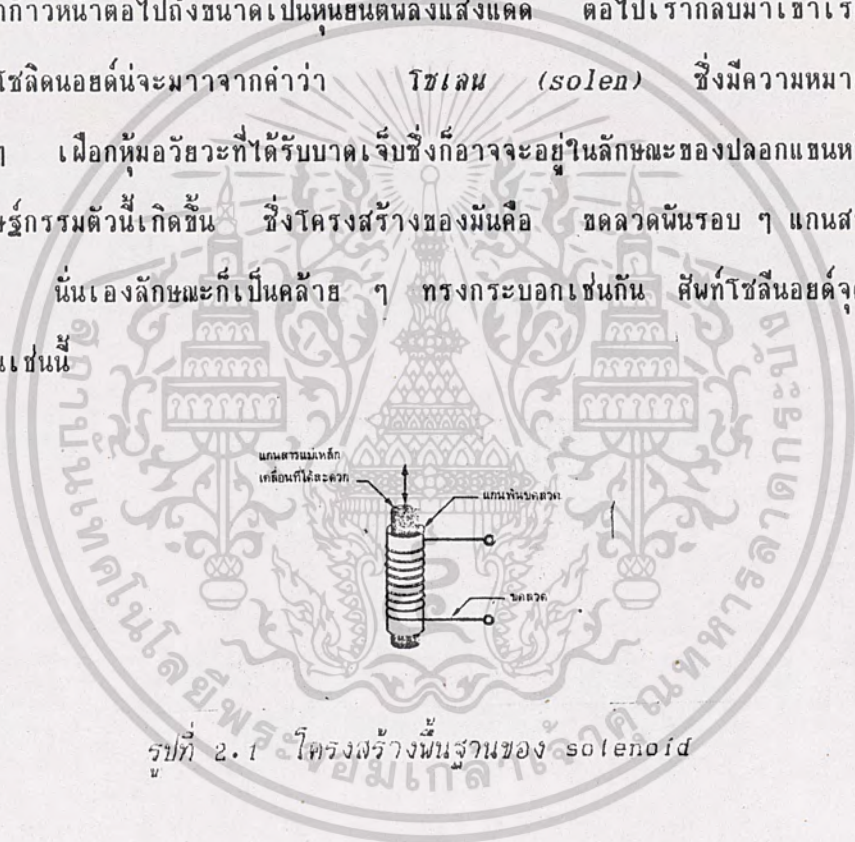
ในทำนองเดียวกันของความสัมพันธ์อันนี้ "flux = การเคลื่อนที่แรงแม่เหล็กหารด้วย reluctence โดยกฎของโอห์ม (Ohm's law)" กระแส(current) = แรงไฟฟ้า หารด้วย resistance" นำชื่อ magnetic circuit สำหรับใส่ตลอดเส้นแรงให้เป็นแม่เหล็ก ตลอดไปไม่มีการเคลื่อนที่เส้นแรงยาว ๆ อุปกรณ์แม่เหล็กทั้งหมดมีวงจรแม่เหล็กซึ่งสามารถเป็นตัวเชื่อมต่อโดย following ผ่านเส้นแรงจากจุดนี้รอบไปตลอดแกน iron และ อากาศ และกลับมาที่จุดเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

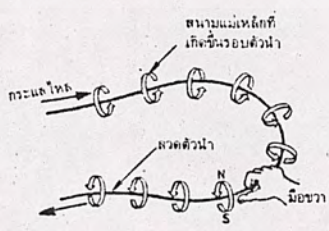
บทที่ 2

SOLENOID

หลายคนฟังชื่อแล้วอาจทำให้คิดถึง แอนดรอยด์ (หุ่นมนุษย์ในนิยายวิทยาศาสตร์) เพราะลงท้ายด้วยเสียงออกซ์เหมือนกัน ฟังดูทันสมัย แถมยังมี โขลัด มาหน้าอีกทำให้นึกก้าวหน้าต่อไปถึงขนาดเป็นหุ่นยนต์พลังแสงแดด ต่อไปเรากลับมาเข้าเรื่องและเข้าใจศัพท์ของโซลินอยด์น่าจะมาจากคำว่า โซเลน (solen) ซึ่งมีความหมายทางแพทยศาสตร์ ๑. เยื่อหุ้มอวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บซึ่งก็อาจจะอยู่ในลักษณะของปลอกแขนหรือแอลกอฮอล์ ๑. เมื่อมีประติรูปกรรมตัวนี้เกิดขึ้น ซึ่งโครงสร้างของมันคือ ขดลวดพันรอบ ๑. แกนสารแม่เหล็ก ดังรูปที่ 1 นั้นเองลักษณะก็เป็นคล้าย ๆ ทรงกระบอกเช่นกัน ศัพท์โซลินอยด์อาจจะถูกเรียกมาเป็นเช่นนี้

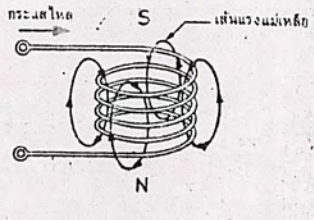


รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของ solenoid



รูปที่ 2.3 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ฟังนี้ ขี้เกียจพิมพ์แต่พิมพ์ให้ชัดและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่พิมพ์มาให้นำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่

เราใช้ solenoid มาประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการเชื่อมโรงแรงงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลโดยตรง โดยสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนให้เข้ามาทางขดลวด จะทำให้แกนสารแม่เหล็กของ solenoid เกิดการเคลื่อนที่ขึ้น การเคลื่อนที่นี้เองที่เรานำไปใช้ประโยชน์เช่น ชักกลอนประตู ไปถึกับกระเดื่องทำให้กลไกทำงานหรือหยุดทำงาน ฯลฯ เราจะมาศึกษา solenoid ที่ใช้กันทั่วทั้งหมัดที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง

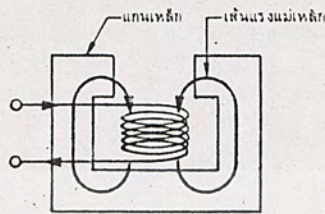
2.1 หลักการทำงานของ SOLENOID

คุณเออร์สเตดเป็นผู้ตั้งกฎ (ตามหลักความเป็นจริงที่ค้นพบและได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1) ว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในลวดตัวนำใด ๆ ก็ตาม จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้นดังในรูปที่ 2 และเป็นไปตามกฎมือขวาทำให้ทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กด้วย คือถ้าเอามือขวากำรอบเส้นลวด โดยนิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางการไหลของกระแส นิ้วที่เหลือทั้งหมดจะหันไปทางเดียวกันจะแสดงทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วใต้ไปขั้วเหนือ

เมื่อเราเอาเส้นลวดแบบตะกั่วพันแต่ยาวกว่าหน่อยมาขดเป็นวง ๆ หลาย ๆ วงก็จะเกิดลักษณะของขดลวดนี้ ดังรูปที่ 3 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแต่ละขดจะอยู่ในทิศทางที่เสริมกัน และก่อกำเนิดเป็นเส้นแรงแม่เหล็กรวม มีทิศเหนือและใต้ตั้งรูป ซึ่งก็แปลว่าในขณะที่ขดลวดขุดนี้จะทำหน้าที่เช่นเดียวกับแม่เหล็กถาวรแท่งหนึ่ง ซึ่งพร้อมที่จะดูดสารแม่เหล็กได้ทันที แต่เนื่องจากสภาพรอบ ๆ ขดลวดเป็นอากาศเส้นแรงแม่เหล็กจึงไม่เข้มข้นมากนัก

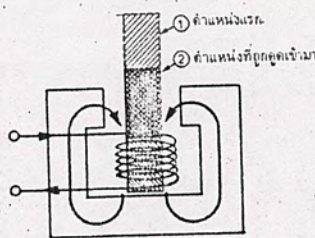
เพื่อที่จะไม่ให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกระจัดกระจาย เขาจึงใส่แกนเหล็กอ่อนรูปตัว c เข้ามารอบ ๆ ขดลวด เพื่อให้สนามแม่เหล็กมากขึ้นดังรูปที่ 4 ถ้าเอาแกนกระทุ้ง (plunger) มาใส่เข้าไปตรงกลางขดลวดในตำแหน่งที่ 1 แกนกระทุ้งจะถูกดูดให้ลึกลงเข้ามาจนสนิทในตำแหน่งที่ 2 ยิ่งระยะทางไกลมากเท่าไร แรงดูดก็จะมากขึ้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



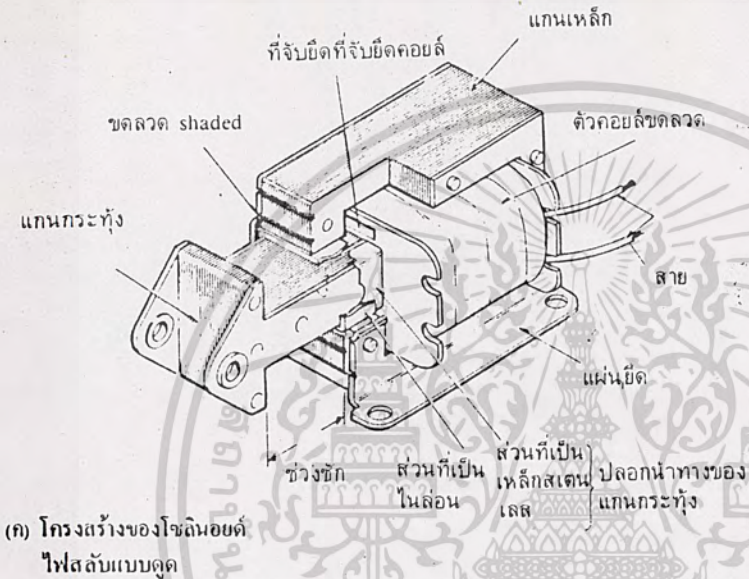
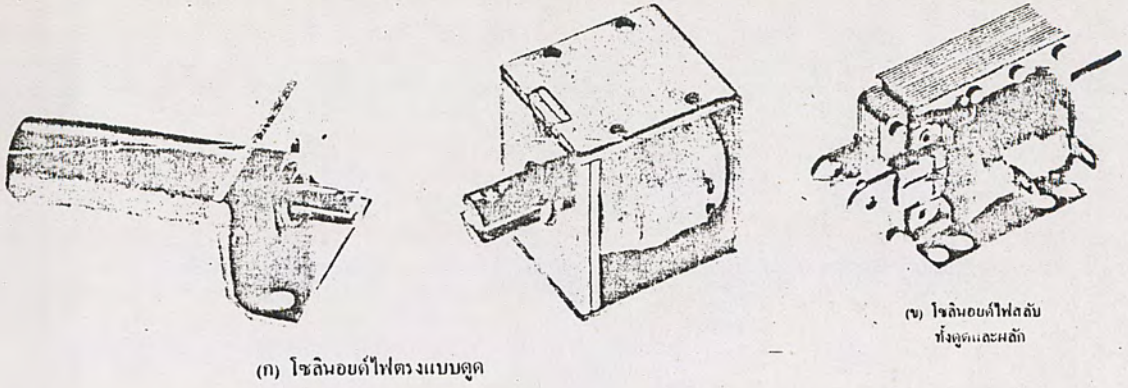
รูปที่ 2.4 แสดงการเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามา เพื่อความเข้มของสนามแม่เหล็ก

มีข้อแตกต่างอยู่ระหว่าง solenoid ไร้ตรงและ solenoid ไร้สลับ คือ ใน solenoid ไร้ตรง กระแสที่ไหลในขดลวดจะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าแกนกระทั่งจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตามแต่ใน solenoid ไร้สลับกระแสในขดลวดขณะที่แกนกระทั่งอยู่นอกขดลวดจะมีค่าสูงและเมื่อแกนกระทั่งถูกดูดเข้ามาจนสุดขดลวด กระแสจะลดต่ำลงลักษณะแบบนี้ทำให้เราต้องระวังอย่าให้เกิดการขัดของแกนกระทั่งใน solenoid ไร้สลับเพราะจะทำให้เกิดกระแสมาก



รูปที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนที่ของแกนกระทั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 โซลินอยด์ชนิดต่าง ๆ

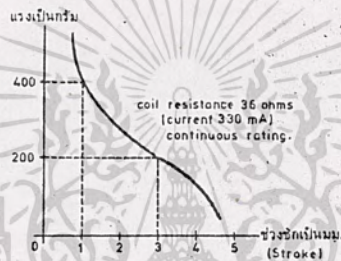
ไหลค้างอยู่ทำให้ขดลวดร้อนขึ้นและอาจจะไหม้เกิดการเสียหายได้

ในโครงสร้างของ solenoid แบบไฟสลับนั้นจะต้องมีขดลวด shaded coil หรือแหวน (ring) ซึ่งเป็นลวดพันรอบแกนเหล็กเพียงรอบเดียว หรือไม่กี่รอบลวดวงจรเอาไว้เลย จุดประสงค์ที่พันไว้เพราะ ในไฟสลับกระแสจะลดลงมาเป็นศูนย์ 2 ครั้ง ทุก ๆ ไซเคิล ช่วงที่กระแสเป็นศูนย์นี้เองทำให้แรงดูดแม่เหล็กลดลงทำให้เกิดเสียงหึ่ง ๆ ขึ้นและการดูดก็ไม่แน่นแน่น ขดลวดแหวนที่เพิ่มเติมเข้าไปนี้จะทำให้วงจรแม่เหล็กเกิดเป็นสภาวะ 2 เฟส คือ แม้ในขณะที่กระแสเป็นศูนย์ก็ตาม ขดลวดแหวนมีกระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำกับสนามแม่เหล็กจะยังคงมีแรงแม่เหล็กมาเสริมการดูดในช่วงนี้ได้ แต่ก็ทำให้เกิดการสูญเสีย (loss) ของความร้อนบ้างเป็นข้อแลกเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.2 ขั้นตอนที่ 2 ในการเลือกใช้ SOLENOID เนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แรงดันใช้งาน ไม่ว่าจะ เป็นไฟตรงหรือไฟสลับ ถ้าเป็นไฟสลับก็ต้องดู ความถี่ใช้งานตรงตามต้องการ
2. ช่วงชักใช้งาน (operating stroke) ของ solenoid จะต้องเคลื่อน ที่เป็นระยะทางเท่าใด (จะกำหนดเป็นมิลลิเมตร)



รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะช่วงชัก
ของ solenoid ไฟตรงยี่ห้อโคอิเกะรุ่น SB_102

3. ขนาดของโหลด ว่าต้องการใช้งานต่อเนื่องเท่าใด มักจะบอกเป็นกรัม
4. ใช้งานต่อเนื่องหรือไม่ การใช้งานต่อเนื่อง (continuous) หมายถึง เราอาจจะใส่แรงดันไฟเข้าขดลวดค้างไว้ได้เลย โดยขดลวดไม่ไหม้หรือเป็นแบบจิงหะ ๗ (intermittent duty)

ในรูปที่ 7 เป็นตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะช่วงชักของ solenoid จะเห็นว่าที่ช่วงชักไกล ๆ จะมีแรงน้อยมากและที่ระยะใกล้เข้ามาแรงจะมีมากขึ้นเรื่อยๆ เป็นทวีคูณ ในกรณีนี้ solenoid จะให้แรงดูด 200 กรัม ที่ระยะช่วงชัก 3 มม.

และจะให้แรงถึง 400 กรัมที่ช่วงชักสั้น ๆ ขนาด 1 มม.

2.3 แนวความคิดในการนำเอา SOLENOID ไปประยุกต์ใช้งาน

สำหรับ solenoid ที่แรงดึงไม่มากนัก

- ทำเป็นกลอนประตู เมื่อมีแรงดันมาที่ขดลวด solenoid จะดึงแกนกระทู้กลับ เป็นการปลดล็อก

- ชูป้ายโฆษณา (display) ในกรณีนี้ถ้า solenoid ยังไม่ทำงาน สปริงจะดึงป้ายให้ตั้งฉากกับหน้าต่างป้าย ทำให้เราไม่เห็นตัวหนังสือ แต่ถ้า solenoid ได้รับแรงดันเข้ามา แกนกระทู้จะถูกดูดเข้ามาทำให้คานตั้งฉากหน้าต่างป้ายโฆษณาออกมาให้เราเห็นได้

- ใช้กับกลไกของเล่นที่ทำด้วยอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น หุ่นยนต์ รถยนต์เด็กเล่น ตุ้มอิเล็กทรอนิกส์ และอื่น ๆ มากมาย

สำหรับ solenoid ที่มีแรงดูดมาก เช่นในโรงงานอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 9

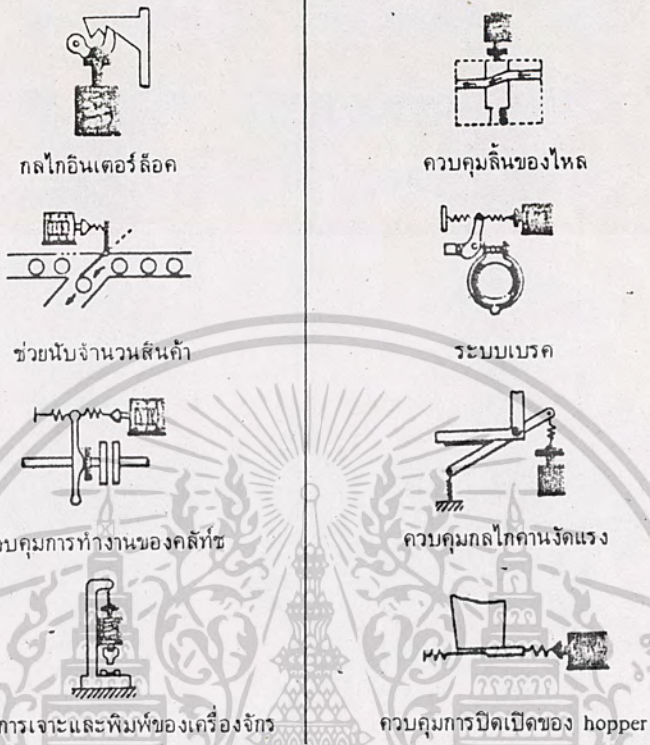
- กลไกอินเตอร์ล็อก ใช้กับพวกเครื่องหยอดเหรียญต่าง ๆ เครื่องเล่นทางอิเล็กทรอนิกส์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฯลฯ

- ควบคุมลิ้นของไหล พวกลิ้นปิดเปิดทางเดินของลมหรือน้ำมันในระบบนิวเมติกและไฮดรอลิกส์ ควบคุมลิ้นน้ำทิ้งของเครื่องซักผ้า ฯลฯ

- ช่วยในการนับจำนวนสินค้า โดยวงจรนับจะส่งแรงดันมาที่ solenoid เป็นช่วงเวลาที่จะได้จำนวนตามต้องการ solenoid จะดูดและเบงทิศทางสินค้าไปลงหีบห่อได้ตามจำนวนถูกต้อง

- ระบบเบรก ใช้ควบคุมระบบเบรกในเครื่องจักรกล เครื่องมือช่างไม้ ลิฟท์ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างการนำ solenoid ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน

- ... เพียงการดึงให้หน้าคลัทช์เข้ามาแตะกันเป็น
- การถ่ายถอดกำลังผ่านไป
- ควบคุมกลไกคานจัดงาน ในเครื่องมือสำนักงาน เครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องบันทึกสัญญาณ
- ควบคุมการเจาะและพิมพ์ของเครื่องจักร โดยการตัดแปลงติดตั้งหัวเจาะและพิมพ์เข้าบนแกนของ solenoid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนโดยอัตโนมัติจากเว็บไซต์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ มีหน้าที่การดำเนินงานเป็นทางการและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงและต้องอภัยถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลักการคำนวณหาค่าของ solenoid โดยทั่ว ๆ ไป

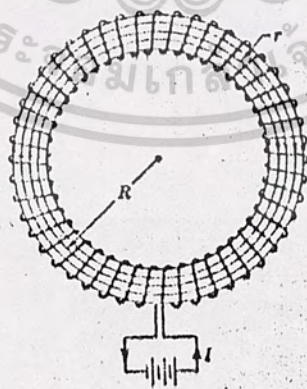
จากที่ได้กล่าวมาข้างแล้วว่า เราได้นำเอาแนวความคิดในเรื่องของ solenoid มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ กัน และในที่นี้เราจะนำเอามาทำเป็นเครื่องยิงลูกเทนนิส ถือได้ว่าเป็นหลักการเบื้องต้นที่จะหาสูตรที่เหมาะสมกับการหาค่าที่ใกล้เคียงค่าที่วัดได้จริงของ coil และที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นหลักการและสมการต่างที่จะใช้หาค่า

ในตอนแรกจะกล่าวถึงเรื่องของแม่เหล็กในอากาศ และจะใช้เป็นสมการที่สำเร็จรูปเพื่อให้เข้าใจง่าย โดยเป็นทฤษฎีของแมกเวลล์ (maxwell's law) และเรื่องของคูลอมป์

solenoid เป็นอุปกรณ์ประเภทแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลโดยตรง และจะได้แสดงลักษณะต่าง ๆ ของ solenoid ที่พ้นจากขดลวด แล้วป้อนกระแสเข้าไปจนเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

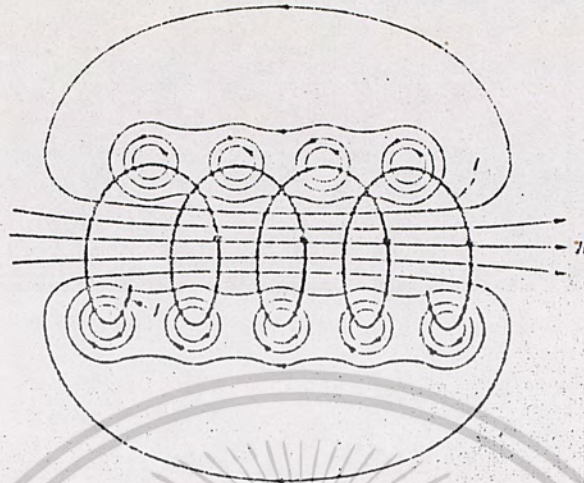


รูปที่ 2.9 แสดงการพันขดลวด solenoid แบบเส้นตรง

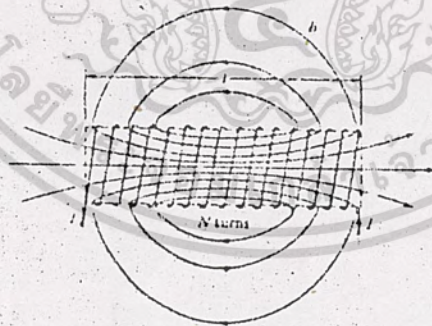


รูปที่ 2.10 แสดงการพันขดลวด solenoid แบบวงกลมหรือ toroid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวด solenoid ในทางเสริมกัน

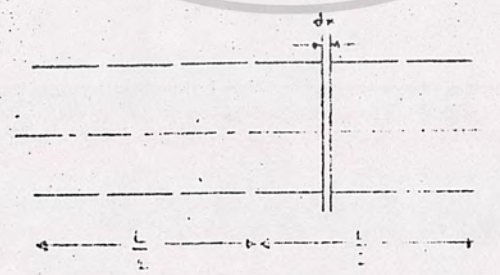


รูปที่ 2.12 แสดงการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวด solenoid ฟุ้งออกไปข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ solenoid ของเราเป็นแบบเส้นตรงและมีความยาวเป็น infinity คือ ประกอบด้วยจำนวน N รอบโดยมีกระแส I ไหลอยู่ในเส้นลวด ในขณะที่ coil มีขนาดความยาว L มีรัศมี R ตามรูปที่ 2.2 และเมื่อเปรียบเทียบระยะห่างของขดลวดแต่ละรอบที่อยู่ติดกัน จะถือว่าน้อยมากหรือเล็กมากเมื่อเทียบกับรัศมี R ของ coil และพื้นที่หน้าตัดของ coil ดังแสดงในรูปที่ 2.5

ถ้าช่องว่างของแต่ละรอบของขดลวดหรือเส้นลวดโดนแทนที่ด้วยตัวนำว่าง (L/N) ทำให้เราพิจารณาได้ว่าเสมือนไม่มีระยะห่าง (dx) อยู่เลย ดังรูปที่ 2.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ แสดง coil ที่เป็นแถบตัวนำ

ดังนั้น เราพิจารณาได้ว่ากระแสใน coil สร้าง current sheet โดยมี current density คงที่บนแผ่น current sheet นั้นโดยที่

$$\text{linear current density (K)} = NI/l \quad (\text{A}\cdot\text{m}^{-1}) \quad \dots 1$$

ซึ่งอาจจะเหมือนกับ conducting sheet นั้น 1 รอบ ซึ่งจะได้ดั่งสมการที่ 1 และจะได้

$$NI = Kl$$

เราจะชอากำหนดตัวแปรที่ใช้ในสมการทั้งหมด ดังนี้

B = ความเข้มเส้นแรงแม่เหล็ก หรือ flux, weber/m²

K = ค่าคงที่

N = จำนวนรอบทั้งหมดของลวดตัวนำ

l = ความยาวของ solenoid, m

I = กระแส, A

ความเข้มของ flux (B) ด้านใน solenoid อาจเป็นการวัดโดยการเคลื่อนที่ตัวนำด้านเดียวกับการตั้งฉากกับพื้นของแกน solenoid ตัดเส้นแรงแม่เหล็ก ถ้าจำนวนรอบมีมากจนเป็นของแข็งวงกลมก็จะเห็นการตัดผ่านตลอดแกนก็จะยอมให้ตัวนำที่เป็นพ่วงไปได้ นั่นคือ emf จะ generated โดยการตัด flux ในเวลาที่รู้ได้คือวัด flux

มันเป็นการทดลองเพื่อหาค่าจริงของความยาวแกนของ solenoid ที่เป็นช่องว่างหรือไม่มีโลหะสารแม่เหล็ก คือ อากาศ หรือไม้หรือกระเบื้องเคลือบ ความเข้มของ flux เกิดขึ้นโดย สัดส่วนโดยตรงของกระแส - จำนวนรอบต่อความยาวของ solenoid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ดั่งสมการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า solenoid เต็มไปด้วยสารแม่เหล็กคล้ายเหล็ก ดังนั้นสำหรับ B อาจจะเป็นมากกว่าหรือใหญ่กว่า 1000 เท่ากับแกนอากาศ มันเป็นการไหลกระแสในรูปคือทำให้เกิด flux ขึ้น และเราสามารถพิจารณาในส่วน amp - turns / m เหมือนกับการเกิดแรงแม่เหล็กด้วยการสร้างความเข้มเส้นแรง B อักษร H เป็นการแสดงแรงแม่เหล็ก (magnetizing force) คนเป็นจำนวนมักเรียก H นี้ว่าเป็นความเข้มของแม่เหล็ก (magnetic intensity) ค่อนข้างมากกว่าแรงแม่เหล็กจนเป็นที่คุ้นเคยกัน ดังนั้นอันที่จริงแล้วค่า H คือ ผลของ flux หรือที่รู้จักกันคืออยู่แล้วคล้ายกับแรงอันหนึ่งเป็น amp - turns / meter และนำผลอันนี้เป็นค่ากำหนดต่อไป

หน่วยความเข้มแม่เหล็กคือการกำหนดสร้างขึ้นที่จุดศูนย์กลางของความยาว solenoid ที่เป็น infinity โดยมีจำนวนรอบ 1 รอบ มีกระแส amp - turns โดยกระแสไหลตลอดเส้นลวด

สรุปทางที่ดีที่สุดในการประมวลค่าในการปฏิบัติของการกระจายก็คือการใช้จำนวนรอบมาก ๆ และกระแสน้อย ๆ สำหรับตัวอย่าง เช่น 1000 turns per m กระแสไหล 0.001 amp - turns และประกอบด้วย 1 amp - turns และถ้าในแต่ละรอบห่างกัน 1 ... แสงปฏิบัติของกระแสจะเป็นไปได้ในทางนิชคณิตจึงกลายเป็นสมการที่ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับสมการที่ 1

$$B = K \frac{NI}{l}$$

..... 3

2.4.1 กฎของคูลอมป์ (Ampere ' s Law)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับหน่วยการวัดแรงแม่เหล็กเป็นการพัฒนาในขบวนการ article เฉพาะในวาทกรรมใดๆ ที่ขึ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ toroid แทน และกำหนดความยาวของ solenoid เป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไปจะนำเอา

ไปปฏิบัติเป็นวิธีการนำไปใช้กับวงจรแม่เหล็ก รูปที่ 2.7 แสดงความยาวลวดตัวนำที่กระแส I (amp) ไหลผ่าน ถ้าขั้วแม่เหล็กถาวรคือที่จุดปลาย P มันจะมีแรงต้านขึ้นกับสัดส่วน I กระแส I จะสร้างแม่เหล็กไฟฟ้าที่จุด P และความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเป็นการวัดในเทอมของแรงต้านบนขั้ว ในระบบ cgs หน่วยความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กที่จุด P คือค่า



รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างของ Ampere ' s Law

ที่วัดได้จริง คือ มีปริมาณเท่ากับแรงที่กระทำต่อวัตถุหนัก 1 กรัม ให้เคลื่อนที่ไปได้ 1 cm ในเวลา 1 วินาที บนมาตรฐานที่จุด P ทั้งสองข้าง ในทำนองเดียวกันความเข้มแม่เหล็กที่จุด P คือ ค่า function purely ของกระแสและความยาวที่กำหนดไว้ในตัวนำ และสำหรับในระบบ kms หน่วยของมันจะถูกนิยามมาแสดงความเข้มแม่เหล็กในเทอมของกระแสและขนาดของ electric circuit เป็นโครงสร้างมาตรฐานจริง

Ampere ' s Law ซึ่งถูกค้นพบและยื่นขอจดทะเบียนโดย Biot ในปี ค.ศ

1820 เช่นกัน การพบ solenoid สภาวะความเข้มแม่เหล็ก dH สร้างที่จุดเล็ก ๆ จุด P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านค้า โดยกระแส I amp ไหลไปในตัวนำความยาวเป็น infinity ของเส้นลวดยาว ds ดังไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ แสดงในรูปที่ 2.7 โดยให้เป็นสมการข้างล่างนี้

$$dH = K \frac{I ds \sin \theta}{x^2}$$

..... 5

เมื่อ dH คือ เวกเตอร์ที่มีความยาวที่เป็นค่าอนันต์ตั้งฉากกับพื้นราบ P และ ds

K คือ ค่าคงที่ซึ่งเป็นค่า fixed เมื่อเราต้องการเลือกหน่วยการวัดสำหรับ H

นำสมการที่ 5 มาพิจารณาอย่างง่าย ๆ ds คือ จุดแหล่งจ่ายของแม่เหล็กมันเป็นผลรวมทางธรรมชาติความเข้มของแม่เหล็กเกิดขึ้นโดยเป็นไปตามธรรมชาติของ invers square นำไปใช้งานเป็นตัวจ่ายทั้งหมด แม้กระทั่ง แสง เสียง รั้งส์ความร้อนหรือแม่เหล็ก นี่เป็นการชี้ให้เห็นในเทอมของ x^2 เทอมของ \sin ซึ่งจะค่าได้จากตัวประกอบพื้นฐาน 2 ตัวนี้คือ $I ds$ อันที่ 1 แต่ก่อนนี้ $x = I ds \sin$ ขนานกับ $x = I ds \cos$ รายละเอียดอันนี้มันจะไม่มี magnetic effect ที่จุด P และ ฉะนั้นเราจะได้ทางซ้าย เท่ากับ $I ds \sin$

การหาค่าตัวแปร H คำนวณโดยสมการที่ 5 สำหรับ straight lines , วงกลม และ solenoid และอาจจะหาได้ด้วยวิธีอื่น ๆ จนกว่าสมการเป็นจริง วัดระยะทางเป็น cm. และกระแสเป็นหน่วยเวลา 10 เท่าขนาด ของ ampere และกำหนดหน่วยของการวัดค่า H ซึ่งถูกเรียกว่า oersted เป็นการใช้ถ้าในขณะนี้เราวัดระยะในหน่วยเป็น meter (m) และใช้สมการที่ 5 ในการคำนวณ H ที่จุดศูนย์กลางของความยาว solenoid ที่เป็นอนันต์ อาจจะดูได้จากรูปที่ 2.8 เราจะได้ว่า

$$H = \frac{4\pi KNI}{l}$$

.....6

เมื่อ l = ความยาวของ solenoid , m

N = จำนวนรอบทั้งหมดของ solenoid

I = กระแสที่ไหลในขดลวดแต่ละรอบ

K = ค่าคงที่ในสมการที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่จากสมการที่ 2

$$H = \frac{NI}{l}$$

แต่ก่อนหน้า

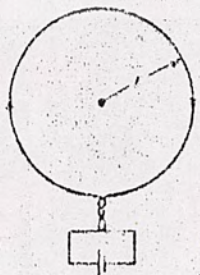
$$4 K = 1 \text{ and } K = 1/4$$

แทนค่า K ในสมการ 5 เราจะได้ว่า

$$dH = \frac{I ds \sin \theta}{4\pi r^2} \dots 7$$

จากสมการที่ 7 appiles วงจรแม่เหล็กทั้งหมดซึ่งสามารถรวมกระแสเข้าใหม่ คล้ายกันในเส้น ของ negligible thickness เมื่อผลรวมยาวเกินความยาวของตัวนำมัน จะให้ความเข้มแม่เหล็กหรือแรงแม่เหล็กที่จุด P มีหน่วยเป็น amp - turns / m ของความ ยาว solenoid ที่มีค่าเป็นอนันต์นั้นเกิดเหมือนกับแรงแม่เหล็กที่จุดศูนย์กลางของวงจรมานั้นเป็นค่า ถ้ามัดเกี่ยวกับการเกิดชั้นที่จุด P

2.4.2 ความเข้มแม่เหล็กที่จุด center ของวงกลมที่มีกระแสไหลผ่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ แสดงการไหลของกระแสในวงกลม

จากรูปที่ 2.9 แสดงกระแส I ไหลในวงกลมที่มีรัศมี r เมตร H มีค่าเท่ากับ
กับความเข้มแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่จุดศูนย์กลาง (center) ของวงกลม ดังนั้น จากสมการ ที่ 7

$$(6-5) \quad H = \int_{s=0}^{s=2\pi r} \frac{I ds \sin \theta}{4\pi r^2} = \frac{I}{4\pi r^2} \int_{s=0}^{s=2\pi r} ds = \frac{2\pi r I}{4\pi r^2} \quad \dots 8$$

แต่ก่อนนี้ $H = I/2r$ amp - turns per m

วงกลมประกอบด้วยขดลวดพัน 1 รอบและความยาวของ solenoid ต้องมีค่าเป็น 0 ดังนั้นมันจึงมีเส้นที่บางมาก จากสมการที่ 8 อาจจะได้ว่าค่า H ที่จุดศูนย์กลางของวงกลมคล้ายกับค่า H ที่เกิดขึ้นที่ความยาวของ solenoid เป็น infinity ที่มีค่าเป็น $I/2r$ amp - turns / m

สำหรับความเข้มแม่เหล็กที่จุดเล็ก ๆ บนแกนของวงกลมที่กระแสไหลผ่าน
จากรูปที่ 2.10 แสดงรูปตัดขวางของวงกลมที่มีรัศมี r (m) มีกระแสไหล I (amp) P เป็น
จุดเล็ก ๆ ที่ตั้งอยู่ระยะทางจากแกนศูนย์กลางของวงกลมเป็นระยะทาง x เมตร ds_1
และ ds_2 เป็นระยะทางที่ปลายทั้ง 2 ของขดลวดที่มีความยาวเป็น infinity ของรัศมี
วงกลมซึ่งจุดทั้ง 2 จะอยู่ตรงข้ามกัน ดังนั้นจากสมการที่ 7

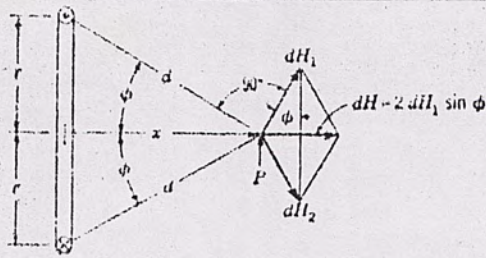
$$dH_1 = \frac{I ds_1}{4\pi d^2} \quad \text{and} \quad dH_2 = \frac{I ds_2}{4\pi d^2}$$

ส่วนประกอบทางด้านแนวตั้ง คือ dH_1 และ dH_2 มีค่าเท่ากันและตรงกันข้ามจึงตัดทิ้งไป

ส่วนทางด้านแนวนอนก็มีค่าเท่ากันและผลรวมออกมาจะได้ค่า dH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น



ถ้าวงกลมประกอบด้วยเส้นลวดที่พัน N รอบ และ N ก็คือจำนวนทั้งหมด
 ในวงกลมซึ่งก็จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน ฉะนั้นจึงมี NI (amp) ไหลในรอบเดียว ดังนั้น
 สมการที่ 9 จึงเขียนใหม่ได้เป็น

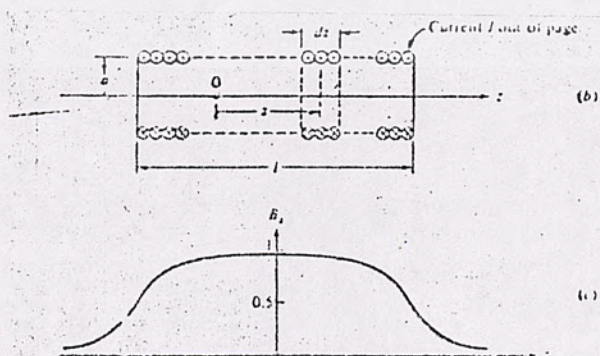
$$dH = 2dH_1 \sin \phi = \frac{I ds \sin \phi}{2\pi d^2}$$

$$H = \frac{I \sin \phi}{2\pi(r^2)} \int_{s=0}^{s=2r} ds = \frac{\pi r I \sin \phi}{2\pi(r^2)} = \frac{r^2 I}{2d^3}$$

$$d^3 = (r^2 + x^2)^{3/2}$$

$$H = \frac{r^2 I}{2(r^2 + x^2)^{3/2}} \dots 10$$

2.4.3 ความเข้มแม่เหล็กที่จุดศูนย์กลางของ solenoid ของความยาวที่เป็น finite



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 รูปที่ แสดงภาพตัดขวางของความยาว solenoid

จากรูปที่ 10 เป็นการแสดงภาพตัดขวางของ solenoid N คือจำนวนรอบทั้งหมดของ solenoid มีหน่วยเป็น m ดังนั้น จำนวนของ amp - turns รวมกันในความยาว dx คือ $(NI/l)dx$ ตัว dH เป็นความเข้มแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่จุดศูนย์กลาง , P โดยรวมกับความยาวของ coil dx ดังนั้นจากสมการที่ 10

$$dH = \frac{r^2 NI dx}{2(r^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$H = \frac{r^2 NI}{2l} \int_{x=-l/2}^{x=l/2} \frac{dx}{(r^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{r^2 NI}{2l} \left[\frac{x}{r^2(r^2 + x^2)^{1/2}} \right]_{x=-l/2}^{x=l/2}$$

$$H = \frac{r^2 NI}{2l} \frac{l}{r^2 \left(r^2 + \frac{l^2}{4} \right)^{1/2}}$$

$$= \frac{NI}{(4r^2 + l^2)^{1/2}}$$

ถ้า solenoid ยาวมาก ๆ ดังนั้น $4r^2$ ตัดทิ้งไปพร้อมกับ l^2 สมการที่ 11

$$H = \frac{NI}{l}$$

..... 12

* This integral is most easily found by making the substitution $x = r \tan \theta$. Then

$$dx = \frac{r d\theta}{\cos^2 \theta}$$

and

$$(r^2 + x^2)^{3/2} = (r^2 + r^2 \tan^2 \theta)^{3/2} = \frac{r^3}{\cos^3 \theta}$$

Then

$$\int \frac{dx}{(r^2 + x^2)^{3/2}} = \int \frac{\cos \theta d\theta}{r^2} = \frac{\sin \theta}{r^2}$$

Substituting back again,

$$\frac{\sin \theta}{r^2} = \frac{\tan \theta}{r^2(1 + \tan^2 \theta)^{1/2}} = \frac{x/r}{r^2(1 + x^2/r^2)^{1/2}} = \frac{x}{r^2(r^2 + x^2)^{1/2}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าแทนหนึ่งไปรษณีย์ขอคืนค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้อันนี้จำเป็นจะต้องถูกต้องเสมอ ค่าแกลง (restament) ในทาง
 นิศาสตร์ของการกำหนดหน่วยสำหรับการวัด H และผลที่ได้ก่อนหน้านี้ได้รับการยอมรับว่าเป็น
 ความจริงแม่นยำแน่นอน สำหรับสมการที่ 7 ซึ่งผ่านมาแล้วเป็นการคำนวณชั้นพื้นฐาน นั่นคือ
 ความจริงที่ยอมรับได้ ค่า K ในสมการที่ 6 จึงเป็น $1/477$ และที่ผ่านมาในสมการที่ 6 เป็น
 การหาค่า K ได้โดยตรง

2.4.4 ความเข้มสนามแม่เหล็กใกล้ ๆ ความยาวของตัวนำที่มีเป็น infinity



จากรูปที่ 2.11 แสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนความยาวของตัวนำที่เป็นอนันต์
 (infinity) โดยมีกระแส I แอมป์ ไหลผ่านจากสมการที่ 7 ความเข้มแม่เหล็กเกิดที่
 จุดเล็ก ๆ P โดยความยาวของตัวนำ ds คือ

$$dH = \frac{I ds \sin \theta}{4\pi r^2} \dots 13$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ภายใต้การคุ้มครองของลิขสิทธิ์ได้เป็น 3 ปี ตัวแปรใน $x, ds, \sin \theta$ โดยราคา
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 แสดงในเทอมของตัวแปรอิสระมุม θ ก็จะเป็นตัวแปรอิสระไม่ขึ้นกับอะไร

ดังนี้

$$r = \frac{r}{\cos \phi}$$

$$\sin \theta = \cos \phi$$

$$r d\phi = ds \cos \phi$$

$$ds = \frac{r d\phi}{\cos \phi} = \frac{r d\phi}{\cos^2 \phi}$$

แทนค่า (a) , (b) และ (c) ลงในสมการที่ 13

$$dH = \frac{I \cos \phi d\phi}{4\pi r}$$

$$H = \frac{I}{4\pi r} \int_{\phi = -90^\circ}^{\phi = 90^\circ} \cos \phi d\phi = \frac{I}{4\pi r} [\sin 90^\circ - \sin(-90^\circ)]$$

a. $H = \frac{I}{2\pi r}$ amp-turns per m

2.4.5 ความเข้มของช่องว่าง (สัญลักษณ์ μ_0)

ความเข้มในช่องว่างถูกกำหนดโดยสมการ

$$\mu_0 = \frac{B_0}{H}$$

....15

เมื่อ B_0 คือความเข้มของแม่เหล็กในหน่วยของ waber/m² เกิดขึ้นในช่องว่าง โดยแรงแม่เหล็กของ H (amp - turns per m.) μ_0 จำนวนมาก คือ การหาได้ อย่างสมบูรณ์จากสมการที่ 14 และกำหนดเหมือนกับ ampere

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ส่วนประกอบเส้นลวดที่มีความยาวเป็น infinity วางขนานกันห่างกัน 1 เมตรและกระแสไหล 1 แอมป์ จากข้อกำหนดของแอมป์ แรง F บนตัวนำมีค่าเท่ากับ 2 x

บทที่ 3

ตัวส่งกำลังของเครื่องยิงลูกเทนนิส

3.1 หลักการและการคำนวณหาค่า COIL

จากบทที่ 1 และ 2 ได้กล่าวถึงการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นได้อย่างไรและมีผลทางไฟฟ้าและทางกลไกได้อย่างไรด้วย ฉะนั้นในทันทีจะไม่กล่าวถึงอีกแต่จะได้นำเอาหลักการเหล่านี้มาประยุกต์ใช้งานซึ่งได้ทำเป็นเครื่องยิงลูกเทนนิส โดยหลักการดังกล่าวนี้ก็คือหลักการของ solenoid ที่พันอยู่ในรูปเส้นตรงนั่นเอง

เป็นที่ทราบอยู่แล้วว่านำเอาขดลวดมาพันเป็นรูป coil และถ้าพันขดลวดซ้อนกันเป็นจำนวนมาก ๆ แล้วจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กมากตามไปด้วย และการจ่ายกระแสเข้าไปในขดลวดนี้ก็จะทำให้เกิดจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กได้มากขึ้นเช่นกัน เพราะฉะนั้นเราจะได้อำนาจของ voltage ตกคร่อม coil โดยการเปลี่ยนแปลงของกระแสได้จากสูตรที่ 1

$$V = L \frac{di}{dt} \dots \dots \dots 1$$

ถ้าหาก $i^2 R$ เป็นการสูญเสียเนื่องจากการพัน coil ที่มี diameter มีขนาดใหญ่มากและมีความนำสูงมากเราจึงถูกตัดทิ้งคือละไว้จำนวน L ที่ได้จึงถูกเรียกว่าเป็น "self-inductance" ของ coil จากสมการที่ 1 จึงได้ $i =$ กระแส และ t คือเวลาและถ้าหากว่า coil เป็นแกนอากาศตัวห้อยท้าย (subscript) จะเป็น 0 ดังแสดงในสมการที่ 2

$$L = \mu_0 n^2 (Al) \dots \dots \dots 2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 μ_0 = permeability coefficient of avacum [$4\pi \times 10^{-7}$ H(henry/m)]
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 n = จำนวนรอบต่อความยาว

A = พื้นที่หน้าตัดของ coil

l = ความยาวของ coil

ต่อไปเราจะหาว่าพลังงานที่ปรากฏต่อความยาวของ coil จากสูตรที่ 3 และรูปที่ 2

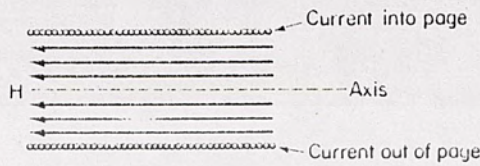
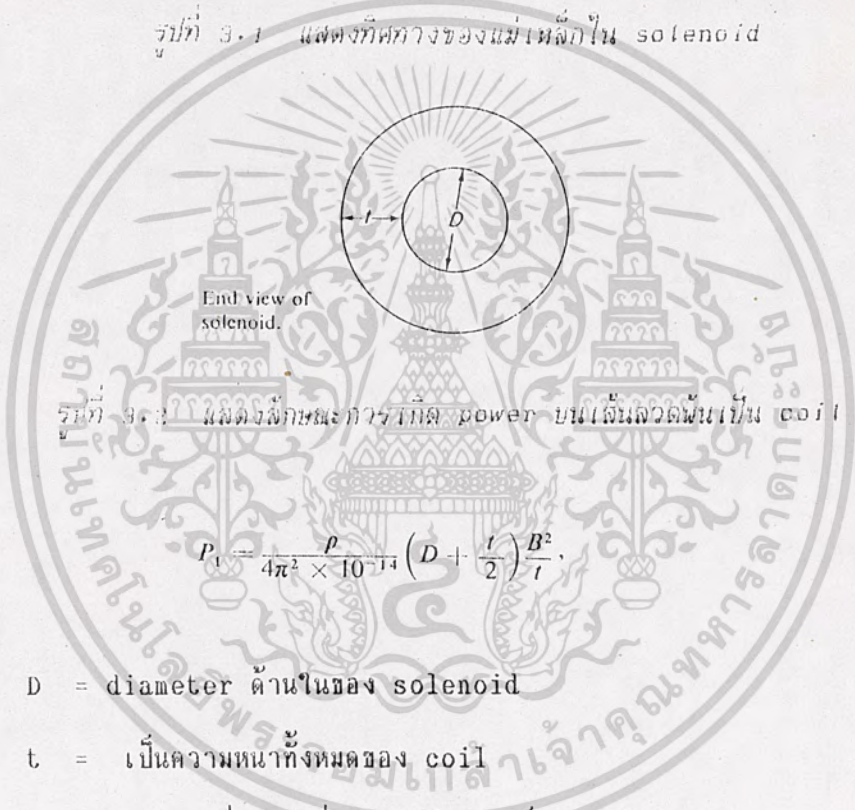


FIGURE 3.2.1. Portion of a sectional view of an infinitely long solenoid. Arrows represent the magnetic field vector.

รูปที่ 3.1 แสดงทิศทางของแม่เหล็กใน solenoid



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการเกิด power บนเส้นลวดพันเป็น coil

$$P_1 = \frac{\rho}{4\pi^2 \times 10^{-14}} \left(D + \frac{l}{2} \right) \frac{B^2}{l}$$

เมื่อ D = diameter ด้านในของ solenoid

t = เป็นความหนาทั้งหมดของ coil

P_1 = พลังงานที่ปรากฏที่ coil มีหน่วยเป็น wats/meter

= ค่าข้ามข้ามได้จากตาราง

B = คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็น Weber/m²

l = ความยาวของขดลวดมีหน่วยเป็น meter

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นเพียงทฤษฎีที่อ้างอิงเท่านั้นส่วนการใช้งานจริงนั้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ได้กล่าวต่อไป
 ไม่วารณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สารที่สามารถทำเป็นแกน solenoid ได้

เราจะพูดถึง ค่าแม่เหล็กคงค้างอันเป็นค่าที่จะคงมีสภาพแม่เหล็กค้างอยู่ในสารที่เหนี่ยวนำให้เป็นแม่เหล็ก

การแบ่งประเภทของสารแม่เหล็กต่างๆ ออกเป็น 3 แบบ พิจารณาจากค่าแม่เหล็กคงค้างนี้ได้แก่

1. สารเฟอร์โรแมกเนติก (ferromagnetic materials) อันเป็นสารประเภทที่เหนี่ยวนำให้เกิดแม่เหล็กจากภายนอก แล้วหลังจากที่เลิกเหนี่ยวนำจากภายนอกออกไปแล้ว สารพวกนี้สามารถที่จะคงค้างสภาพเป็นแม่เหล็กอยู่ได้ส่วนหนึ่ง เช่น โคบอลต์ นิกเกิล เหล็กที่ขายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไป เป็นต้น

2. และ 3. เป็นสารแม่เหล็กประเภทหนึ่งที่เมื่อนำเอาสารนี้ไปเหนี่ยวนำแล้วเมื่อแหล่งจ่ายออกไปแล้วจะไม่ทำให้ค่าความเป็นแม่เหล็ก คือไม่มีสารแม่เหล็กคงค้างอยู่ เราเรียกว่า สารไดอะแมติก (diamagnetic) และพาราแมกเนติก (paramagnetic)

จะเห็นได้ว่าความแตกต่างกันทั้ง 3 ชนิดของสารได้อย่างชัดเจนโดยการวัดค่าเส้นแรงแม่เหล็ก โลหะเหล่านีเมื่อนำมาทำเป็นแกนของ solenoid เมื่อเทียบกับแกนของ coil ในขณะที่เป็นแกนอากาศ โดยค่าเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะมีสัญลักษณ์ดังนี้

B = ค่าเส้นแรงแม่เหล็กที่ใช้โลหะต่าง ๆ ทำเป็นแกน

B_0 = ค่าเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนเป็นอากาศ

นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับกันซึ่งจะได้ตามเงื่อนไขข้างล่างนี้

ถ้า $B/B_0 < 1$ เป็นสารชนิดไดอะแมกเนติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า $B/B_0 > 1$ เป็นสารชนิดพาราแมกเนติก

ถ้า $B/B_0 \gg 1$ เป็นสารชนิดเฟอร์โรแมกเนติก

ซึ่งจะดูได้จากตารางข้างล่างนี้ เป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ เอมมิอะบิลิตี้ (permeability) ซึ่งเราจะสนใจและพิจารณาค่านี้เป็นพิเศษเพราะมันเป็นค่าของความสามารถที่จะถูกทำให้เหนี่ยวนำได้ และยังเป็นค่าที่สัมพันธ์กับค่าของเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งจะได้จากสมการข้างล่างนี้

$$B/B_0 = \mu_r \dots \dots \dots 4$$

สำหรับในเรื่องนี้แล้วเราต้องการที่จะได้แรงที่มีค่าสูงมาก ๆ เพื่อที่จะได้ไปกระแทกลูกเทนนิสให้วิ่งไปข้างหน้าด้วยความเร็วและแรงสูงมาก เพราะฉะนั้นจากตารางจะเห็นได้ว่าสารชนิดเฟอร์โรแมกเนติกเท่านั้นที่ให้ค่าของเส้นแรงสูง ซึ่งค่าเส้นแรงนี้จะมีค่าแปรผันตรงกับแรง F มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร เนื่องจากสารเฟอร์โรแมกเนติกจะสามารถที่จะคงสภาพการเป็นแม่เหล็กอยู่ได้และทำให้เกิดแรงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดง electrical resistivities in MKS units of metals and nonmetals at 20 องศา

Table 3.1.1. ELECTRICAL RESISTIVITIES IN MKS UNITS OF METALS AND NONMETALS AT 20°C*

Metals	Resistivity, 10 ⁻⁸ ohm-m†	Nonmetals	Resistivity, ohm-m†
Silver	1.6	Semiconductors	
Copper	1.67	{ Silicon	0.00085
Gold	2.3	{ Germanium	0.009
Aluminum	2.69	Insulators	
Magnesium	4.4	{ Diamond	10 ¹⁰ -10 ¹¹
Sodium	4.61	{ Quartz	1.2 × 10 ¹²
Tungsten	5.5	{ Ebonite	2 × 10 ¹³
Zinc	5.92	{ Sulfur	4 × 10 ¹³
Cobalt	6.24	{ Mica	9 × 10 ¹³
Nickel	6.84	{ Selenium	2 × 10 ¹⁴
Cadmium	7.4	{ Paraffin wax	3 × 10 ¹⁶
Iron	9.71		
Tin	12.8		
Lead	20.6		
Uranium	29		
Zirconium	41		
Manganin	44		
Titanium	55		
Lanthanum	59		
96% Iron-4% Si	62		
Cerium	78		
Nichrome	100		

* From American Institute of Physics Handbook, Dwight E. Gray, ed. McGraw-Hill, New York (1963), pp. 4-90; 9-38.
 † Note the different units in the two columns.

แสดงตารางการใช้ค่าของสารต่าง ๆ ที่สามารถเป็นแม่เหล็กได้

การคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำของ solenoid ที่ใช้งานจริงในเรื่องนี้

การประมาณค่าเส้นแรงแม่เหล็ก (B) ใน solenoid คือ $B = 4\pi \times 10^{-7} mni$

โดยที่

B = เส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเทสลา (webers/meter²)

$4\pi \times 10^{-7}$ = ค่าความซึมซับ (μ_0) มีหน่วยเป็น henry/m

m = เป็นจำนวน layer ในการพันขดลวดซ้อนกันเป็นชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่นองภาคให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

n = จำนวนรอบของขดลวดที่พันตามความยาวของ solenoid ใน 1 layer

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i = กระแสที่จ่ายเข้าไปในขดลวด มีหน่วยเป็น Ampere

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเราจะไม่คำนึงถึงการสูญเสียของเส้นแรงที่ปลายทั้งสองข้างของ solenoid เนื่องจาก solenoid นี้มีความยาวมากจึงไม่มีปัญหา ดังนั้นเราจึงได้ค่าของ L จากสูตรที่ 5 และ 6

สำหรับกรณี coil สั้นมากๆ $L = \mu_0 N^2 A / (2a)$ 5

$L = N^2 A / l$ 6

โดยที่

A คือพื้นที่หน้าตัดของ coil
l คือความยาวของ solenoid

แต่ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถใช้สมการที่ 5 ได้เนื่องจากสมการไม่ได้คำนึงถึงการพันซ้อนทับกันเป็นชั้นซึ่งจะทำให้รัศมีของ coil เพิ่มมากขึ้นเรื่อยแต่ในสมการไม่ได้กล่าวถึงรัศมีของ coil ฉะนั้นจึงทำให้เกิดค่าผิดพลาดไปจากค่าจริง ๆ มาก เราจึงได้ค้นคว้าหาสมการที่เป็นได้ในทางปฏิบัติที่ใกล้เคียงค่าที่วัดได้ ซึ่งหาได้จากหนังสือวิทยุสมัครเล่น ดังแสดงในสมการที่ 7

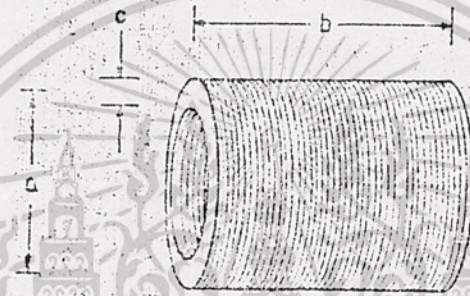
$L = 0.2a^2 N^2 / (3a+9b+10c)$ 7

โดยที่

L คือ ค่าความเหนี่ยวนำ มีหน่วยเป็นไมโครเฮนรี่ (H) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ a ยังคือ ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของขดลวด มีหน่วยเป็น นิ้ว ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- b คือ ความยาวของขดลวด มีหน่วยเป็น นิ้ว
 c คือ รัศมีของการพันขดลวด มีหน่วยเป็น นิ้ว

ค่าของนารามีเตอร์ต่าง ๆ นี้ ดูได้จากรูปที่ 1 ข้างล่างนี้



รูปที่ 3.3 แสดงรูป coil ในการคำนวณค่า L ใน coil

จากสมาการที่ 4 นี้ เราได้ทำการทดลองพันขดลวดแล้วนำมาทดลองได้ผลดังนี้ ซึ่งเป็นการสุ่มทดลอง กำหนดค่าดังนี้

ลวดเบอร์ 16

ทนกระแสได้ 20 แอมป์

เส้นผ่าศูนย์กลางของลวด 0.064 นิ้ว

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของ coil 1.384 นิ้ว

ความยาวของ coil 11.8 นิ้ว

จำนวนรอบในการพันทั้งหมด 1068 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร พินเขื่อนทับกันทั้งหมด 6 ชิ้น เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะวิธีใดจกทั้งรับ ลึกผู้รับงานให้คัดแปลงให้ตามลระตองกัวจึงจึงแล้วขงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 จากค่าที่กำหนดนี้เข้ามาหาค่าของ L ได้ โดยแทนเข้าไปในสูตรที่ 4

จะได้

$$\begin{aligned}
 L &= 0.2(1.384)^2(1068)^2 / [(3 \times 1.384) + (9 \times 11.8) + (10 \times 384)] \\
 &= [0.2 \times 1.915456 \times 1140624] / [106.2 + 4.152 + 3.84] \\
 &= 436963 / 114.192 \\
 &= 3826.564 \\
 &= 3.826564 \text{ mH}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นเราจะได้อายุของ $L = 3.8 \text{ mH}$ และจากการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ ซึ่งมีค่า 7.63 mH จะเห็นได้ว่าได้มีค่า error มากแต่จากการทดลองทั้งหมดของสมการที่คาดว่าจะจะเป็นได้ที่จะให้ค่าของ L ที่ใกล้เคียงมากที่สุดก็คือ สมการที่ 4 นั้นเอง

ในการพันขดลวดแต่ละครั้งเราไม่อาจบอกได้ว่าตัวที่พันได้นั้นเป็นตัวที่ให้เส้นแรงแม่เหล็กที่มากที่สุด เพราะฉะนั้นต้องทำการทดลองพันไปเรื่อย ๆ ซึ่งจะมีปัญหาในเรื่องของวัสดุที่มีราคาแพงมาก โดยเฉพาะลวดทองแดง ฉะนั้นในการทดลองจึงทำการทดลองเพียง 2 ครั้งเท่านั้น ในการพันครั้งแรกนั้นเราพันขดลวดซ้อนกันมากเกินไปและความยาวของ coil สั้น จึงทำให้แกนเหล็กที่ใช้ทำเป็นแกนกระแทก ball นั้นเกิดการอิ่มตัวหรือเรียกว่า saturate คือตัวแกนนั้นกลายเป็นแม่เหล็กเสียเองจึงทำให้ไม่เกิดการเคลื่อนที่ของแกนเลย

จากที่เราทราบกันอยู่แล้วว่าแกนเหล็กที่มีความชื้นช้ำมากและถ้าหากมีเส้นแรงแม่เหล็กมากเกินไปจะทำให้เหล็กนั้นกลายเป็นแม่เหล็กชั่วคราวเสียเองจากทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

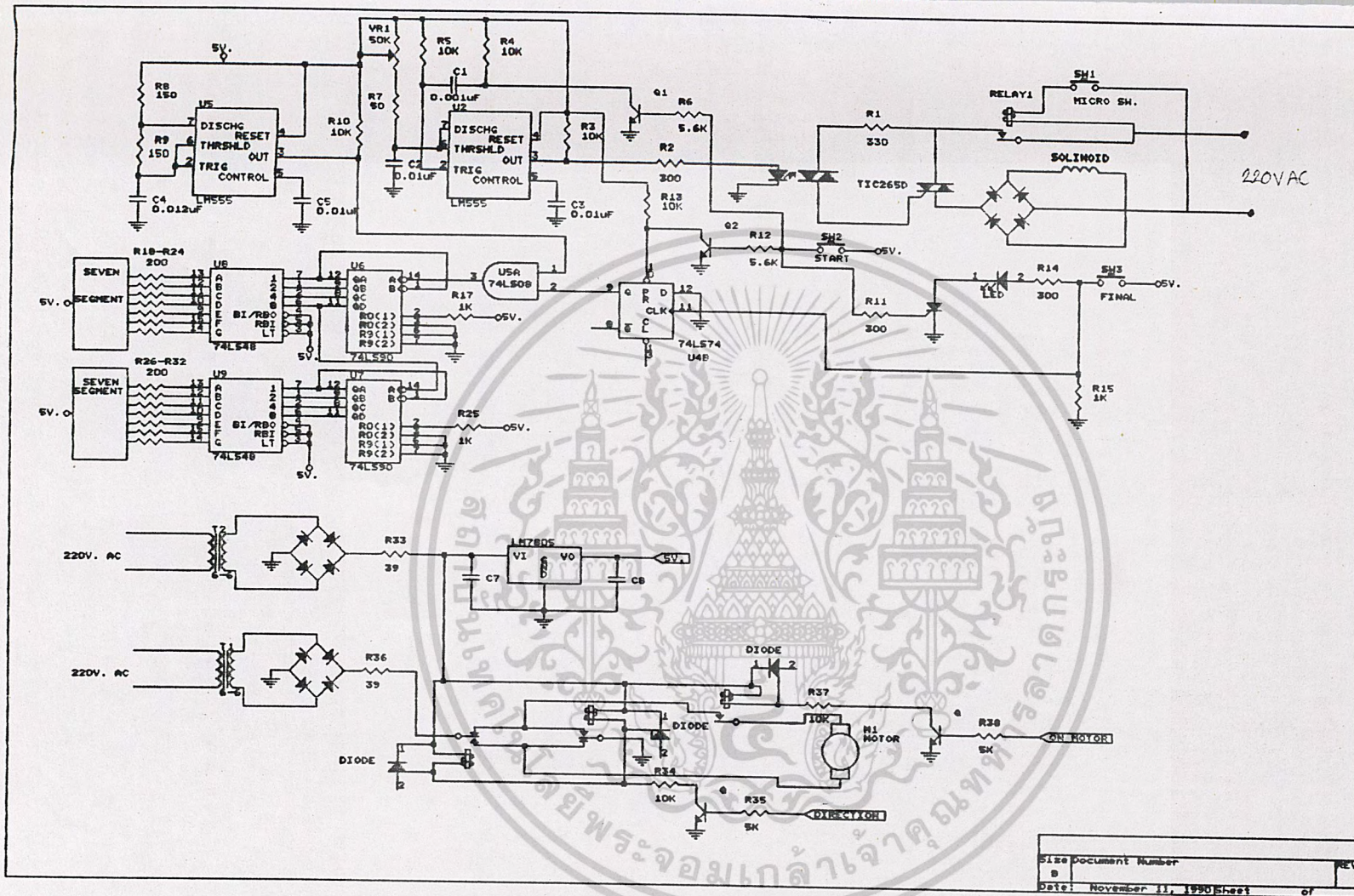
การควบคุมการทำงานของเครื่อง

4.1 การควบคุมตัวส่งกำลัง

การทำงานของตัวส่งกำลังคือเราจ่ายกระแสไฟ ac 220 v ดังรูปที่ 1 ซึ่งมันจะผ่าน relay 1 ซึ่งเป็นหน้าสัมผัสของรีเลย์ซึ่งขณะเสียบปลั๊กไฟ ac แล้ว หน้าสัมผัสนี้จะปิดวงจรเนื่องจาก sw 1 ที่ติดอยู่ที่ตัวยังอยู่ใต้แกนของ coil ซึ่งเป็น microswitch หน้าหลักของแกนเหล็กของ coil จะไปกดให้หน้าสัมผัสติดกัน และเป็นผลทำให้ไฟ ac 220 v วิ่งผ่านเข้าคอยล์ของ relay 1 หน้าสัมผัสของ relay 1 จึงต่อติดกันไฟ 220 v จึงมารออยู่ที่ขา MT2 ของ triac ส่วน R_1 นั้นเป็นตัว limit กระแสที่จะไหลผ่านตัว triac ภายในตัว Ic zerocrossing และเข้ามายังขา gate ของ triac เพื่อทำให้ triac นำกระแสไฟจะไหลผ่านไปได้และเข้ามายังบริดจ์เรกติไฟเออร์ซึ่งจะให้ output ออกมาเป็น full wave rectifier ซึ่งจะมีค่าประมาณ $0.909 V_{rms}$ มีค่าเท่ากับ $311 V_{p-p}$ มาเข้าขดลวดของตัวยังหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า solenoid ซึ่งจะทำการให้กระแสไหลในทิศทางเดียวกันและจะเสริมกันทำให้แกนเหล็กที่อยู่ตรงกลางเกิดการเคลื่อนที่เข้าไปตรงกลางของขดลวดและพุ่งไปข้างหน้าตามทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กและจะเลยออกไปปล่อยให้ sw1 จากออกจากกันซึ่งจะไปตักกระแส ac 220 v ที่จะเข้าคอยล์ relay 1 ทำให้หน้าสัมผัสของ relay 1 แยกออกจากกันและจะเป็นการตัดไฟที่จะจ่ายให้กับ solenoid และทำให้ triac หยุดนำกระแสถึงแม้แกนกระแทกจะตกลงมาก sw1 อีกครั้งก็ตามเพราะว่า triac หยุดนำกระแสไปแล้วซึ่งจะรอการทริกอีกครั้งหนึ่งซึ่งเกิดจากตัวเรากด sw strate จาก keyboard

การทำงานที่จะไปทริกขา gate ของ triac ตัวที่ 1 นั้นโดยการทำงานของวงจร zerocrossing ซึ่งเป็น ic เบอร์ 3041 คุณสมบัติของ ic เบอร์นี้ได้จาก data ภาคเอกสารนี้ซึ่งต่อไปนี้จะได้อธิบายถึงการทำงานของ zerocrossing จากรูปที่ 2 ใช้แสดงลักษณะนิไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงเป็นงานเอกสารทุกครั้งที่มีวางนำไปใช้

เศษ (simplified schematic of isolator) ซึ่งเป็นวงจรที่แสดงลักษณะภายในของ ic

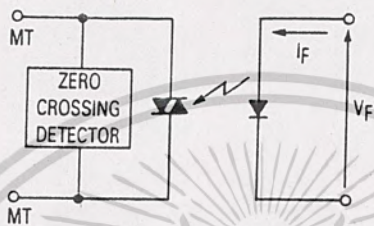


รูปที่ 4.1 แสดงวงจรการใช้งานจริงสำหรับการ start และ power supply

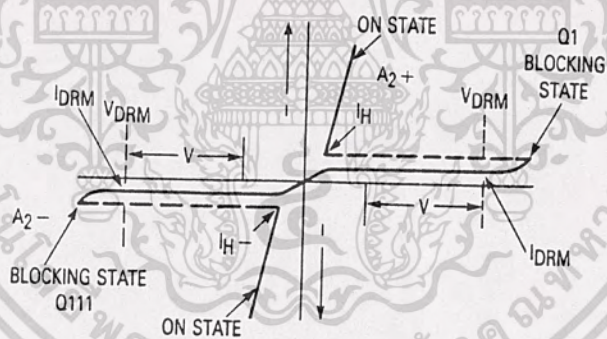
จ่ายให้กับวงจรทั้งหมดและจ่ายให้แก่มอเตอร์

Size	Document Number	REV
B		
Date:	November 11, 1990	Sheet of

zerocrossing จะเป็นการขับ triac ด้วย กระแส forward current ผ่าน LED infrared ซึ่งเป็นการ detector กระแสที่ trigger LED (I_{FT}) เป็นกระแสสูงสุดใน การ latch เพื่อ drive ให้ triac ทำงานย่านของกระแสตั้งแต่ 5 mA - 15 mA สำหรับ voltage ที่คร่อมในขณะที่กระแสไหล $I_F = 30$ mA คือ 1.5 v ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของการใช้ ic isolator



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะ characteristic voltage-current ของ triac

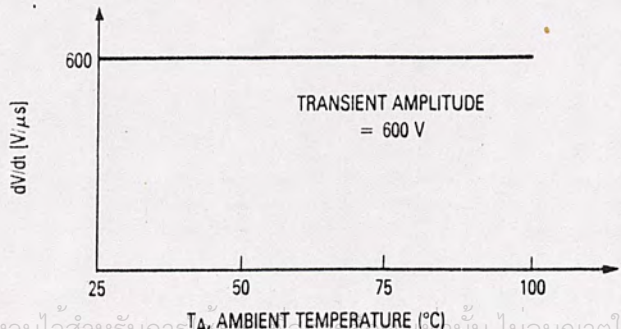
ในการ trigger เพื่อการเข้าสู่สภาวะ "ON STATE" จนกระทั่งกระแสไหล ผ่านตลอดต่ำกว่ากระแส holding current (I_H) ซึ่งจะอยู่ประมาณ 10 A ในเวลานี้ เองจะเป็นสภาวะที่กลับกันคือมันจะเป็นสภาวะ "off state" และในการนำกระแสได้นั้นมัน ได้จากการส่งแสงมาที่ขาเกตของไตรแอกภายในตัว ic ซึ่งมันจะทำงานปล่อยกระแสที่ต่อที่ ขา MT1 และ MT2 ซึ่งค่า voltage ที่คร่อมนี้จะขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตจะกำหนด แต่ในที่นี้เรา

ใช้ ic เบอร์ MOC3041 ซึ่งมันสามารถทนโวลต์ได้ถึง 400 โวลต์ แต่มันจะมีกระแส ไม่วากกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ transients ก่อนที่จะมี voltage ที่คงที่ซึ่งเรียกว่า dv/dt rating ซึ่ง ic เบอร์นี้จะมีค่า

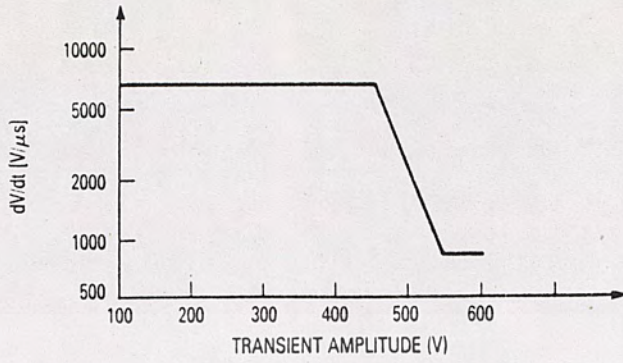
ประมาณเป็น minimum 500v/ S ซึ่งจะเกิดขึ้นที่ ac line ซึ่งเราเรียกว่า snubber ซึ่ง
 จะเกิดขึ้นในขณะที่ on state triac ในขณะที่โหลดเป็น inductive and resistive
 จากรูปที่ 3,4,5 ซึ่งเป็นการแสดงกระแส transient และเราสามารถหาค่า network
 เพื่อป้องกัน transient ด้วยวงจร snubber คือค่า R และ C และจากรูปที่ 6,7 และ
 จากรูปที่ 6 เราจะหาค่า R เพื่อจำกัดกระแสที่ไหลผ่านเข้าขาเกทของ triac โดยเราจะดูค่า
 กระแสเกทนี้ได้จาก data sheet ของทางบริษัทผู้ผลิต ในวงจรที่ทดลองใช้งานจริง ๆ นั้นจะ
 มีค่าประมาณ 1 amp ซึ่งค่า R นี้จะหาได้จากสูตรที่ 1

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{V_{peak}}{I_{peak}} \dots\dots\dots 1 \\
 &= \frac{220 \sqrt{2} \text{ volts}}{1 \text{ amp}} \\
 &= 311 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

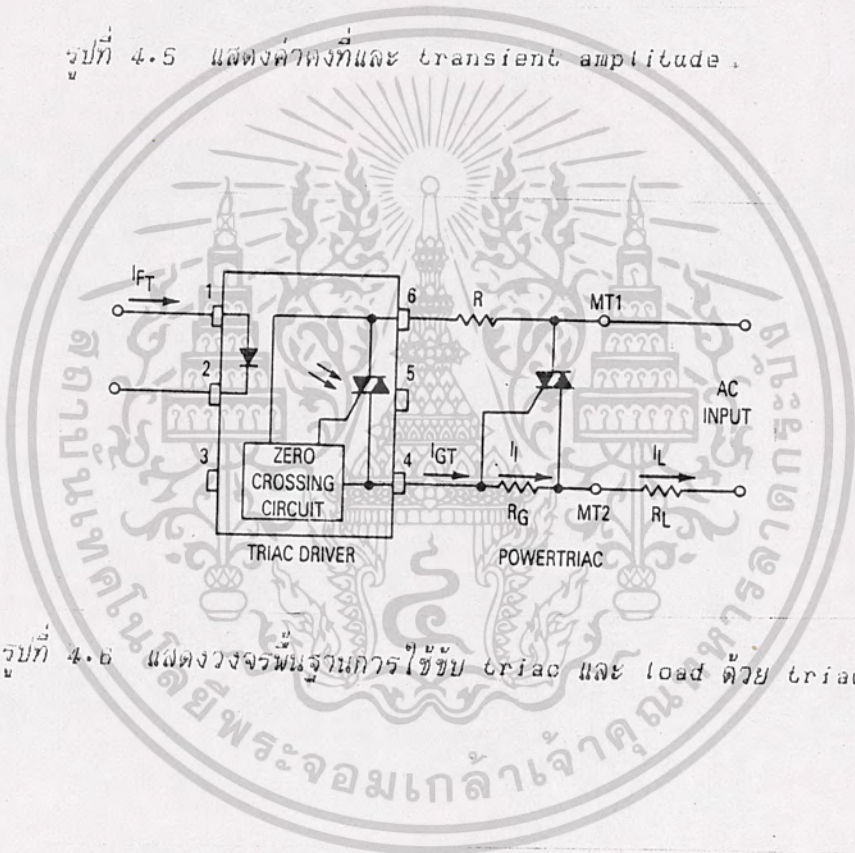
ซึ่งเราจะหาค่าประมาณ 330 ohm จากรูปที่ 6 นั้น ค่าของ R จะต่อไว้ก็ต่อ
 เมื่อ triac เบอร์นั้นภายในมี diac ต่ออยู่ภายในซึ่งจะดูได้จาก data sheet จากรูปที่
 7 เป็น wave form ของการทำงานของ zerocrossing จะอธิบายได้ดังนี้คือ I_{FT} เป็น
 กระแสที่ทริกให้ triac นำกระแส ซึ่งจะเริ่มนำกระแสที่ 0° และ 180 องศาซึ่งจะทำให้
 ป้องกันการกระชากให้ triac เสียหายได้



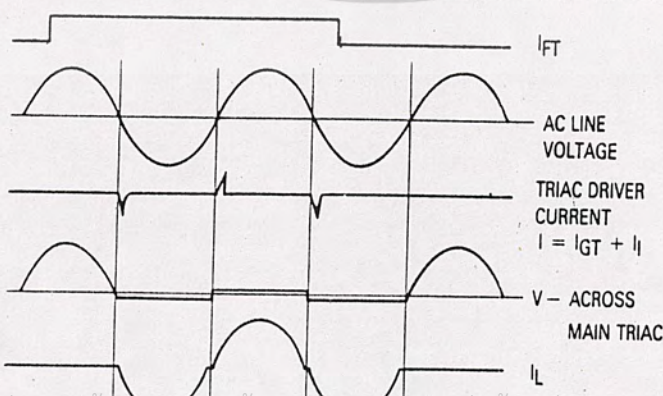
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 รูปที่ 4.4 แสดงค่าคงที่ของอนุกรม dv/dt



รูปที่ 4.5 แสดงค่าคงที่และ transient amplitude.



รูปที่ 4.6 แสดงวงจรพื้นฐานที่ใช้ขับ triac และ load ด้วย triac



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหามาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 wave ที่ใช้ในการทำงานของวงจรพื้นฐาน

การคำนวณหาค่า snubber คร่อม ac line จากรูปที่ 10 ซึ่งเป็นค่าของ dv/dt

$$V(t) = V_p \sin \omega t$$

$$dv/dt = V_p \cos \omega t$$

$$dv/dt_{(max)} = V_p = V_p 2 f$$

$$f = \frac{dv/dt}{2V_p A(max)} \dots \dots \dots 1$$

เมื่อ dv/dt เป็นค่า maximum ในขณะ off state

จากสูตรที่ จะได้อ่า f ดังสูตรที่ เมื่อได้อ่า f แล้วนำมาหาค่าของ c ได้
จากสมการที่

$$c = 1/L(2\pi f)^2 L \dots \dots \dots 2$$

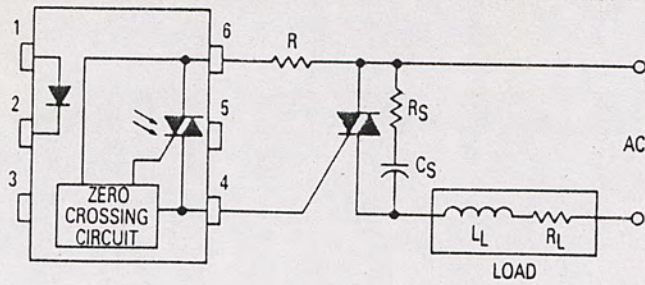
เมื่อเราได้อ่าของ c แล้วก็นำมาหาค่า R ได้จากสูตรที่ โดยจะคิดที่ 30%

overhoot

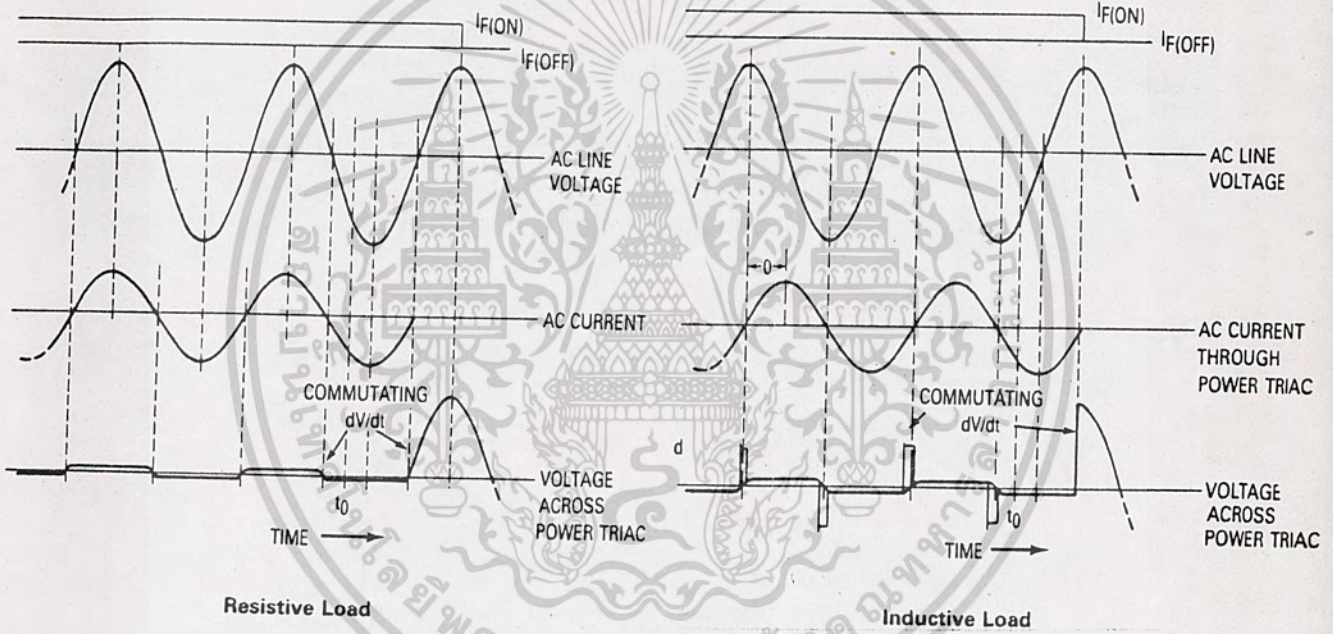
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R = \sqrt{L/C}$$

จากรูปที่ 11 ซึ่งเป็นวงจรใช้งานจริง ๆ สามารถคำนวณได้ดังนี้คือ



รูปที่ 4.8 วงจร snubber



รูปที่ 4.9 แสดง wave form ที่เห็น positive and negative load

จาก data sheet จะได้ค่า $dv/dt = 450 \text{ v/s}$ #tic263D

$$f = (450 \text{ v/s}) / 2\pi \times 11 \text{ v}$$

$$= 230.2885 \text{ kHz}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

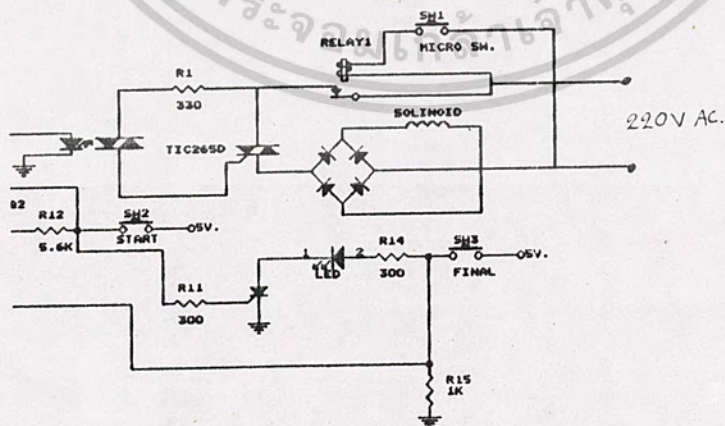
$$\begin{aligned}
 C &= 1/(2\pi f)^2 L \\
 &= 1/1.597 \times 10^3 \\
 &= 6.2 \times 10^{-14} \\
 &= 0.062 \times 10^{-12} \text{ pf}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= L/C \\
 &= 7.63/6.2 \times 10^{-14} \\
 &= 11.04 \text{ M}
 \end{aligned}$$

แต่ในทางปฏิบัติแล้วเราไม่อาจหาค่าของ R และ C ได้ตามที่คำนวณมาซึ่งจากการใช้งานจริงแล้ว R มีค่า 30 K 5 w และค่า C มีค่าประมาณ 62 pf

4.2 การ start ตัวถังหรือการยิงลูกเทนนิส

ในการยิงหรือส่งลูกเทนนิสนั้นเราสามารถที่จะกดปุ่ม keyboard เพื่อ start จำเข้าไปเข้า coil จากรูปที่ 11 สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้คือ

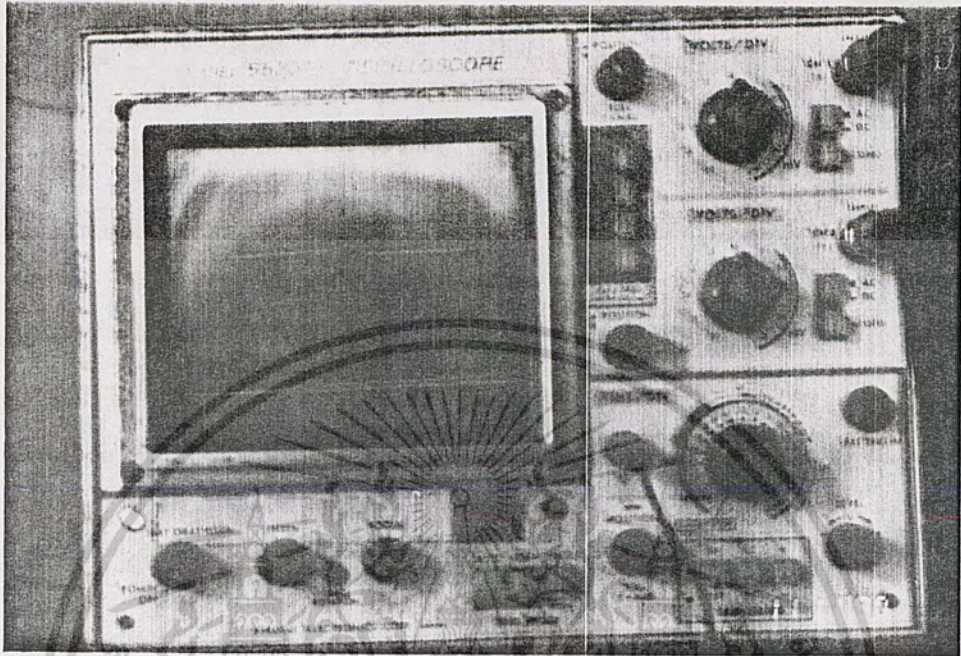


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะสิ่งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-10

แสดงวงจรการ start solenoid

แสงซึ่งจะปล่อยให้กระแสไหลผ่านไปทริกเกอร์ที่ขาเกตของ triac ที่ต่อเพื่อ drive solenoid ทำงานแกนของ solenoid จะพุ่งออกไปกระแทกลูกเทนนิสที่ปลายของเครื่อง



รูปแสดง waveform ที่ไปทริกให้ Ic1 ทำงาน

รูปที่ 4.13 แสดง wave form ที่ไปทริก ic

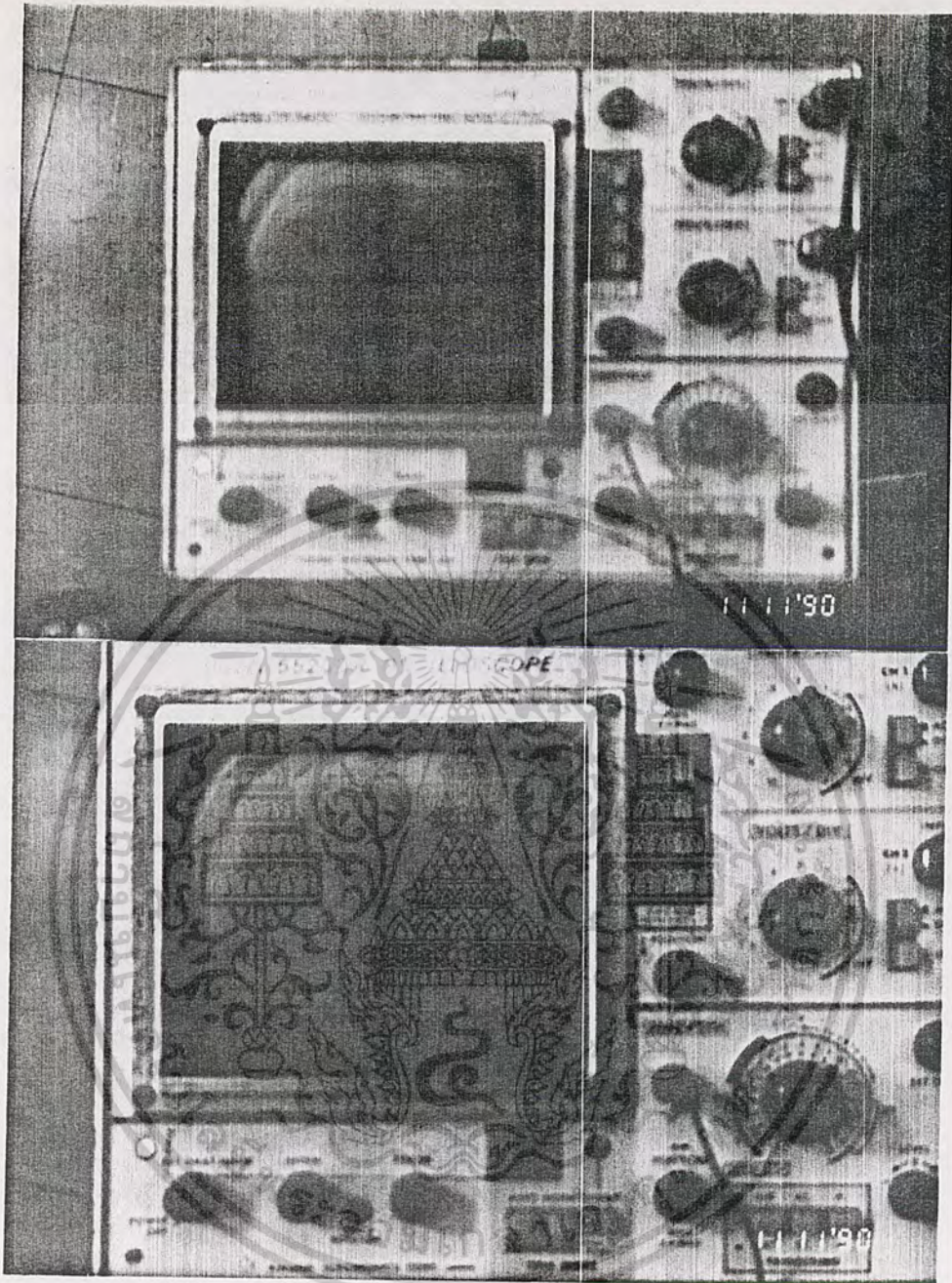
volt/DIV = 2 Time/DIV = 10 ms

$$\begin{aligned}
 \text{ค่า } t &= 1.1(50 \times 10^3 + 40 \times 10^3) 0.012 \times 10^{-6} \\
 &= 1.1 \times 10^{-3} \text{ sec} \\
 &= 1.1 \text{ mS}
 \end{aligned}$$

4.3 ส่วนทำหน้าที่วัดความเร็วของแกนกระแทกลูกเทนนิส

สำหรับในส่วนนั้นเป็น function พิเศษที่สามารถวัดความเร็วของลูกเทนนิสได้ โดยอาศัยหลักการคำนวณจากเวลาที่ปล่อย clock ออกไปจนกระทั่งแกนไปกระแทก ball ซึ่งจะได้แสดงให้เห็นได้จากรูปข้างล่างนี้ และจะได้อธิบายถึงหลักการทำงานโดยละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูปที่ 14 จะได้ว่าในขณะที่เรากด sw2 เพื่อเป็นการ start หรือ เรียกว่ายิง ball จะทำให้ Q_2 ได้รับการ bias และเริ่มนำกระแสทำให้ที่ขา 10 ของ ic4 ซึ่งเป็นขา set ic เบอร์นี้ทำหน้าที่เป็นฟลิปฟลอป และขณะที่ขา 13 ซึ่งเป็นขา clear อยู่ในสภาวะ "0" แต่เราจะให้เป็นสภาวะ "1" เนื่องจากเวลาในการที่แกว่งไปและ sw1 หน้าสัมผัสของรีเลย์ 2 ก็จะแตะที่ไฟบวก ทำให้ขา 13 มีสภาวะเป็น "1" output ขา 9 ก็จะเป็น "1" ซึ่งเป็นการเปิดเกตให้ clock จาก output ของ 555 ic 3 ที่ขา 3 ด้วยมาเข้า ขา 14 ของ ic 6 ทำหน้าที่เป็น counter ความถี่เพื่อต้องการหาความเร็วของแกนโดยค่าไมวากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีหลอดแปลงเนื้อหาและตองอาจอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉนวนจากคาบเวลาของ ic 3 และ counter จะหยุดนับก็ต่อเมื่อแกนของ solenoid ไปได้

sw1 ซึ่งเป็นการตัดไฟที่จะจ่ายให้กับ solenoid และเป็นผลทำให้ขา 13 ของ ic4 เป็น "0" ที่ขา 9 หรือ "Q" เป็น "0" เป็นการปิดเกทให้ counter หยุดนับ

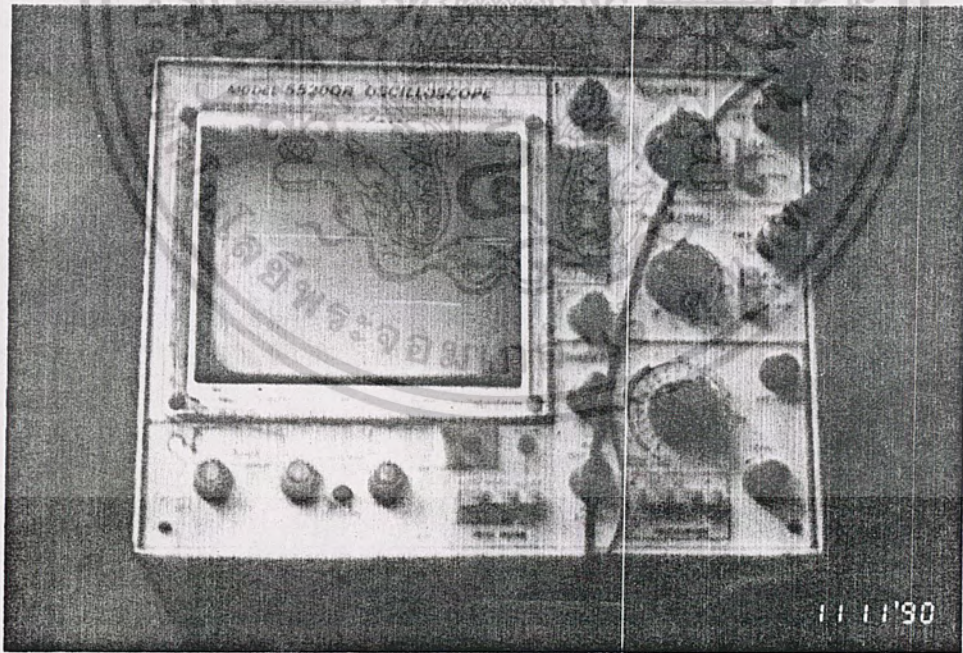
ตัวเลขที่ปรากฏที่ segment นั้นคือค่าเวลาที่แกนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วในการยิงแต่ละครั้ง ค่า

$$t_1 = 0.695(R_B + R_D)C_4$$

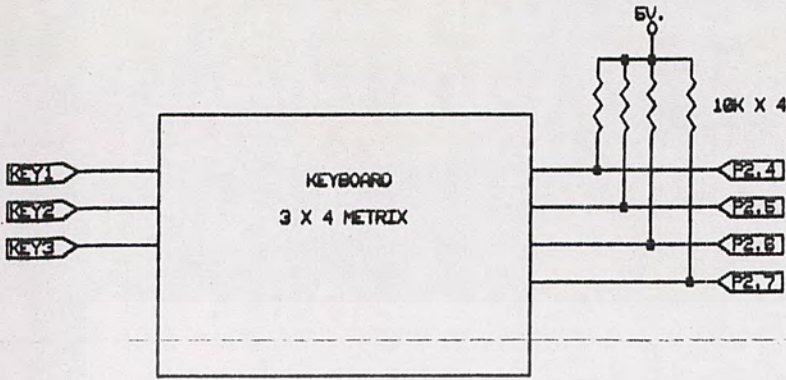
$$t_2 = 0.695(R_D)C_4$$

$$t = t_1 + t_2$$

$$= 0.695(R_B + 2R_D)C_4$$



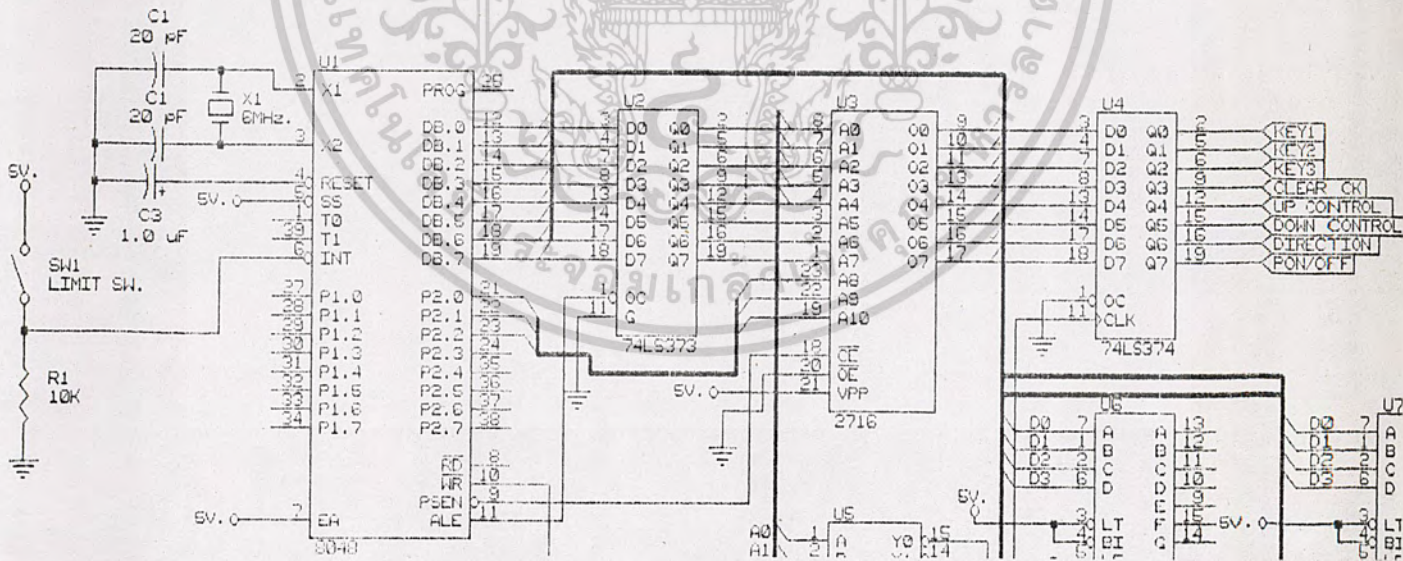
รูปที่ 4.15 แสดง wave form ของ opto ที่ sensor มม
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แผง keyboard ดั้งเดิม

4.4 การควบคุมในการยิงด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

การทำงานในส่วนนี้เราตั้งมุมในการยิงไว้ในแนวราบคือจะสแกนจากซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้ายดังแสดงในรูปข้างล่างนี้

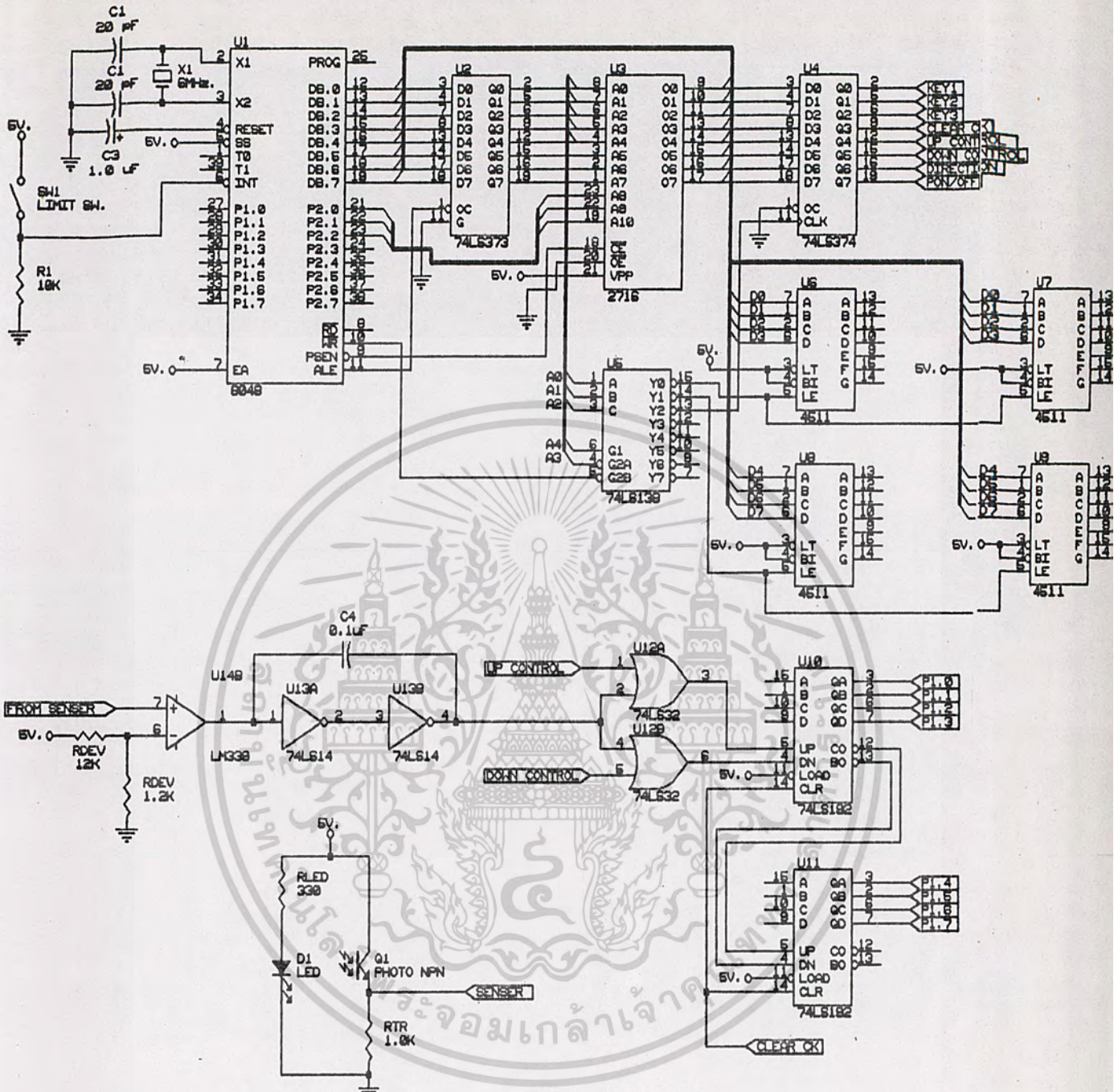


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

โดยเราจะติดตั้งมุมการวัดมุมด้วย opto เป็นตัวเซ็นเซอร์ จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 นิ้วเป็นแผ่นอลูมิเนียมติดยึดกับเฟืองมอเตอร์ในการ drive ขนาดของเฟืองมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว เพราะฉะนั้นสำหรับแผ่นอลูมิเนียมจะเป็นพัลส์ซึ่งมีขนาดความกว้างดังรูปข้างบน มีจำนวนพัลส์ทั้งหมด 50 พัลส์นั้นหมายถึง 1 รอบในการหมุนของมอเตอร์ซึ่งเป็น dc motor แต่ตัวยึดกับแกนจึงจะเป็นเฟืองทดซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่าตัวเฟืองที่ติดกับมอเตอร์ถึง 6.67 เท่า ดังนั้นเมื่อ motor หมุนไปได้ 1 รอบ จะทำให้แกนหมุนไปได้เพียง $1/6.67$ รอบเท่านั้น เราจะแบ่งมุมของแกนที่หมุนเท่ากับ 360 องศา ถ้าหากหมุนไปเพียง $1/10$ รอบจะมีค่าเท่ากับ $360/6.67$ องศา เท่ากับ 53.97 องศา เราจึงสมมติให้ พัลส์ที่แผ่นอลูมิเนียม 50 นั้นในแต่ละพัลส์มีค่าประมาณ 1 องศา และตั้งไว้ไม่เกินมุมจากซ้ายไปขวา หรือจากขวาไปซ้าย ได้เพียง 50 องศาเท่านั้น โดยจะทำ limit switch ไว้ที่ด้านขวาของแกน ในขณะที่เปิดเครื่อง จะสั่งให้ไมโครเช็คค่าและที่ limit switch หรือยังถ้าหากยังมันสั่งให้มอเตอร์หมุนซ้ายจนกว่าจะแตะ sw ตัวนี้ และจุดนี้เราจะถือว่ามีเป็น 0 องศา จากนั้นมันจะสั่งให้มอเตอร์หมุนกลับทางไปตั้งไว้ตรงกลางหรือนับไปที่ 25 พัลส์หรือ 25 องศาจากจุด 0 องศาแล้วหยุดมอเตอร์

ต่อไปถ้าหากเราต้องการมุมในการยิงเทวาใดให้กดที่ keyboard ตัวเลขจะปรากฏที่ counter ตัวที่ 2 ซึ่ง CPU จะรับรู้ก็ต่อเมื่อเรากดปุ่มเริ่มหมุนมุม และมันจะนำค่าที่ต้องการมา compare กันกับค่า counter นับไปโดยถ้าหากมากกว่ามุมที่ค้างอยู่ก่อนหน้านี้แล้วมันจะหมุนกับทางจนได้พัลส์หรือมุมที่เท่ากับเราต้องการ CPU จึงสั่งให้ motor หยุดทำงาน โดย counter ทั้ง 2 ตัวจะแสดงค่าที่เท่ากับไว้ทุกครั้ง แต่ถ้าหากเรากด keyboard มากกว่า 50 CPU จำไม่ทำงาน ซึ่งวงจรการทำงานเป็นไปตามวงจรข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



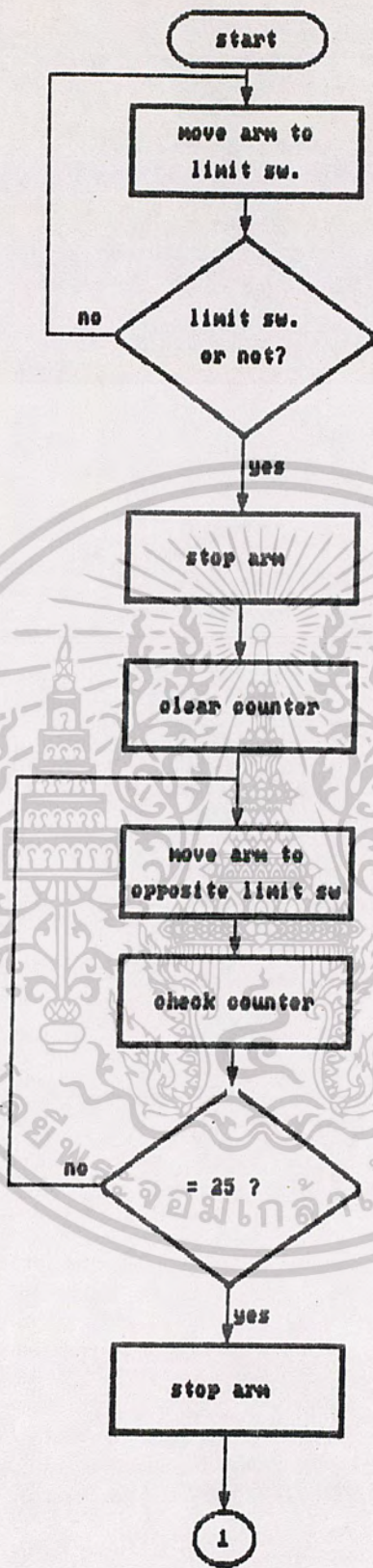
รูปที่ 4.17 แสดงวงจรควบคุมตำแหน่งมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

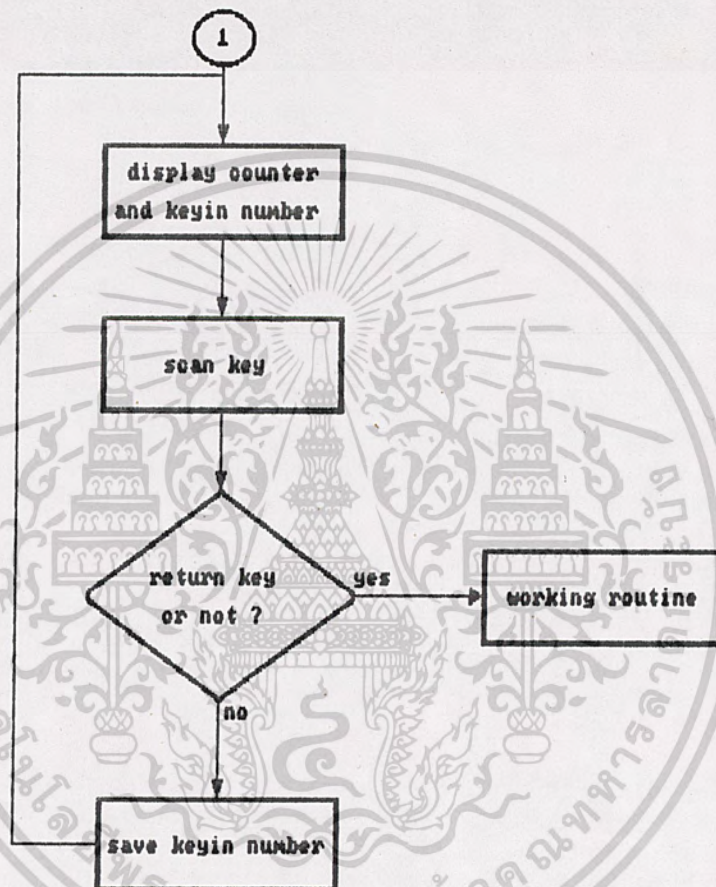
การทำงานของวงจรส่วนควบคุมการเลือกมุมในการยิง โดยใช้ไมโครชิพ เบอร์ 8048 ซึ่งมีการทำงานเป็นแบบ มัลติเพล็กซ์ หมายความว่าในขณะที่มันส่ง data มาที่ memory แล้วมันจะหน่วงเวลาค้างไว้ระยะหนึ่งแล้วกลับไปอ่าน address ส่งมา โดย memory ที่ใช้เป็นขนาด 2 Kbyte ซึ่งจริง ๆ แล้วจะใช้ได้ถึง 4 K เราจะใช้ 74LS373 เป็นตัว latch data ค้างไว้ และใช้ 74LS138 เป็นตัว decoder ซึ่งจะดึง address มา decoder เพียง 5 เส้น โดย A_0, A_1, A_2 จะเป็นตัว บอกว่าเลือกให้ seven segment ชุดใดแสดงค่าซึ่ง CPU 8048 จะเป็นตัวสั่งและทำตามคำสั่งที่เราเขียนไว้ใน memory 8048 จะสั่งให้ 74LS374 ส่งสัญญาณ count up หรือ count down เสร็จแล้ว 8048 จะอ่านค่าที่ counter เบอร์ 74LS192 เข้าไปเก็บไว้แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าเดิม

ทุกครั้งในการเปิดเครื่องมันจะทำตามคำสั่งว่าจะต้องเช็คค่าแขนยิงไปแตะ limit sw หรือยังถ้ายังมีจะสั่งให้มอเตอร์หมุนเข้าหา limit sw เมื่อแตะแล้วมันจะสั่งให้มอเตอร์หมุนแบบ count up ไปที่ 25 pulse ซึ่งเราจะตั้งไว้ทั้งหมด 50 pulse หรือประมาณ 50 องศา และแล้วมันจะหยุดที่ 25 องศาคือแขนยิงจะมาอยู่ตรงกลาง ต่อจากนั้น 8048 จะมาสแกน keyboard ว่า key ตัวไหนถูกกดโดยจะส่งสัญญาณ 110 เพื่อเป็นการเช็คแถวแรก 101 เพื่อเช็คแถวที่ 2 และ 011 เป็นการเช็คแถวที่ 3 และจะมีคำสั่งว่าถ้ามีการกด key จะต้องกดแล้วกลับมาเช็คปล่อย key หรือยัง ถ้ายังมีไม่รับ key ตัวต่อไป แล้วมันจะรับ key ไปเก็บไว้แล้วส่งไปที่ display ต่อไปก็จะสั่งให้ counter นับ pulse ไปตามจำนวน pulse ที่กด key เมื่อได้ได้มันจะนำค่านี้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ปรากฏอยู่เดิมว่าเท่ากันหรือยังเมื่อเท่ากันแล้วมันจะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน แล้วกลับมารอการกด key ต่อไปและถ้าหากค่าที่กดนี้มีค่ามากกว่ามันจะสั่งให้ count down แต่ถ้าหากน้อยกว่ามันจะสั่งให้ count up จนกว่าจะเท่ากัน ทั้งหมดเป็นการทำงานคร่าว ๆ ซึ่งจะสามารถเข้าใจได้ด้วยการทำงานของวงจรและ folw chart พร้อมทั้ง program การใช้งานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การนำเอกสารไปใช้โดยไม่ขออนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย
CHART FOR INITIALIZE. ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MAIN WORKING ROUTINE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

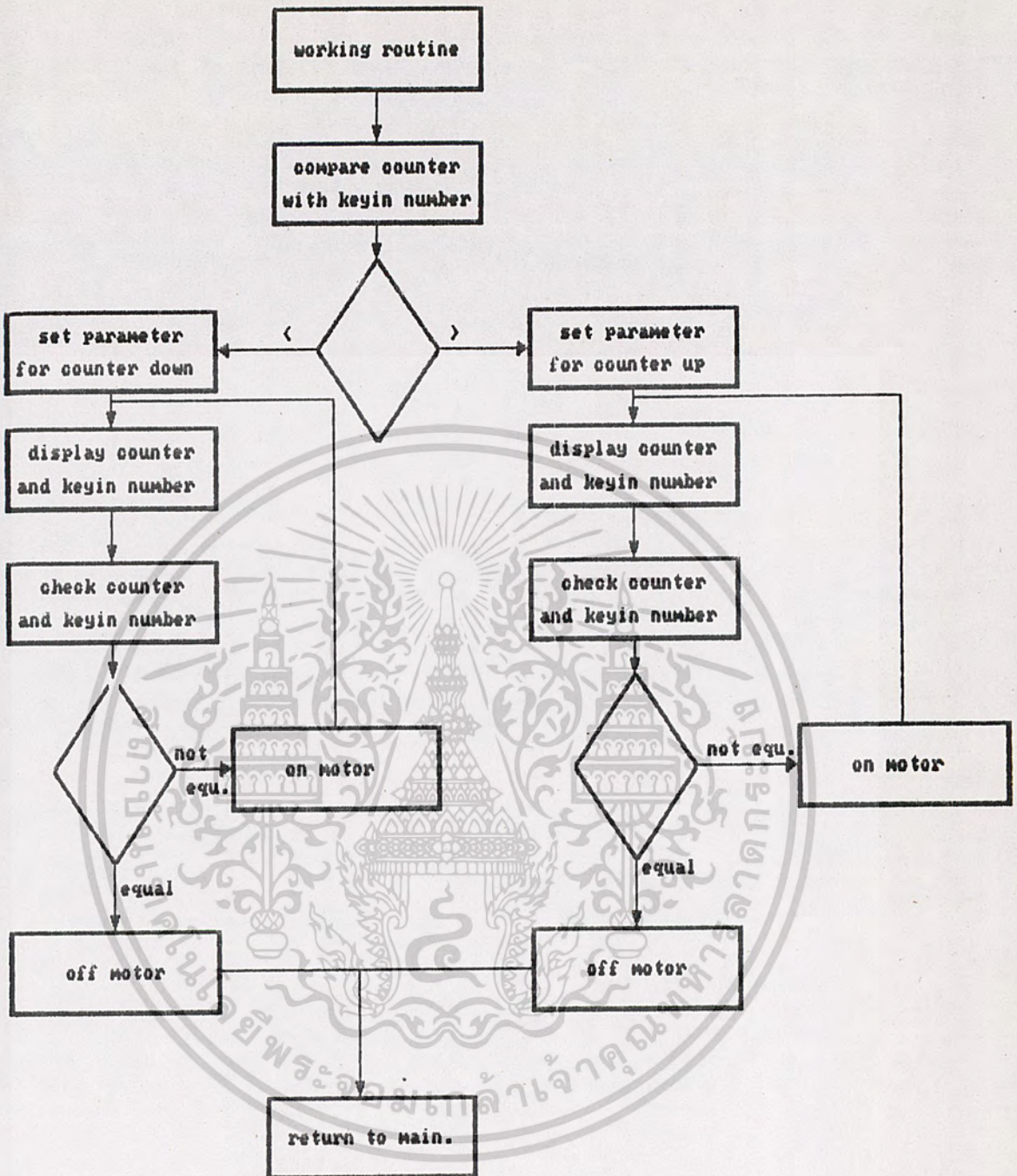


CHART FOR WORKING ROUTINE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8048 ASSEMBLER Ver 1.00 on IBM PC/XT
by Computer Laboratory [TV]. Thewes Campus

Line	Addr	Obj			
1			ORG	000H	
2	0030		DIREC:	EQU 30H	;DIRECTION OF COUNTER BUFFER
3	0031		RELAY:	EQU DIREC+1	;WHICH RELAY WORK
4	0032		KBUF:	EQU RELAY+1	;KEYBOARD BUFFER
5	0033		DBUF:	EQU KBUF+1	;DISPLAY BUFFER
6	0010		DISP1:	EQU 10H	;FIRST SEVEN SEGMENT PORT
7	0011		DISP2:	EQU DISP1+1	;SECOND SEVEN SEGMENT PORT
8	0012		OUT:	EQU DISP2+1	;OUTPUT CONTROL PORT
9	0020		UP:	EQU 20H	;COUNTER COUNT UP
10	0010		DOWN:	EQU 10H	;COUNTER COUNT DOWN
11	0038		CLCK:	EQU 38H	;CLEAR COUNTER
12	0030		PRCK:	EQU 30H	;PRESET COUNTER
13	0080		PUP:	EQU 80H	;ON POWER TO COUNT UP
14	00C0		PDOWN:	EQU 0C0H	;ON POWER TO COUNT DOWN
15	0030		POFF:	EQU 30H	;OFF RELAY
16	0000	B8 12	MOV	RO,#OUT	;TO FIND LIMIT SWITCH
17	0002	23 C0	MOV	A,#PDOWN	
18	0004	43 10	ORL	A,#DOWN	
19	0006	90	MOVX	@RO,A	
20	0007	86 07	REP:	JNI REP	
21	0009	23 30	MOV	A,#POFF	
22	000B	90	MOVX	@RO,A	
23	000C	23 38	MOV	A,#CLCK	
24	000E	90	MOVX	@RO,A	
25	000F	BB 80	MOV	R3,#80H	
26	0011	EB 11	CLEAR:	DJNZ R3,CLEAR	
27	0013	23 30	MOV	A,#PRCK	
28	0015	90	MOVX	@RO,A	
29	0016	23 20	MOV	A,#UP	
30	0018	43 80	ORL	A,#PUP	
31	001A	90	MOVX	@RO,A	
32	001B	B8 33	MOV	RO,#DBUF	
33	001D	B0 25	MOV	@RO,#25H	
34	001F	23 FF	CENT:	MOV A,#OFFH	;MOVE ARM TO CENTER
35	0021	39	OUTL	P1,A	
36	0022	09	IN	A,P1	
37	0023	14 CE	CALL	SUB	
38	0025	96 1F	JNZ	CENT	
39	0027	B8 12	MOV	RO,#OUT	
40	0029	23 30	MOV	A,#POFF	
41	002B	90	MOVX	@RO,A	
42	002C	B9 33	MOV	R1,#DBUF	
43	002E	B1 00	MOV	@R1,#00H	
44	0030	B8 30	MOV	RO,#DIREC	
45	0032	23 20	MOV	A,#UP	
46	0034	A0	MOV	@RO,A	
47	0035	18	INC	RO	
48	0036	23 30	MOV	A,#POFF	
49	0038	A0	MOV	@RO,A	
50	0039	18	INC	RO	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8048 ASSEMBLER Ver 1.00 on IBM PC/XT
by Computer Laboratory ITVE. Thewes Campus

Line	Addr	Obj			
51	003A	23 FF		MOV	A,#0FFH
52	003C	A0		MOV	@R0,A
53	003D	BB 10	KEYB:	MOV	R3,#10H ;CHECK KEYBOARD RELEASE
54	003F	34 00	KEYB1:	CALL	SCAN
55	0041	B8 32		MOV	R0,#KBUF
56	0043	F0		MOV	A,@R0
57	0044	D3 FF		XRL	A,#0FFH
58	0046	96 3D		JNZ	KEYB
59	0048	EB 3F		DJNZ	R3,KEYB1
60	004A	23 FF	INKEY:	MOV	A,#0FFH ;DISPLAY INFORMATION
61	004C	39		OUTL	P1,A
62	004D	09		IN	A,P1
63	004E	B8 10		MOV	R0,#DISP1
64	0050	47		SWAP	A
65	0051	90		MOVX	@R0,A
66	0052	B8 11		MOV	R0,#DISP2
67	0054	B9 33		MOV	R1,#DBUF
68	0056	F1		MOV	A,@R1
69	0057	47		SWAP	A
70	0058	90		MOVX	@R0,A
71	0059	34 00		CALL	SCAN ;TO RECIEVE KEYBOARD
72	005B	B8 32		MOV	R0,#KBUF
73	005D	F0		MOV	A,@R0
74	005E	D3 FF		XRL	A,#0FFH ;CHECK KEYBOARD PRESS OR NOT
75	0060	C6 4A		JZ	INKEY
76	0062	F0		MOV	A,@R0
77	0063	D3 0A		XRL	A,#0AH ;CHECK WORK KEY
78	0065	C6 71		JZ	WORK
79	0067	B9 33		MOV	R1,#DBUF ;RECLEVE NUMERIC KEYBOARD
80	0069	F1		MOV	A,@R1 ;AND SAVE IN DBUF
81	006A	47		SWAP	A
82	006B	53 F0		ANL	A,#0F0H
83	006D	40		ORL	A,@R0
84	006E	A1		MOV	@R1,A
85	006F	04 3D		JMP	KEYB
86	0071	23 50	WORK:	MOV	A,#50H ;SUBROUTINE TO MOVE ARM
87	0073	B8 33		MOV	R0,#DBUF ;CHECK OVER LIMIT OR NOT
88	0075	14 CE		CALL	SUB
89	0077	E6 80		JNC	CHECO
90	0079	B8 12	RETUR:	MOV	R0,#OUT
91	007B	23 30		MOV	A,#POPF
92	007D	90		MOVX	@R0,A
93	007E	04 3D		JMP	KEYB
94	0080	23 FF	CHECO:	MOV	A,#0FFH ;CHECK THE DIRECTION TO MOVE
95	0082	39		OUTL	P1,A ;THE ARM
96	0083	09		IN	A,P1
97	0084	14 CE		CALL	SUB
98	0086	C6 79		JZ	RETUR
99	0088	E6 AB		JNC	DOWN0
100	008A	B8 30	UP0:	MOV	R0,#DIREC ;MOVE THE ARM TO UP DIRECTION

8048 ASSEMBLER Ver 1.00 on IBM PC/XT
by Computer Laboratory ITVE. Thewes Campus

Line	Addr	Obj			
101	008C	B0 20		MOV	@R0,#UP
102	008E	18		INC	R0
103	008F	B0 80		MOV	@R0,#PUP
104	0091	23 FF	UPI:	MOV	A,#OPFH
105	0093	39		OUTL	P1,A
106	0094	09		IN	A,P1
107	0095	47		SWAP	A
108	0096	B8 10		MOV	R0,#DISP1
109	0098	90		MOVX	@R0,A
110	0099	47		SWAP	A
111	009A	B8 33		MOV	R0,#DBUF
112	009C	14 CE		CALL	SUB
113	009E	C6 79		JZ	RETUR
114	00A0	B8 30		MOV	R0,#DIREC
115	00A2	B9 31		MOV	R1,#RELAY
116	00A4	F1		MOV	A,@R1
117	00A5	40		ORL	A,@R0
118	00A6	B8 12		MOV	R0,#OUT
119	00A8	90		MOVX	@R0,A
120	00A9	04 91		JMP	UPI
121	00AB	B8 30	DOWN0:	MOV	R0,#DIREC ;MOVE THE ARM TO DOWN DIRECTION
122	00AD	23 10		MOV	A,#DOWN
123	00AF	A0		MOV	@R0,A
124	00B0	18		INC	R0
125	00B1	23 C0		MOV	A,#PDOWN
126	00B3	A0		MOV	@R0,A
127	00B4	23 FF	DOWN1:	MOV	A,#OPFH
128	00B6	39		OUTL	P1,A
129	00B7	09		IN	A,P1
130	00B8	47		SWAP	A
131	00B9	B8 10		MOV	R0,#DISP1
132	00BB	90		MOVX	@R0,A
133	00BC	47		SWAP	A
134	00BD	B8 33		MOV	R0,#DBUF
135	00BF	14 CE		CALL	SUB
136	00C1	C6 79		JZ	RETUR
137	00C3	B8 30		MOV	R0,#DIREC
138	00C5	B9 31		MOV	R1,#RELAY
139	00C7	F1		MOV	A,@R1
140	00C8	40		ORL	A,@R0
141	00C9	B8 12		MOV	R0,#OUT
142	00CB	90		MOVX	@R0,A
143	00CC	04 B4		JMP	DOWN1
144	00CE	97	SUB:	CLR	C ;SUBROUTINE FOR COMPARE
145	00CF	37		CPL	A ;NUMBER
146	00D0	60		ADD	A,@R0
147	00D1	E6 D5		JNC	POS
148	00D3	17		INC	A
149	00D4	83		RET	
150	00D5	37	POS:	CPL	A

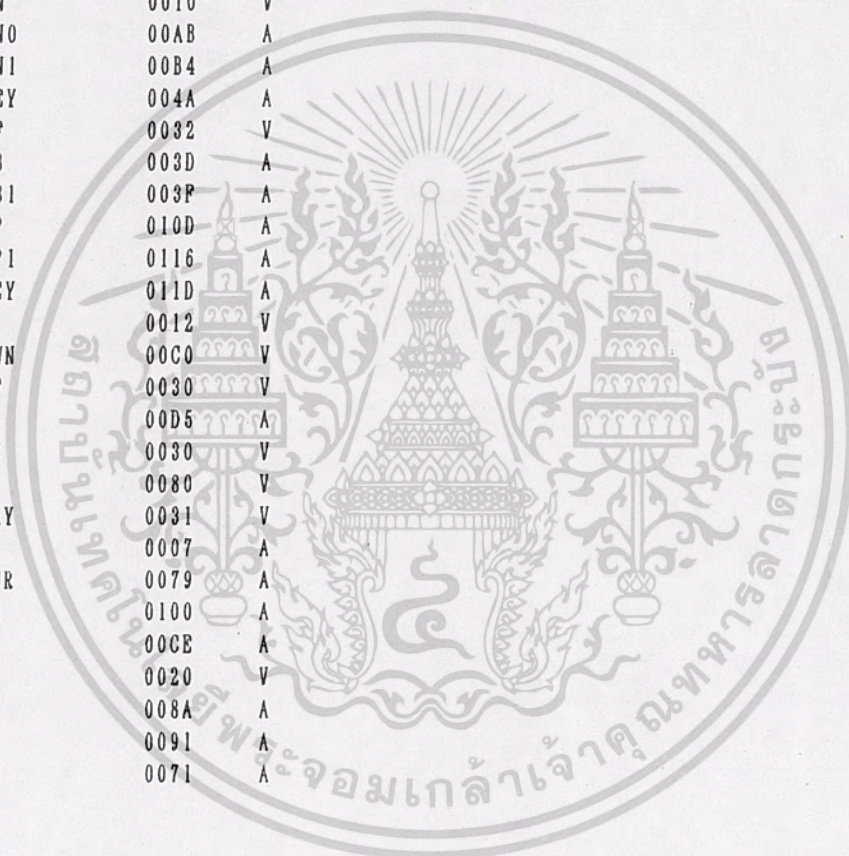
8048 ASSEMBLER Ver 1.00 on IBM PC/XT
by Computer Laboratory ITVE. Thewes Campus

Line	Addr	Obj			
151	00D6	83		RET	
152				ORG 100H	
153	0100	D5	SCAN:	SEL RB1	;SUBROUTINE FOR SCAN
154	0101	B8 12		MOV R0,#00H	;KEYBOARD
155	0103	BA 36		MOV R2,#36H	
156	0105	BB 03		MOV R3,#03H	
157	0107	BD 00		MOV R5,#00H	
158	0109	B9 32		MOV R1,#KBUF	
159	010B	B1 FF		MOV @R1,#0FFH	
160	010D	FA	LOOP:	MOV A,R2	
161	010E	90		MOVX @R0,A	
162	010F	23 FF		MOV A,#0FFH	
163	0111	3A		OUTL P2,A	
164	0112	0A		IN A,P2	
165	0113	BC 04		MOV R4,#04H	
166	0115	47		SWAP A	
167	0116	67	LOOP1:	RRC A	
168	0117	F6 1D		JC NOKEY	
169	0119	AE		MOV R6,A	
170	011A	FD		MOV A,R5	
171	011B	A1		MOV @R1,A	
172	011C	FE		MOV A,R6	
173	011D	1D	NOKEY:	INC R5	
174	011E	EC 16		DJNZ R4,LOOP1	
175	0120	FA		MOV A,R2	
176	0121	43 F0		ORL A,#0F0H	
177	0123	E7		RL A	
178	0124	53 07		ANL A,#07H	
179	0126	43 30		ORL A,#30H	
180	0128	AA		MOV R2,A	
181	0129	EB 0D		DJNZ R3,LOOP	
182	012B	C5		SEL RB0	
183	012C	83		RET	
184				END	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8048 ASSEMBLER Ver 1.00 on IBM PC/XT
by Computer Laboratory ITVE. Thewes Campus

No.	Symbol	Content	Type
1	CENT	001F	A
2	CHECO	0080	A
3	CLCK	0038	V
4	CLEAR	0011	A
5	DBUF	0033	V
6	DIREC	0030	V
7	DISP1	0010	V
8	DISP2	0011	V
9	DOWN	0010	V
10	DOWN0	00AB	A
11	DOWN1	00B4	A
12	INKEY	004A	A
13	KBUF	0032	V
14	KEYB	003D	A
15	KEYB1	003F	A
16	LOOP	010D	A
17	LOOP1	0116	A
18	NOKEY	011D	A
19	OUT	0012	V
20	PDOWN	00C0	V
21	POFF	0030	V
22	POS	00D5	A
23	PRCK	0030	V
24	PUP	0080	V
25	RELAY	0031	V
26	REP	0007	A
27	RETUR	0079	A
28	SCAN	0100	A
29	SUB	00CE	A
30	UP	0020	V
31	UP0	008A	A
32	UP1	0091	A
33	WORK	0071	A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปปัญหาและแนวความคิดต่อไป

สรุปข้อปัญหาที่เกิดขึ้นต่าง ๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการทำงานของเครื่อง

1. ตัวส่งกำลังซึ่งมีขนาดใหญ่มากและน้ำหนักมาก ซึ่งทำให้การควบคุมการหยุดของมอเตอร์ที่ตำแหน่งที่ต้องการไม่ได้ 100% เนื่องจากแรงเฉื่อย

2. เกิดการสูญเสียของเส้นแรงแม่เหล็กเนื่องจากความห่างของแกนเหล็กกับเส้นลวดพัน coil

3. การตัดไฟที่จ่ายให้ coil เมื่อแกนกระแทกลูกเทนนิสแล้วไม่แน่นอน 100% เนื่องจากใช้ไมโครสวิทช์มีหน้าสัมผัสอาจเกิดการอาร์คได้ และยังทำให้เกิด noise มีผลการ cpu ได้

4. ตัว sensor ความเร็วของลูกและแกนมีการ error ได้เนื่องจากไมโครสวิทช์

แนวทางการแก้ไข

1. จากขนาดของ coil ที่มีขนาดใหญ่เราสามารถแก้ไขได้ด้วยการพันให้มีขนาดเล็กลงและนำมาวางเป็นแบบขนานกันตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปแล้วต่อแกนเหล็กที่ใช้ในการกระแทกหรือส่ง ball เป็นแกนเดียวกันซึ่งสามารถเพิ่มความแรงของลูกได้มากตามต้องการและสามารถเลือกความแรงของลูกได้อีกด้วยและทำให้มีขนาดเล็กกระจัดสะดวกในการใช้งานมากขึ้นด้วย สำหรับตำแหน่งนั้นเราใช้ stepping motor แทน

2. การสูญเสียเนื่องจากความห่างของแกนเราสามารถแก้ไขได้ด้วยการพันขดลวดให้มีช่องว่างน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และที่แกนหรือเหล็กที่ใช้เป็นตัวส่งกำลังที่มีขนาดเล็กกว่า diameter ของ coil ซึ่งเกิดการสูญเสียเราก็แก้ไขโดยการใช้อลูมิเนียมเป็นท่อกลมตันมากลึงตรงกลางออกแล้วอัดเหล็กเข้าไปตรงกลางแทนเพื่อลดในส่วนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ะไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3. ส่วนในเรื่องของการตัดไฟที่จ่ายนั้น เราแก้ไขโดยการตั้งเวลาไว้ด้วยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ แล้วส่งให้ไปทริกมุมตามเวลาที่ต้องให้ SCR or TRIAC เป็นตัวตัด

ไฟซึ่งจะมีความแน่นอนกว่า

4. สำหรับการ sensor นั้นก็ใช้หลักการเดียวกับข้อ 3 นำสัญญาณหยุดจากไมโครโปรเซสเซอร์

5. ในการพัฒนาขั้นต่อไปควรจะทำให้มีขนาดของเครื่องเล็กลง และสามารถใช้รีโมตคอนโทรลแทน Keyboard หรือสามารถใช้กับคอมพิวเตอร์ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

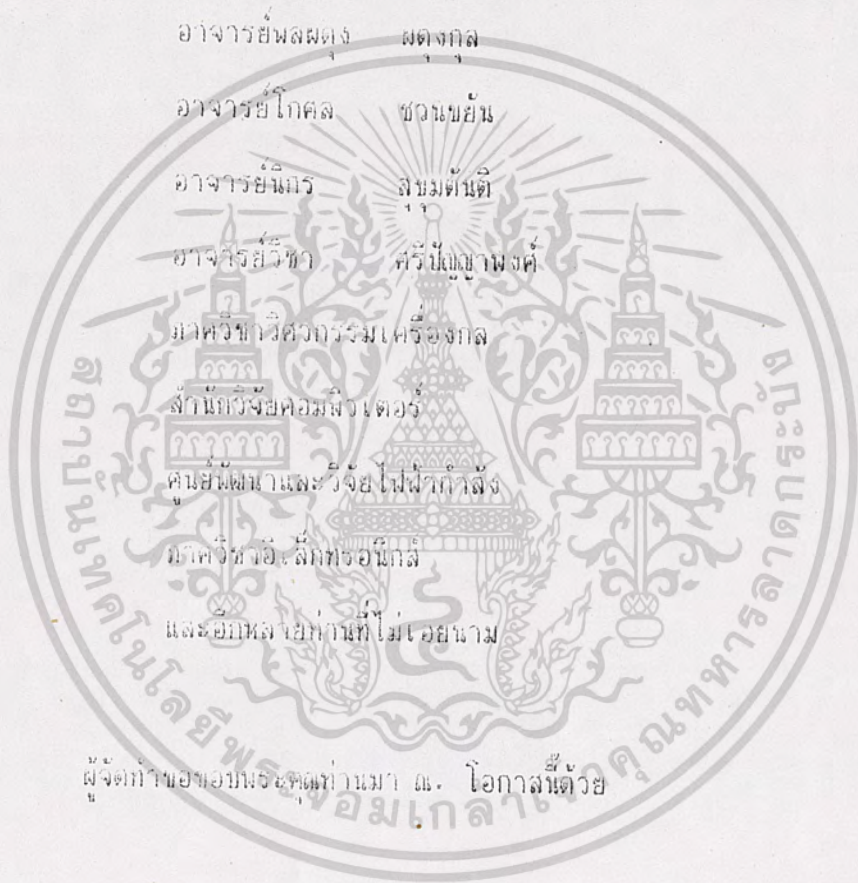
เอกสารอ้างอิง

1. Chek - chart , "Automotive Electrical and Electronics System"
2. G.A Wallace , "Principles and Practice of Electrical Engineering" , pp.58 - 68
3. Irving M. Gottobe , "Electric Motor Generator Transformer and Eneengineering"
4. Orla E.Loper , "Driect current Fundamentals" pp.77 -86,106
5. Richardson , Donald V. "Rotating Electric Machinery and Tranformer Technology"
6. Professor Arthur L.Ruoff , "Materisls Science" , p.65-72 , 89-91
7. เซมิคอนดักเตอร์ , "โวลนอยล์" , ฉบับที่ 36 , หน้า 61 - 64
8. Motorola Semiconductor Application Note , "Application of zero voltage crossing optically isolaated triiac driver" AN982 หน้า 1-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เกิดขึ้นและได้รับความสำเร็จไปถึงระดับหนึ่งได้ ด้วยรับคำแนะนำ
และการช่วยเหลือจาก



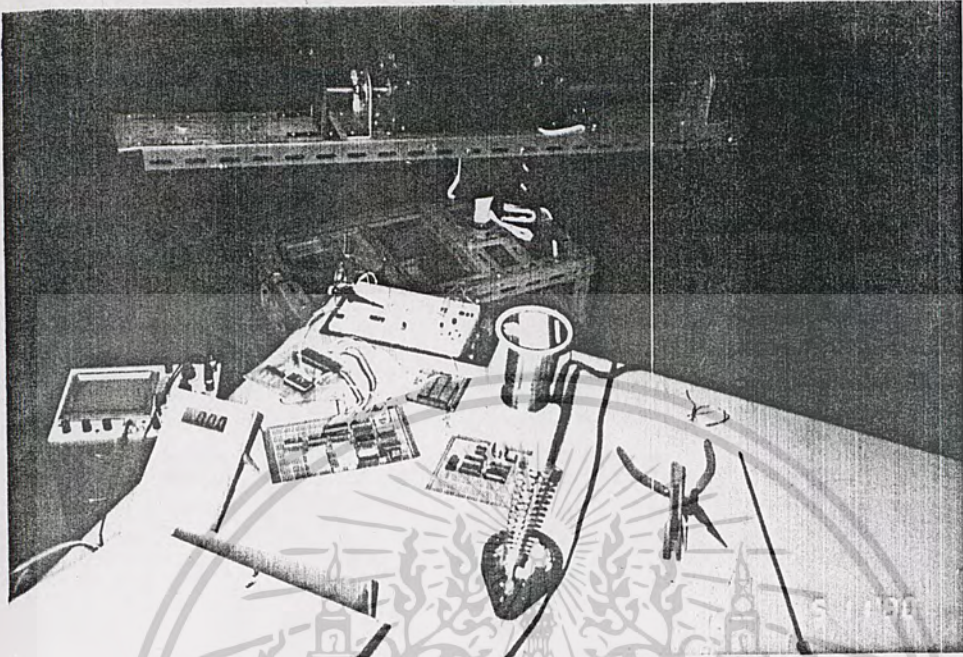
ผู้จัดทำเอาขอบพระคุณท่าน ดร. โอกาสนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่จากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

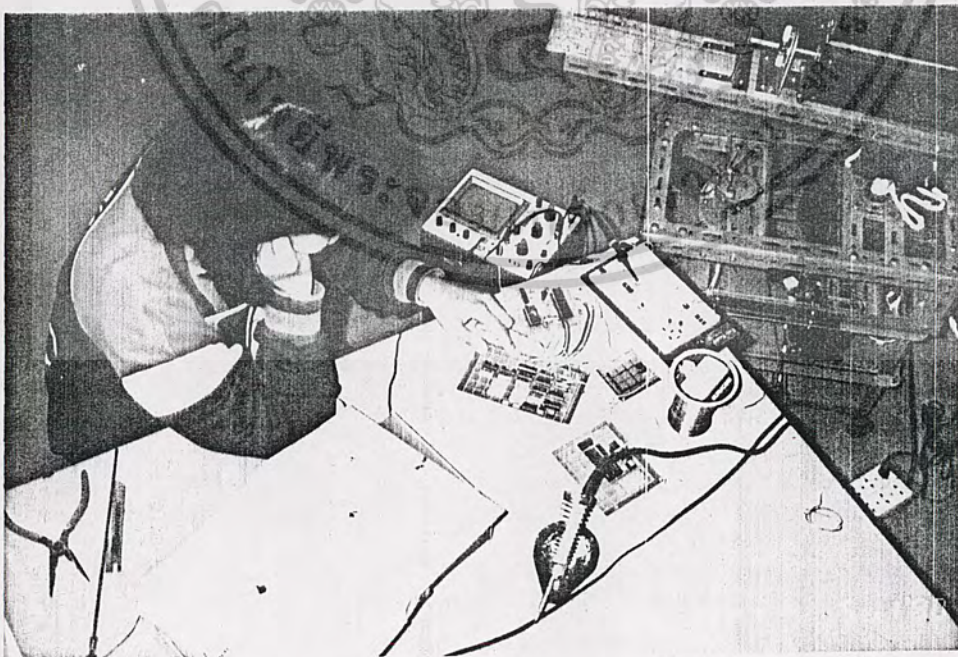


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

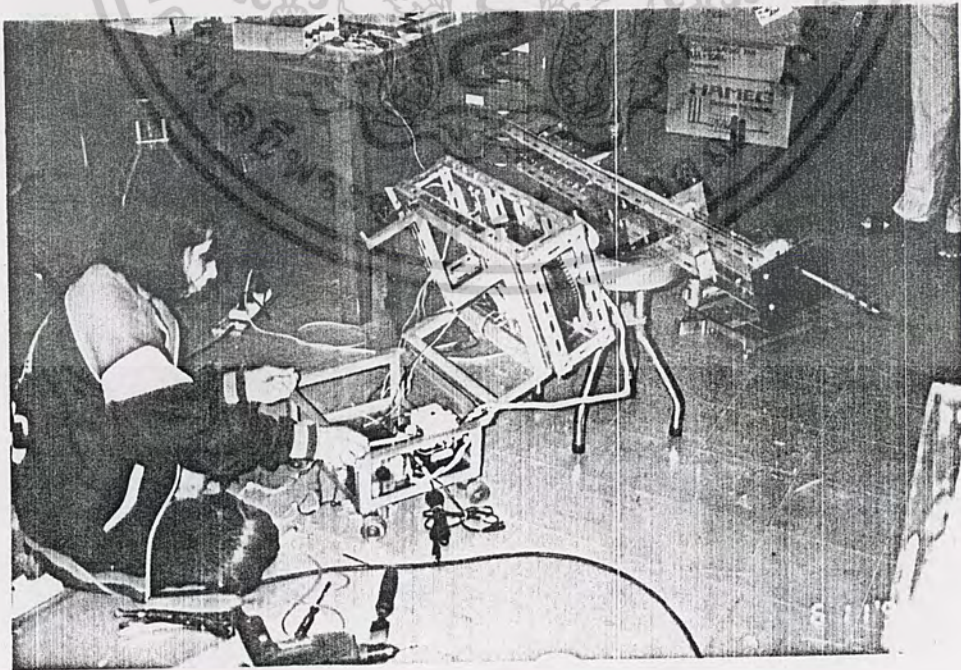
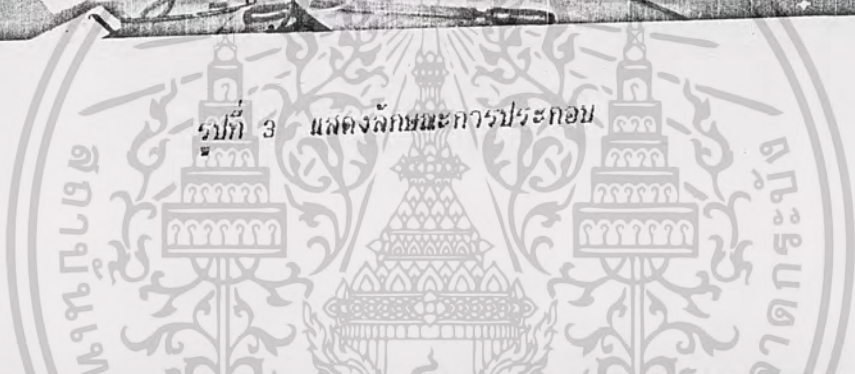
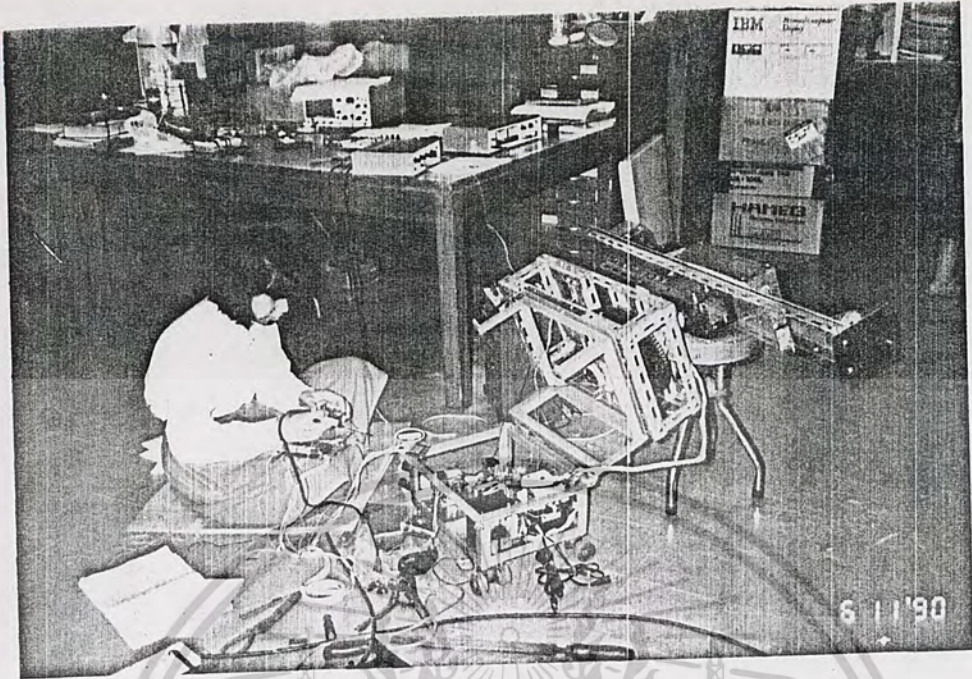
รูปถ่ายแสดงส่วนประกอบของ เครื่องยิง



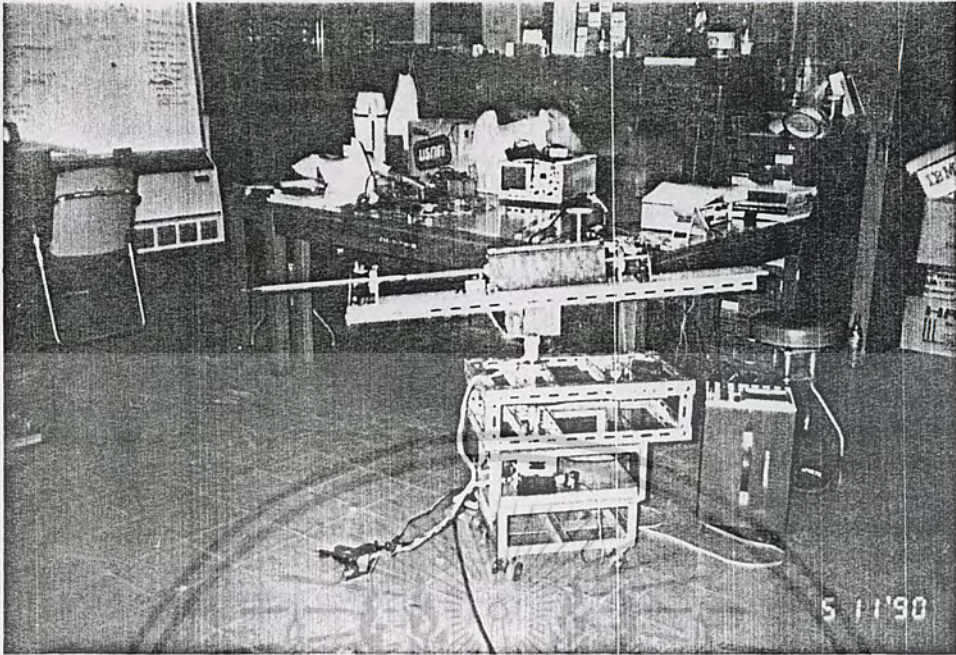
รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบในส่วน control



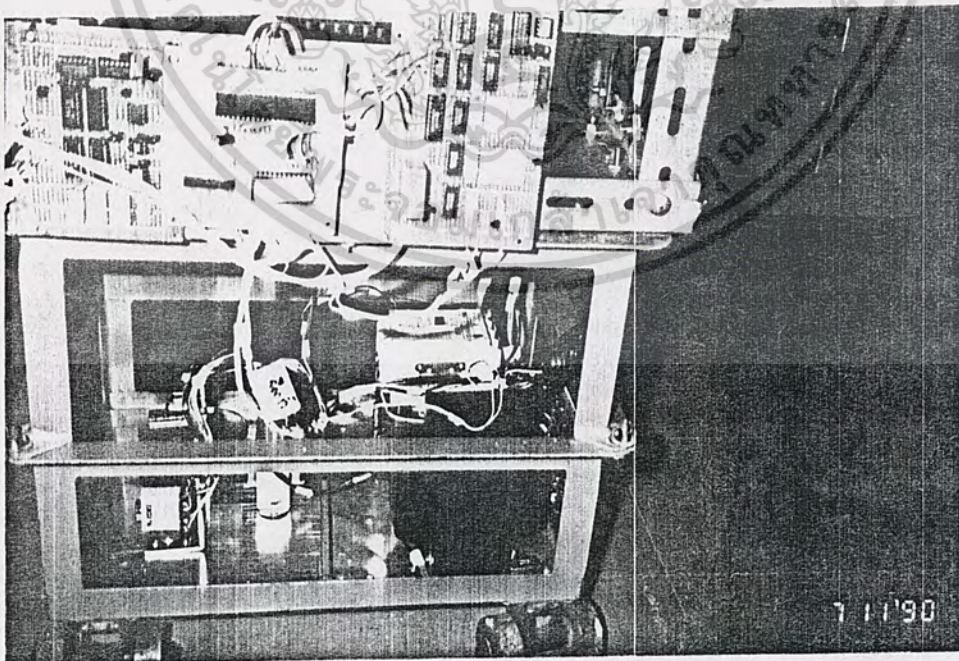
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานด้านเทคนิค ก่อนนำลงเครื่อง ตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



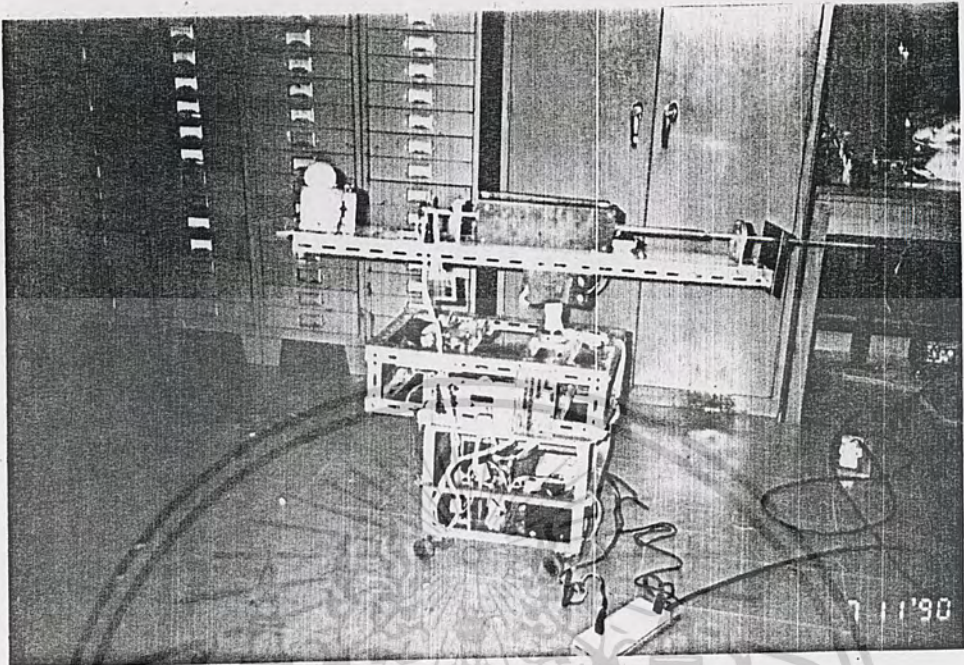
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4 แสดงการประกอบ supply
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



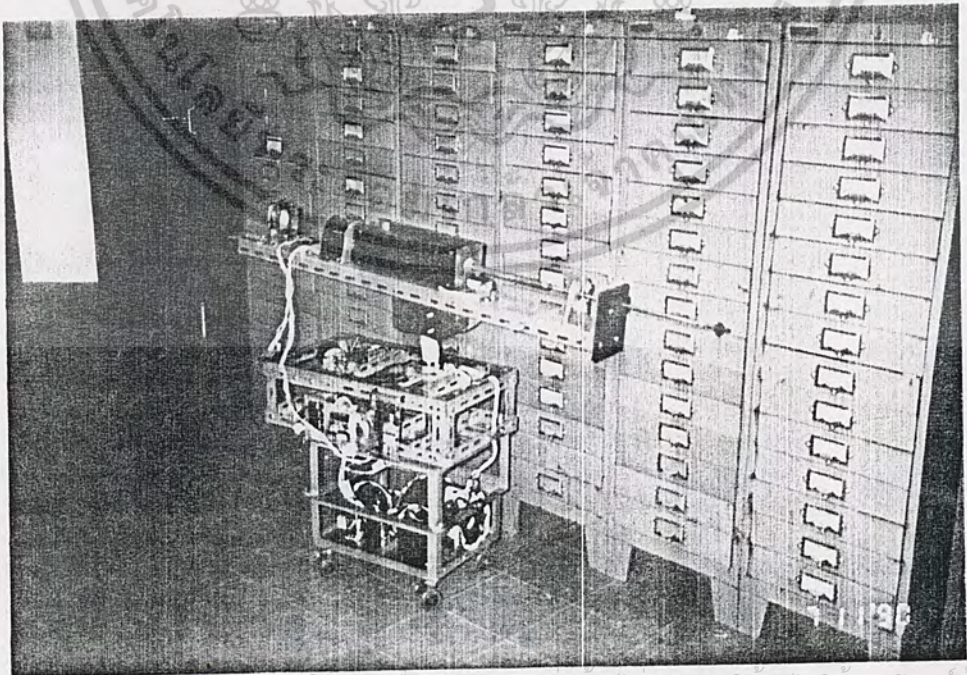
รูปที่ 5 ตัวเครื่องที่ประกอบเสร็จแล้ว เป็นทางส่วน



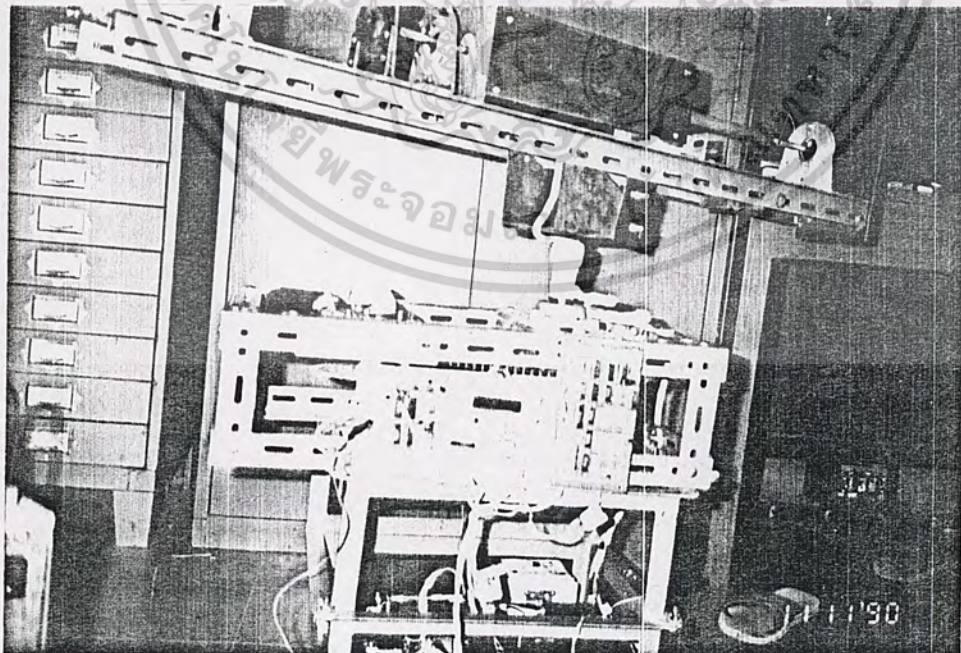
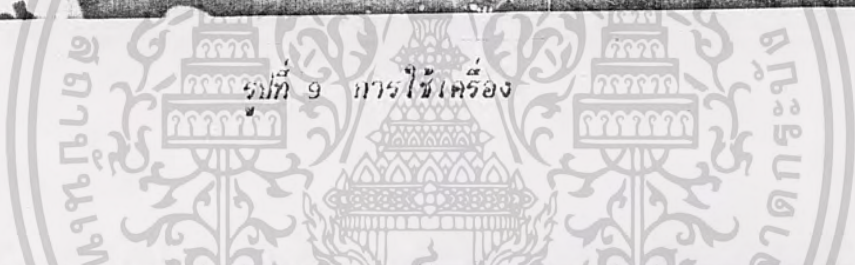
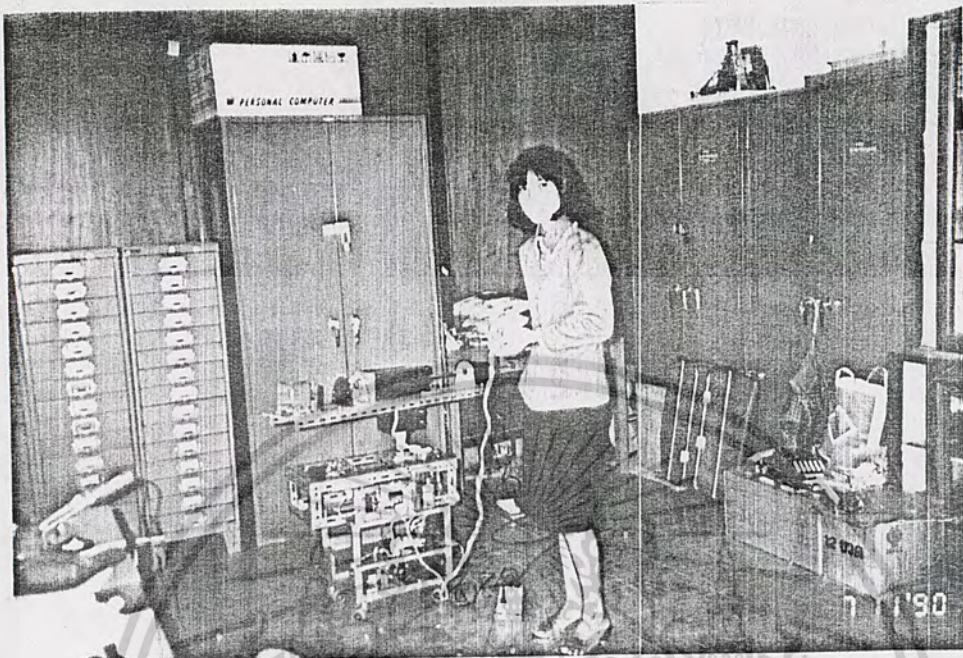
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 6 ส่วน control ทั้งหมดที่ติดตั้งแล้ว
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 แสดงตัวเครื่องในมุมตรง



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูปที่ 8 ลงแสดงตัวเครื่องด้านหลัง จำของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 10 แสดงตัวเครื่องคานขวาง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางเปรียบเทียบหลอด

G.	ความไว		พื้นที่หน้าตัด		กระแสไฟ (Amp.)		เป็นหลอด กะได (Amp.)	น้ำหนัก /100ม. (ก.ก.)	ความต้าน- ทาน/100ม. (โอห์ม)	เลข A.V.
	หัว	ม.ม.	หลอด ม.ม.	ตาราง ม.ม.	หัว ข้าง	หลอด เส้นผ่า				
0000	.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
000	.372	-	-	-	-	-	-	-	-	-
00	.348	-	-	-	-	-	-	-	-	-
/12 0	.324	8.23	105,500	54.186	125	200	-	47.925	.33	0
1	.36	7.62	90,000	46.451	-	-	-	-	-	-
/13 -	-	-	83,690	-	100	150	-	37.995	.042	1
2	.276	7.06	77,176	39.874	-	-	-	-	-	-
/15 3	.252	6.4	66,370	32.768	90	125	-	30.185	.052	2
/16 4	.232	5.89	52,630	27.753	-	-	-	23.895	.066	3
5	.212	5.38	41,740	23.155	70	90	-	18.960	.083	4
/18 6	.192	4.88	33,100	18.251	-	-	-	15.030	.105	57/1
7	.176	4.46	30,976	15.913	-	-	-	-	-	-
8	.16	4.06	26,250	13.026	50	70	-	-	.133	6
9	.144	3.66	20,766	10.716	-	-	-	9.45	.167	7
16 10	.128	3.24	16,510	8.398	35	50	-	7.5	.211	8
11	.116	2.94	13,090	6.914	-	-	-	5.945	.266	9
18 12	.104	2.642	10,642	5.584	15	30	-	4.715	.335	10
13	.092	2.336	8,234	4.364	-	-	-	3.738	.424	11
20 14	.08	2.03	6,530	3.296	20	25	232	2.965	.534	12
15	.072	1.828	5,178	2.673	-	-	-	2.352	.673	13
22 16	.064	1.625	4,107	2.112	15	20	165	1.864	.850	14 3/4
17	.056	1.422	3,257	1.617	-	-	-	1.479	1.070	15 3/4
-	-	-	2,583	-	6	10	-	1.173	1.350	16 3/4
18	.048	1.219	2,048	1.188	-	-	107	.93	1.703	17
19	.04	1.061	1,524	.825	3	5	-	.738	2.148	18
20	.036	.914	1,288	.668	-	-	70	.585	2.706	19
21	.032	.812	1,022	.527	-	-	-	.464	3.412	20
22	.028	.711	810.1	.404	-	-	48	.368	4.303	21
23	.024	.61	624.4	.297	-	-	-	.292	5.425	22
24	.022	.558	509.5	.249	800	-	33.4	.231	6.847	23
25	.02	.508	404.0	.206	-	-	-	.183	8.630	24
26	.018	.457	320.4	.167	-	-	24.7	.145	10.89	25
27	.0164	.406	254.1	.131	-	-	-	.115	13.728	26
28	.0148	.376	201.5	.113	-	-	18.4	.091	17.292	27
29	.0136	.345	184.9	.095	-	-	-	-	-	-
30	.0124	.304	159.8	.073	-	-	14.1	.073	21.783	28
31	.0116	.29	126.7	.067	-	-	-	.057	27.522	29
32	.0108	.274	116.6	.06	-	-	11.5	-	-	-
33	.01	.254	100.5	.051	-	-	-	.045	34.782	30
34	.0092	.228	81.0	.041	-	-	9.0	-	-	-
35	.0084	.203	79.7	.032	-	-	-	.036	43.758	31
-	-	-	63.21	-	-	-	-	.029	55.176	32
36	.0076	.193	50.13	.029	-	-	6.8	.023	59.564	33
37	.0068	.172	39.75	.023	-	-	-	.018	87.714	34
38	.0060	.155	31.52	.018	-	-	4.7	.014	110.715	35
39	.0052	.132	25.0	.013	-	-	-	.011	139.59	36
40	.0048	.121	-	.011	-	-	3.4	-	-	-
41	.0044	.111	19.8	.0098	-	-	-	.009	175.89	37
42	.004	.1	15.72	.008	-	-	2.6	.007	222.09	38
43	.0036	.0914	12.47	.0066	-	-	-	.005	279.51	39
44	.0032	.0812	9.89	.0052	-	-	1.85	.004	352.44	40
45	.0028	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	.0024	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	.0016	S.W.G.	A.W.G.	S.W.G.	A.W.G.	A.W.G.	S.W.G.	A.W.G.	A.W.G.	-
49	.0012	Standard	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Standard	Std.	-
50	.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
 หากมีข้อสงสัย กรุณาติดต่อสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา โทร. 0-2642-1000 หรือ 0-2642-1001

THE SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

1.0 INTRODUCTION

Sections 2 through 5 describe in detail the functional characteristics of the 8748H and 8749H EPROM, 8048AH/8049AH/8050AH ROM, and 8035AHL/8039AHL/8040-AHL CPU only single component microcomputers. Unless otherwise noted, details within these sections apply to all versions. This chapter is limited to those functions useful in single-chip implementations of the MCS[®]-48. The Chapter on the Expanded MCS[®]-48 System discusses functions which allow expansion of program memory, data memory, and input output capability.

2.0 ARCHITECTURE

The following sections break the MCS-48 Family into functional blocks and describe each in detail. The following description will use the 8048AH as the representative product for the family. See Figure 1.

2.1 Arithmetic Section

The arithmetic section of the processor contains the basic data manipulation functions of the 8048AH and can be divided into the following blocks:

- Arithmetic Logic Unit (ALU)
- Accumulator
- Carry Flag
- Instruction Decoder

In a typical operation data stored in the accumulator is combined in the ALU with data from another source on the internal bus (such as a register or I/O port) and the result is stored in the accumulator or another register.

The following is more detailed description of the function of each block.

INSTRUCTION DECODER

The operation code (op code) portion of each program instruction is stored in the Instruction Decoder and converted to outputs which control the function of each of the blocks of the Arithmetic Section. These lines control the source of data and the destination register as well as the function performed in the ALU.

ARITHMETIC LOGIC UNIT

The ALU accepts 8-bit data words from one or two sources and generates an 8-bit result under control of the Instruction Decoder. The ALU can perform the following functions:

- Add With or Without Carry
- AND, OR, Exclusive OR
- Increment/Decrement
- Bit Complement
- Rotate Left, Right
- Swap Nibbles
- BCD Decimal Adjust

If the operation performed by the ALU results in a value represented by more than 8 bits (overflow of most significant bit), a Carry Flag is set in the Program Status Word.

ACCUMULATOR

The accumulator is the single most important data register in the processor, being one of the sources of input to the ALU and often the destination of the result of operations performed in the ALU. Data to and from I/O ports and memory also normally passes through the accumulator.

2.2 Program Memory

Resident program memory consists of 1024, 2048, or 4096 words eight bits wide which are addressed by the program counter. In the 8748H and the 8749H this memory is user programmable and erasable EPROM; in the 8048AH/8049AH/8050AH the memory is ROM which is mask programmable at the factory. The 8035AHL/8039AHL/8040AHL has no internal program memory and is used with external memory devices. Program code is completely interchangeable among the various versions. To access the upper 2K of program memory in the 8050AH, and other MCS-48 devices, a select memory bank and a JUMP or CALL instruction must be executed to cross the 2K boundary.

There are three locations in Program Memory of special importance as shown in Figure 2.

LOCATION 0

Activating the Reset line of the processor causes the first instruction to be fetched from location 0.

LOCATION 3

Activating the Interrupt input line of the processor (if interrupt is enabled) causes a jump to subroutine at location 3.

LOCATION 7

A timer/counter interrupt resulting from timer counter overflow (if enabled) causes a jump to subroutine at location 7.

Therefore, the first instruction to be executed after initialization is stored in location 0, the first word of an external interrupt service subroutine is stored in location 3, and the first word of a timer/counter service routines

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

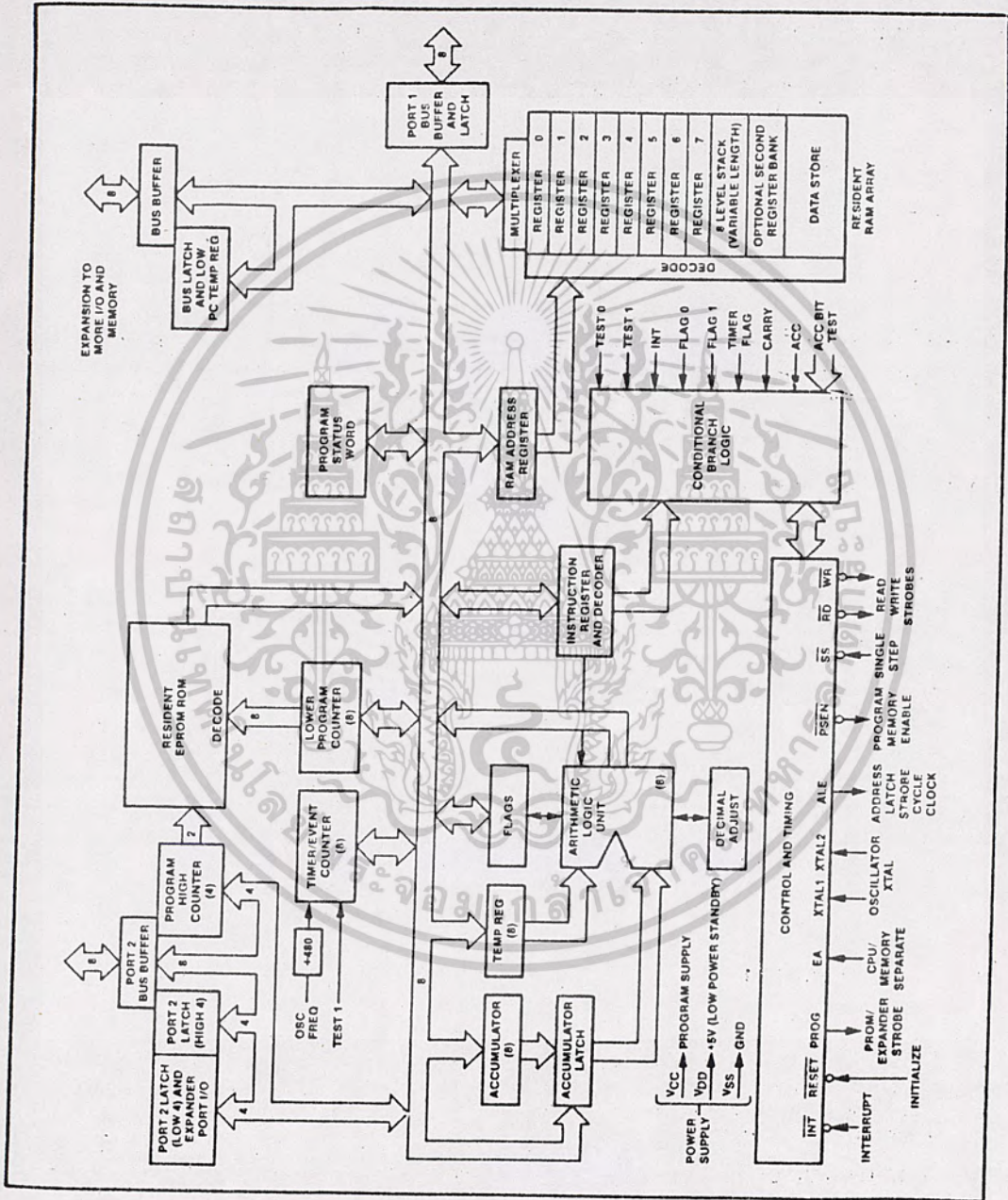


Figure 1. 8748H/8048H/8749AH/8050AH Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

is stored in location 7. Program memory can be used to store constants as well as program instructions. Instructions such as MOVP and MOVP3 allow easy access to data "lookup" tables.

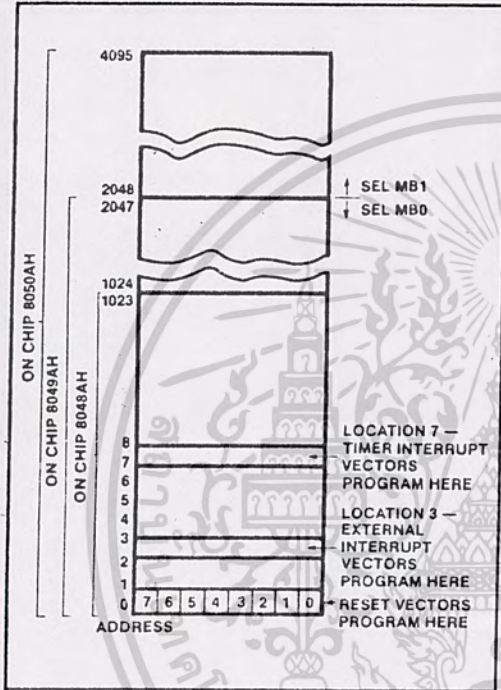


Figure 2. Program Memory Map

2.3 Data Memory

Resident data memory is organized as 64, 128, or 256 by 8-bits wide in the 8048AH, 8049AH and 8050AH. All locations are indirectly addressable through either of two RAM Pointer Registers which reside at address 0 and 1 of the register array. In addition, as shown in Figure 3, the first 8 locations (0-7) of the array are designated as working registers and are directly addressable by several instructions. Since these registers are more easily addressed, they are usually used to store frequently accessed intermediate results. The DJNZ instruction makes very efficient use of the working registers as program loop counters by allowing the programmer to decrement and test the register in a single instruction.

By executing a Register Bank Switch instruction (SEL RB) RAM locations 24-31 are designated as the working

registers in place of locations 0-7 and are then directly addressable. This second bank of working registers may be used as an extension of the first bank or reserved for use during interrupt service subroutines allowing the registers of Bank 0 used in the main program to be instantly "saved" by a Bank Switch. Note that if this second bank is not used, locations 24-31 are still addressable as general purpose RAM. Since the two RAM pointer Registers R0 and R1 are a part of the working register array, bank switching effectively creates two more pointer registers (R0' and R1') which can be used with R0 and R1 to easily access up to four separate working areas in RAM at one time. RAM locations (8-23) also serve a dual role in that they contain the program counter stack as explained in Section 2.6. These locations are addressed by the Stack Pointer during subroutine calls as well as by RAM Pointer Registers R0 and R1. If the level of subroutine nesting is less than 8, all stack registers are not required and can be used as general purpose RAM locations. Each level of subroutine nesting not used provides the user with two additional RAM locations.

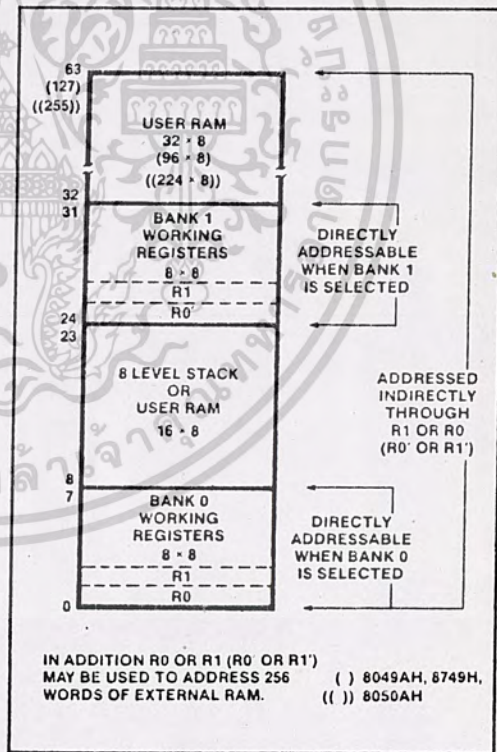


Figure 3. Data Memory Map

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

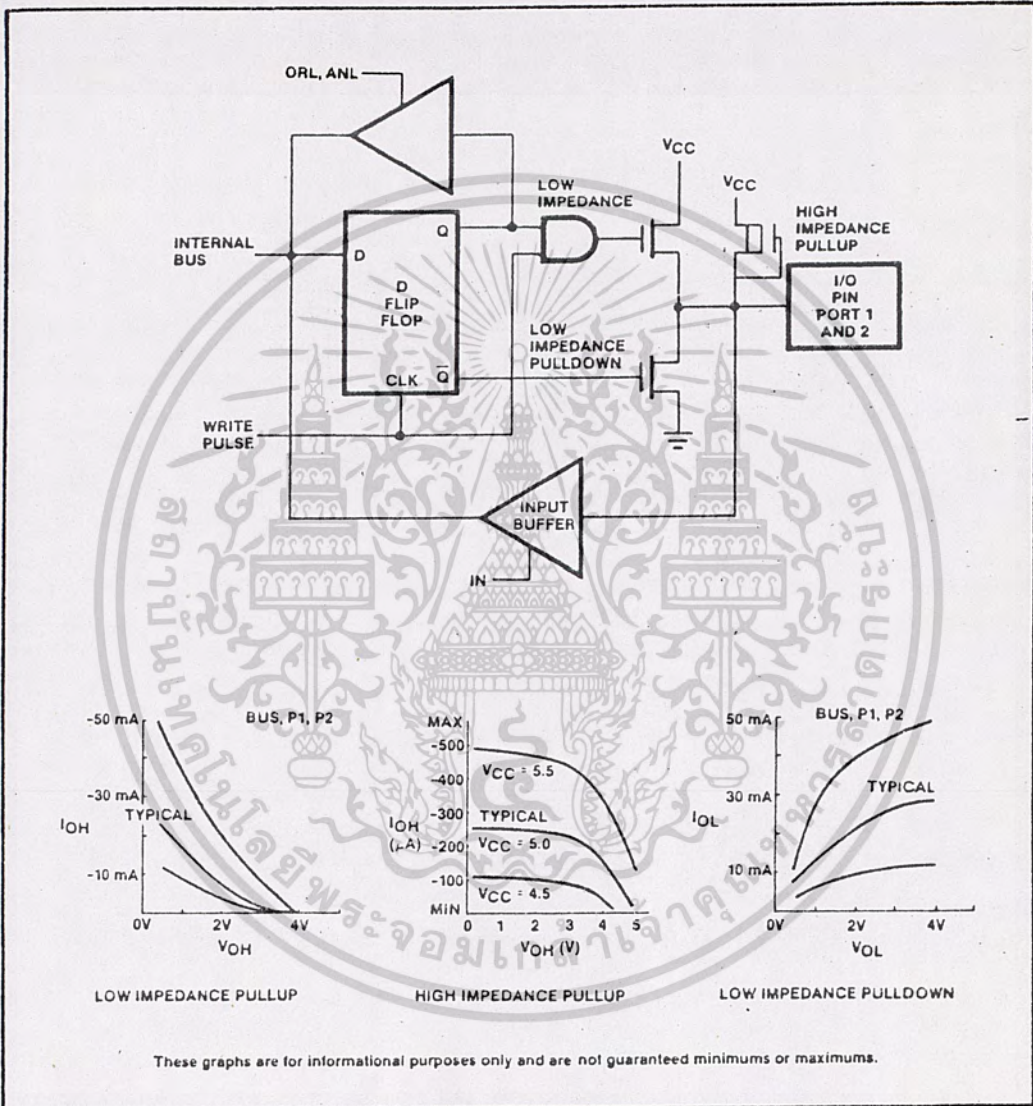


Figure 4. "Quasi-bidirectional" Port Structure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Input/Output

The 8048AH has 27 lines which can be used for input or output functions. These lines are grouped as 3 ports of 8 lines each which serve as either inputs, outputs or bidirectional ports and 3 "test" inputs which can alter program sequences when tested by conditional jump instructions.

PORTS 1 AND 2

Ports 1 and 2 are each 8 bits wide and have identical characteristics. Data written to these ports is statically latched and remains unchanged until rewritten. As input ports these lines are non-latching, i.e., inputs must be present until read by an input instruction. Inputs are fully TTL compatible and outputs will drive one standard TTL load.

The lines of ports 1 and 2 are called quasi-bidirectional because of a special output circuit structure which allows each line to serve as an input, and output, or both even though outputs are statically latched. Figure 4 shows the circuit configuration in detail. Each line is continuously pulled up to V_{CC} through a resistive device of relatively high impedance.

This pullup is sufficient to provide the source current for a TTL high level yet can be pulled low by a standard TTL gate thus allowing the same pin to be used for both input and output. To provide fast switching times in a "0" to "1" transition a relatively low impedance device is switched in momentarily ($\approx 1/5$ of a machine cycle) whenever a "1" is written to the line. When a "0" is written to the line a low impedance device overcomes the light pullup and provides TTL current sinking capability. Since the pulldown transistor is a low impedance device a "1" must first be written to any line which is to be used as an input. Reset initializes all lines to the high impedance "1" state.

It is important to note that the ORL and the ANL are read/write operations. When executed, the μC "reads" the port, modifies the data according to the instruction, then "writes" the data back to the port. The "writing" (essentially an OUTL instruction) enables the low impedance pull-up momentarily again even if the data was unchanged from a "1." This specifically applies to configurations that have inputs and outputs mixed together on the same port. See also section 8 in the Expanded MCS-48 System chapter.

BUS

Bus is also an 8-bit port which is a true bidirectional port with associated input and output strobes. If the bidirectional feature is not needed, Bus can serve as either a

statically latched output port or non-latching input port. Input and output lines on this port cannot be mixed however.

As a static port, data is written and latched using the OUTL instruction and inputted using the INS instruction. The INS and OUTL instructions generate pulses on the corresponding \overline{RD} and \overline{WR} output strobe lines; however, in the static port mode they are generally not used. As a bidirectional port the MOVX instructions are used to read and write the port. A write to the port generates a pulse on the \overline{WR} output line and output data is valid at the trailing edge of \overline{WR} . A read of the port generates a pulse on the \overline{RD} output line and input data must be valid at the trailing edge of \overline{RD} . When not being written or read, the BUS lines are in a high impedance state. See also sections 7 and 8 in the Expanded MCS-48 System chapter.

2.5 Test and INT Inputs

Three pins serve as inputs and are testable with the conditional jump instruction. These are T0, T1, and \overline{INT} . These pins allow inputs to cause program branches without the necessity to load an input port into the accumulator. The T0, T1, and \overline{INT} pins have other possible functions as well. See the pin description in Section 3.

2.6 Program Counter and Stack

The Program Counter is an independent counter while the Program Counter Stack is implemented using pairs of registers in the Data Memory Array. Only 10, 11, or 12 bits of the Program Counter are used to address the 1024, 2048, or 4096 words of on-board program memory of the 8048AH, 8049AH, or 8050AH, while the most significant bits can be used for external Program Memory fetches. See Figure 5. The Program Counter is initialized to zero by activating the Reset line.

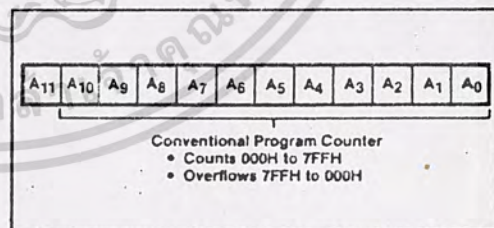


Figure 5. Program Counter

An interrupt or CALL to a subroutine causes the contents of the program counter to be stored in one of the 8 register pairs of the Program Counter Stack as shown in Figure 6. The pair to be used is determined by a 3-bit Stack Pointer which is part of the Program Status Word (PSW).

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

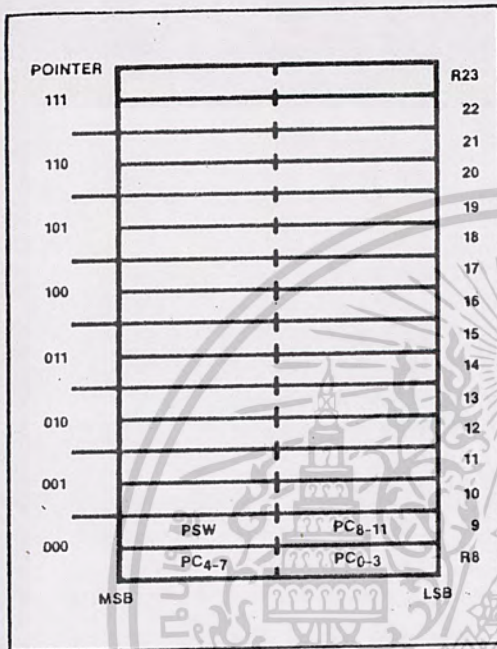


Figure 6. Program Counter Stack

Data RAM locations 8-23 are available as stack registers and are used to store the Program Counter and 4 bits of PSW as shown in Figure 6. The Stack Pointer, when initialized to 000 points to RAM locations 8 and 9. The first subroutine jump or interrupt results in the program counter contents being transferred to locations 8 and 9 of the RAM array. The stack pointer is then incremented by one to point to locations 10 and 11 in anticipation of another CALL. Nesting of subroutines within subroutines can continue up to 8 times without overflowing the stack. If overflow does occur the deepest address stored (locations 8 and 9) will be overwritten and lost since the stack pointer overflows from 111 to 000. It also underflows from 000 to 111.

The end of a subroutine, which is signalled by a return instruction (RET or RETR), causes the Stack Pointer to be decremented and the contents of the resulting register pair to be transferred to the Program Counter.

2.7 Program Status Word

An 8-bit status word which can be loaded to and from the accumulator exists called the Program Status Word (PSW). Figure 7 shows the information available in

the word. The Program Status Word is actually a collection of flip-flops throughout the machine which can be read or written as a whole. The ability to write to PSW allows for easy restoration of machine status after a power down sequence.

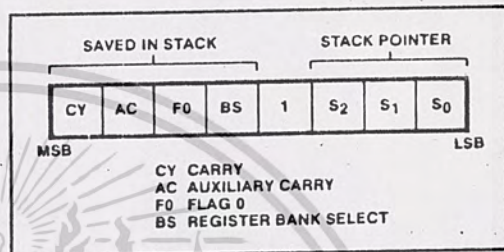


Figure 7. Program Status Word (PSW)

The upper four bits of PSW are stored in the Program Counter Stack with every call to subroutine or interrupt vector and are optionally restored upon return with the RETR instruction. The RET return instruction does not update PSW.

The PSW bit definitions are as follows:

- Bits 0-2: Stack Pointer bits (S_0, S_1, S_2)
- Bit 3: Not used ('1' level when read)
- Bit 4: Working Register Bank Switch Bit (BS)
0 = Bank 0
1 = Bank 1
- Bit 5: Flag 0 bit (F0) user controlled flag which can be complemented or cleared, and tested with the conditional jump instruction JF0.
- Bit 6: Auxiliary Carry (AC) carry bit generated by an ADD instruction and used by the decimal adjust instruction DA A.
- Bit 7: Carry (CY) carry flag which indicates that the previous operation has resulted in overflow of the accumulator.

2.8 Conditional Branch Logic

The conditional branch logic within the processor enables several conditions internal and external to the processor to be tested by the users program. By using the conditional jump instruction the conditions that are listed in Table 1 can effect a change in the sequence of the program execution.

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

Table 1

Device Testable	Jump Conditions (Jump On)	
	All zeros	not all zeros
Accumulator	—	1
Accumulator Bit	—	1
Carry Flag	0	1
User Flags (F0, F1)	—	1
Timer Overflow Flag	—	1
Test Inputs (T0, T1)	0	1
Interrupt Input (INT)	0	—

2.9 Interrupt

An interrupt sequence is initiated by applying a low '0' level input to the INT pin. Interrupt is level triggered and active low to allow "WIRE ORing" of several interrupt sources at the input pin. Figure 8 shows the interrupt logic of the 8048AH. The Interrupt line is sampled every instruction cycle and when detected causes a "call to subroutine" at location 3 in program memory as soon as all cycles of the current instruction are complete. On 2-cycle instructions the interrupt line is sampled on the 2nd cycle only. INT must be held low for at least 3 machine cycles to ensure proper interrupt operations. As in any CALL to subroutine, the Program Counter and Program Status word are saved in the stack. For a description of this operation see the previous section, Program Counter and Stack. Program Memory location 3 usually contains an unconditional jump to an interrupt service subroutine elsewhere in program memory. The end of an interrupt service subroutine is signalled by the execution of a Return and Restore Status instruction RETR. The interrupt system is single level in that once an interrupt is detected all further interrupt requests are ignored until execution of a RETR reenables the interrupt input logic. This occurs at the beginning of the second cycle of the RETR instruction. This sequence holds true also for an internal interrupt generated by timer overflow. If an internal timer/counter generated interrupt and an external interrupt are detected at the same time, the external source will be recognized. See the following Timer/Counter section for a description of timer interrupt. If needed, a second external interrupt can be created by enabling the timer/counter interrupt, loading FFH in the Counter (ones less than terminal count), and enabling the event counter mode. A "1" to "0" transition on the T1 input will then cause an interrupt vector to location 7.

INTERRUPT TIMING

The interrupt input may be enabled or disabled under Program Control using the EN I and DIS I instructions. Interrupts are disabled by Reset and remain so until en-

abled by the users program. An interrupt request must be removed before the RETR instruction is executed upon return from the service routine otherwise the processor will re-enter the service routine immediately. Many peripheral devices prevent this situation by resetting their interrupt request line whenever the processor accesses (Reads or Writes) the peripherals data buffer register. If the interrupting device does not require access by the processor, one output line of the 8048AH may be designated as an "interrupt acknowledge" which is activated by the service subroutine to reset the interrupt request. The INT pin may also be tested using the conditional jump instruction JNI. This instruction may be used to detect the presence of a pending interrupt before interrupts are enabled. If interrupt is left disabled, INT may be used as another test input like T0 and T1.

2.10 Timer/Counter

The 8048AH contains a counter to aid the user in counting external events and generating accurate time delays without placing a burden on the processor for these functions. In both modes the counter operation is the same, the only difference being the source of the input to the counter. The timer/event counter is shown in Figure 9.

COUNTER

The 8-bit binary counter is presettable and readable with two MOV instructions which transfer the contents of the accumulator to the counter and vice versa. The counter content may be affected by Reset and should be initialized by software. The counter is stopped by a Reset or STOP TCNT instruction and remains stopped until started as a timer by a START T instruction or as an event counter by a START CNT instruction. Once started the counter will increment to this maximum count (FF) and overflow to zero continuing its count until stopped by a STOP TCNT instruction or Reset.

The increment from maximum count to zero (overflow) results in the setting of an overflow flag flip-flop and in the generation of an interrupt request. The state of the overflow flag is testable with the conditional jump instruction JTF. The flag is reset by executing a JTF or by Reset. The interrupt request is stored in a latch and then ORED with the external interrupt input INT. The timer interrupt may be enabled or disabled independently of external interrupt by the EN TCNT1 and DIS TCNT1 instructions. If enabled, the counter overflow will cause a subroutine call to location 7 where the timer or counter service routine may be stored.

If timer and external interrupts occur simultaneously, the external source will be recognized and the Call will be to

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

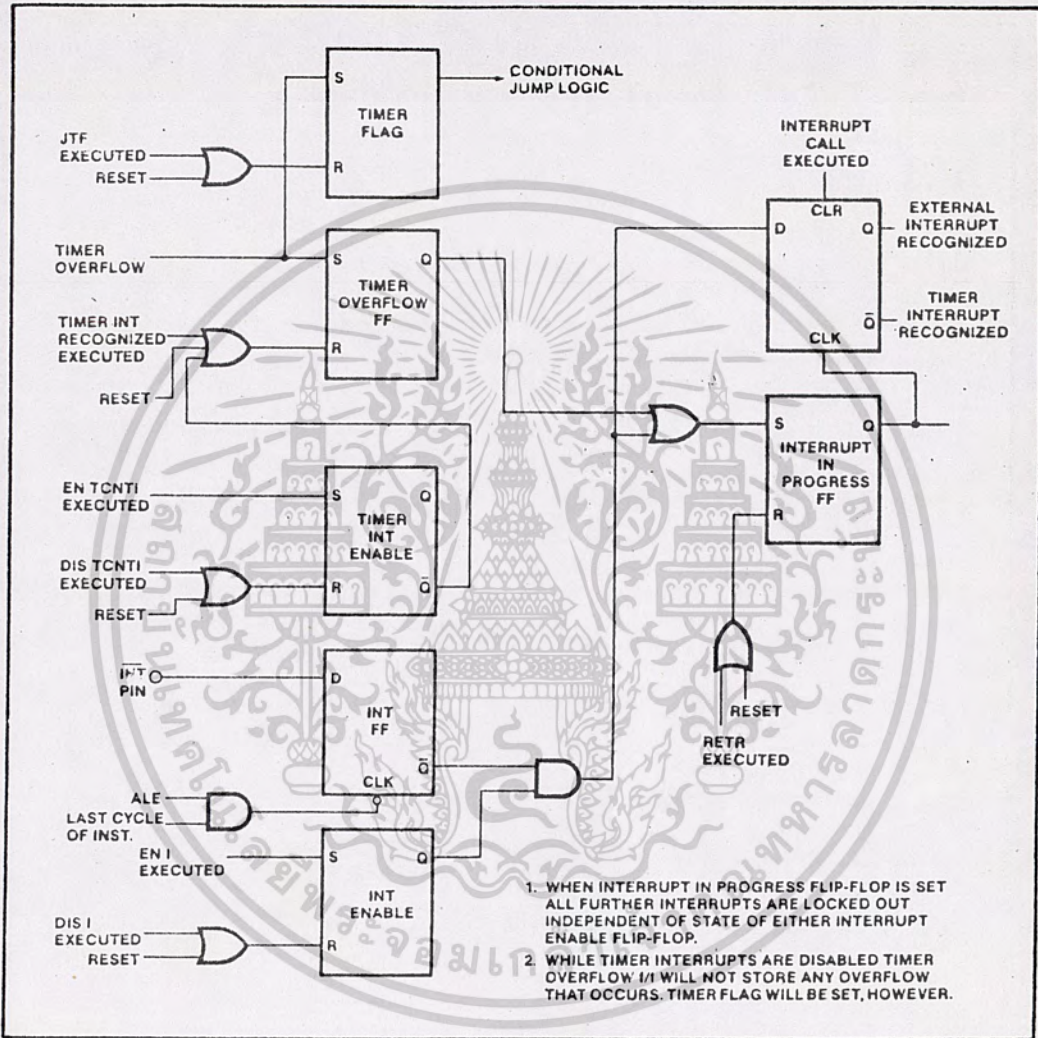


Figure 8. Interrupt Logic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

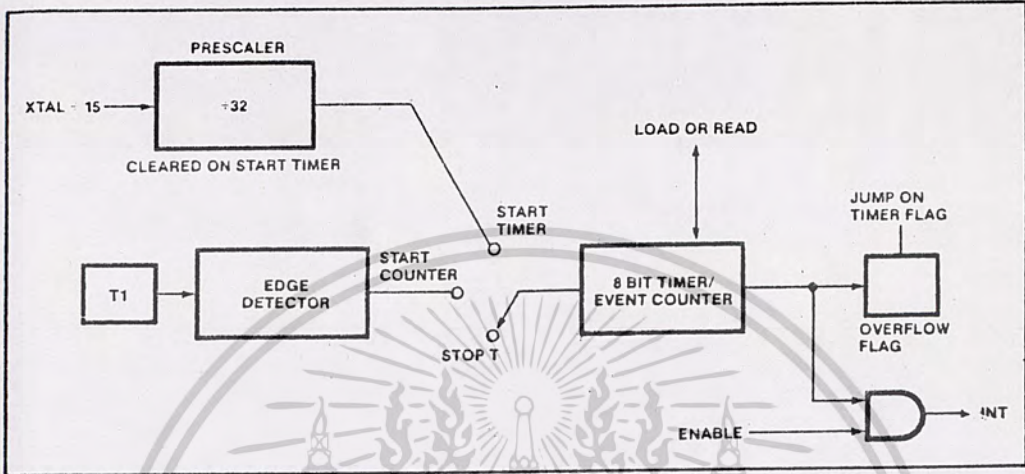


Figure 9. Timer/Event Counter

location 3. Since the timer interrupt is latched it will remain pending until the external device is serviced and immediately be recognized upon return from the service routine. The pending timer interrupt is reset by the Call to location 7 or may be removed by executing a DIS TCNT1 instruction.

AS AN EVENT COUNTER

Execution of a START CNT instruction connects the T1 input pin to the counter input and enables the counter. The T1 input is sampled at the beginning of state 3 or in later MCS-48 devices in state time 4. Subsequent high to low transitions on T1 will cause the counter to increment. T1 must be held low for at least 1 machine cycle to insure it won't be missed. The maximum rate at which the counter may be incremented is once per three instruction cycles (every 5.7 μsec when using an 8 MHz crystal) — there is no minimum frequency. T1 input must remain high for at least 1/5 machine cycle after each transition.

AS A TIMER

Execution of a START T instruction connects an internal clock to the counter input and enables the counter. The internal clock is derived by passing the basic machine cycle clock through a ÷32 prescaler. The prescaler is reset during the START T instruction. The resulting clock increments the counter every 32 machine cycles. Various delays from 1 to 256 counts can be obtained by presetting the counter and detecting overflow. Times longer than 256 counts may be achieved by accumulating multiple overflows in a register under software control. For time res-

olution less than 1 count an external clock can be applied to the T1 input and the counter operated in the event counter mode. ALE divided by 3 or more can serve as this external clock. Very small delays or "fine tuning" of larger delays can be easily accomplished by software delay loops.

Often a serial link is desirable in an MCS-48 family member. Table 2 lists the timer counts and cycles needed for a specific baud rate given a crystal frequency.

2.11 Clock and Timing Circuits

Timing generation for the 8048AH is completely self-contained with the exception of a frequency reference which can be XTAL, ceramic resonator, or external clock source. The Clock and Timing circuitry can be divided into the following functional blocks.

OSCILLATOR

The on-board oscillator is a high gain parallel resonant circuit with a frequency range of 1 to 11 MHz. The X1 external pin is the input to the amplifier stage while X2 is the output. A crystal or ceramic resonator connected between X1 and X2 provides the feedback and phase shift required for oscillation. If an accurate frequency reference is not required, ceramic resonator may be used in place of the crystal.

For accurate clocking, a crystal should be used. An externally generated clock may also be applied to X1-X2 as the frequency source. See the data sheet for more information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

Table 2. Baud Rate Generation

Frequency (MHz)		T _{cy}	T0 Prr(1/5 T _{cy})	Timer Prescaler (32 T _{cy})
4		3.75 μs	750ns	120 μs
6		2.50 μs	500ns	80 μs
8		1.88 μs	375ns	60.2 μs
11		1.36 μs	275ns	43.5 μs
Baud Rate	4 MHz Timer Counts + Instr. Cycles	6 MHz Timer Counts + Instr. Cycles	8 MHz Timer Counts + Instr. Cycles	11 MHz Timer Counts + Instr. Cycles
110	75 + 24 Cycles .01% Error	113 + 20 Cycles .01% Error	151 + 3 Cycles .01% Error	208 + 28 Cycles .01% Error
300	27 + 24 Cycles .1% Error	41 + 21 Cycles .03% Error	55 + 13 Cycles .01% Error	76 + 18 Cycles .04% Error
1200	6 + 30 Cycles .1% Error	10 + 13 Cycles .1% Error	12 + 27 Cycles .06% Error	19 + 4 Cycles .12% Error
1800	4 + 20 Cycles .1% Error	6 + 30 Cycles .1% Error	9 + 7 Cycles .17% Error	12 + 24 Cycles .12% Error
2400	3 + 15 Cycles .1% Error	5 + 6 Cycles .4% Error	6 + 24 Cycles .29% Error	9 + 16 Cycles .12% Error
4800	1 + 23 Cycles 1.0% Error	2 + 19 Cycles .4% Error	3 + 14 Cycles .74% Error	4 + 25 Cycles .12% Error

STATE COUNTER

The output of the oscillator is divided by 3 in the State Counter to create a clock which defines the state times of the machine (CLK). CLK can be made available on the external pin T0 by executing an ENTO CLK instruction. The output of CLK on T0 is disabled by Reset of the processor.

CYCLE COUNTER

CLK is then divided by 5 in the Cycle Counter to provide a clock which defines a machine cycle consisting of 5 machine states as shown in Figure 10. Figure 11 shows the different internal operations as divided into the machine states. This clock is called Address Latch Enable (ALE) because of its function in MCS-48 systems with external memory. It is provided continuously on the ALE output pin.

2.12 Reset

The reset input provides a means for initialization for the processor. This Schmitt-trigger input has an internal pull-up device which in combination with an external 1 μfd capacitor provides an internal reset pulse of sufficient length to guarantee all circuitry is reset, as shown in Figure 12. If the reset pulse is generated externally the RESET pin must be held low for at least 10 milliseconds after the

power supply is within tolerance. Only 5 machine cycles (6.8 μs @ 11 MHz) are required if power is already on and the oscillator has stabilized. ALE and PSEN (if EA = 1) are active while in Reset.

Reset performs the following functions:

- 1) Sets program counter to zero.
- 2) Sets stack pointer to zero.
- 3) Selects register bank 0.
- 4) Selects memory bank 0.
- 5) Sets BUS to high impedance state (except when EA = 5V).
- 6) Sets Ports 1 and 2 to input mode.
- 7) Disables interrupts (timer and external).
- 8) Stops timer.
- 9) Clears timer flag.
- 10) Clears F0 and F1.
- 11) Disables clock output from T0.

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

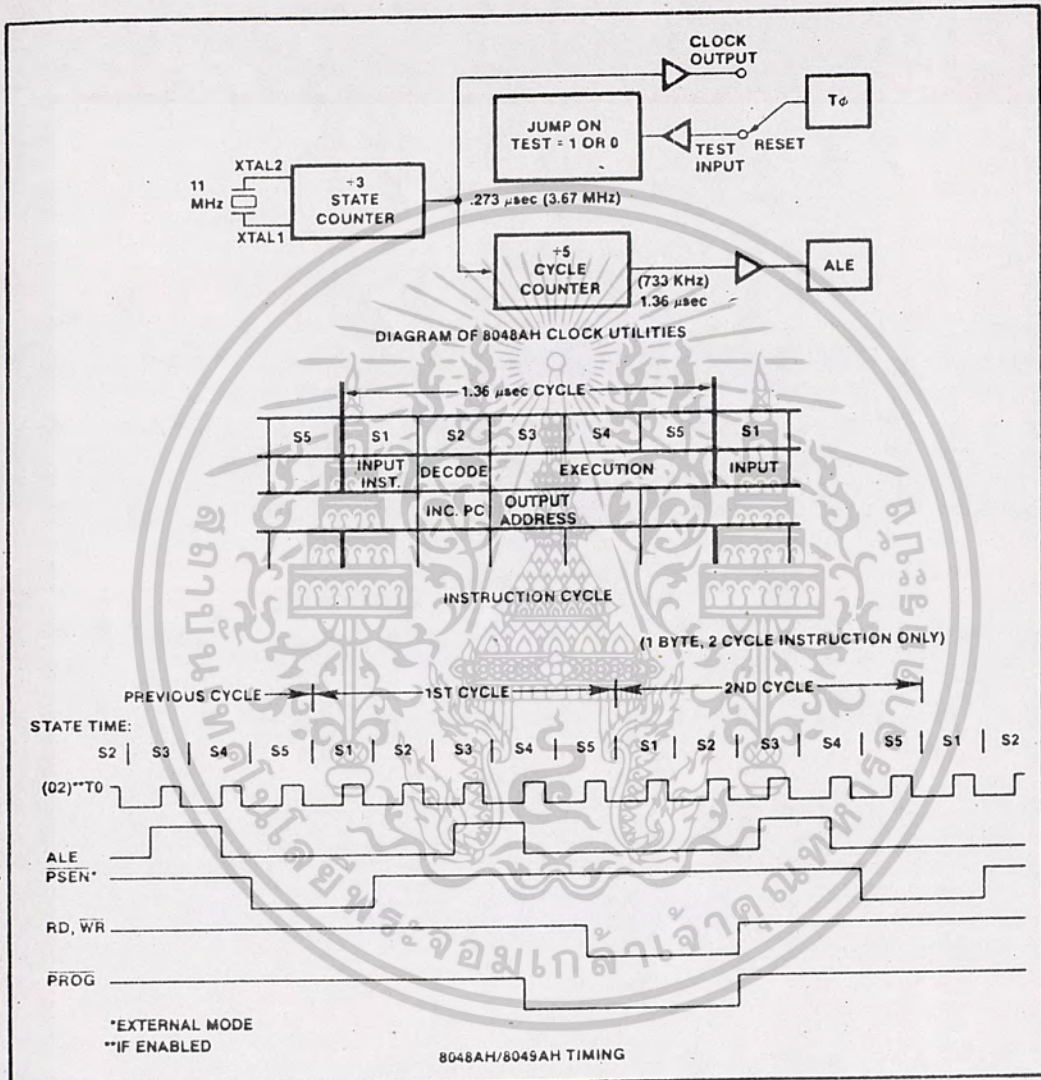


Figure 10. MCS[®]-48 Timing Generation and Cycle Timing

2.13 Single-Step

This feature, as pictured in Figure 13, provides the user with a debug capability in that the processor can be stepped through the program one instruction at a time. While stopped, the address of the next instruction to be fetched is available concurrently on BUS and the lower

half of Port 2. The user can therefore follow the program through each of the instruction steps. A timing diagram, showing the interaction between output ALE and input \overline{SS} , is shown. The BUS buffer contents are lost during single step; however, a latch may be added to reestablish the lost I/O capability if needed. Data is valid at the leading edge of ALE.

Figure 11. 8048AH/8049AH Instruction Timing Diagram

INSTRUCTION	CYCLE 1					CYCLE 2				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
IN A,P	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	*INCREMENT TIMER	—	—	READ PORT	—	* —	—
OUTL P,A	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	*INCREMENT TIMER	OUTPUT TO PORT	—	—	—	* —	—
ANL P, - DATA	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	*INCREMENT TIMER	READ PORT	FETCH IMMEDIATE DATA	—	INCREMENT PROGRAM COUNTER	*OUTPUT TO PORT	—
ORL P, - DATA	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	*INCREMENT TIMER	READ PORT	FETCH IMMEDIATE DATA	—	INCREMENT PROGRAM COUNTER	*OUTPUT TO PORT	—
INS A, BUS	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	INCREMENT TIMER	—	—	READ PORT	—	* —	—
OUTL BUS, A	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	INCREMENT TIMER	OUTPUT TO PORT	—	—	—	* —	—
AML BUS, - DATA	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	*INCREMENT TIMER	READ PORT	FETCH IMMEDIATE DATA	—	INCREMENT PROGRAM COUNTER	*OUTPUT TO PORT	—
ORL BUS, - DATA	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	*INCREMENT TIMER	READ PORT	FETCH IMMEDIATE DATA	—	INCREMENT PROGRAM COUNTER	*OUTPUT TO PORT	—
MOVX @R,A	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	OUTPUT RAM ADDRESS	INCREMENT TIMER	OUTPUT DATA TO RAM	—	—	—	* —	—
MOVX A,@R	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	OUTPUT RAM ADDRESS	INCREMENT TIMER	—	—	READ DATA	—	* —	—
MOVD A,P ₁	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	OUTPUT OP CODE/ADDRESS	INCREMENT TIMER	—	—	READ P2 LOWER	—	* —	—
MOVD P ₁ ,A	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	OUTPUT OP CODE/ADDRESS	INCREMENT TIMER	OUTPUT DATA TO P2 LOWER	—	—	—	* —	—
ANLD P,A	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	OUTPUT OP CODE/ADDRESS	INCREMENT TIMER	OUTPUT DATA	—	—	—	* —	—
ORLD P,A	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	OUTPUT OP CODE/ADDRESS	INCREMENT TIMER	OUTPUT DATA	—	—	—	* —	—
J(CONDITIONAL)	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	SAMPLE CONDITION	*INCREMENT SAMPLE	—	FETCH IMMEDIATE DATA	—	UPDATE PROGRAM COUNTER	* —	—
STRT T	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	* —	START COUNTER	—	—	—	* —	—
STOP TCNT	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	* —	STOP COUNTER	—	—	—	* —	—
ENI	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	* ENABLE INTERRUPT	—	—	—	—	* —	—
DIS I	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	* DISABLE INTERRUPT	—	—	—	—	* —	—
ENTO CLK	FETCH INSTRUCTION	INCREMENT PROGRAM COUNTER	—	* ENABLE CLOCK	—	—	—	—	* —	—

*VALID INSTRUCTION ADDRESSES ARE OUTPUT AT THIS TIME IF EXTERNAL PROGRAM MEMORY IS BEING ACCESSED.
 (1) IN LATER MCS-48 DEVICES T1 IS SAMPLED IN S4.

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

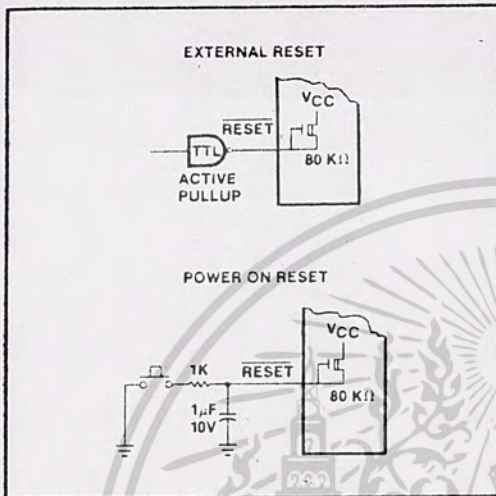


Figure 12.

TIMING

The 8048AH operates in a single-step mode as follows:

- 1) The processor is requested to stop by applying a low level on \overline{SS} .
- 2) The processor responds by stopping during the address fetch portion of the next instruction. If a double cycle instruction is in progress when the single step command is received, both cycles will be completed before stopping.
- 3) The processor acknowledges it has entered the stopped state by raising ALE high. In this state (which can be maintained indefinitely) the address of the next instruction to be fetched is present on BUS and the lower half of port 2.
- 4) \overline{SS} is then raised high to bring the processor out of the stopped mode allowing it to fetch the next instruction. The exit from stop is indicated by the processor bringing ALE low.
- 5) To stop the processor at the next instruction \overline{SS} must be brought low again soon after ALE goes low. If \overline{SS} is left high the processor remains in a "Run" mode.

A diagram for implementing the single-step function of the 8748H is shown in Figure 13. D-type flip-flop with preset and clear is used to generate \overline{SS} . In the run mode \overline{SS} is held high by keeping the flip-flop preset (preset has precedence over the clear input). To enter single step, preset is removed allowing ALE to bring \overline{SS} low via the

clear input. ALE should be buffered since the clear input of an SN7474 is the equivalent of 3 TTL loads. The processor is now in the stopped state. The next instruction is initiated by clocking a "1" into the flip-flop. This "1" will not appear on \overline{SS} unless ALE is high removing clear from the flip-flop. In response to \overline{SS} going high the processor begins an instruction fetch which brings ALE low resetting \overline{SS} through the clear input and causing the processor to again enter the stopped state.

2.14 Power Down Mode (8048AH, 8049AH, 8050AH, 8039AHL, 8035AHL, 8040AHL)

Extra circuitry has been added to the 8048AH/8049AH/8050AH ROM version to allow power to be removed from all but the data RAM array for low power standby operation. In the power down mode the contents of data RAM can be maintained while drawing typically 10% to 15% of normal operating power requirements.

V_{CC} serves as the 5V supply pin for the bulk of circuitry while the V_{DD} pin supplies only the RAM array. In normal operation both pins are a 5V while in standby, V_{CC} is at ground and V_{DD} is maintained at its standby value. Applying Reset to the processor through the RESET pin inhibits any access to the RAM by the processor and guarantees that RAM cannot be inadvertently altered as power is removed from V_{CC} .

A typical power down sequence (Figure 14) occurs as follows:

- 1) Imminent power supply failure is detected by user defined circuitry. Signal must be early enough to allow 8048AH to save all necessary data before V_{CC} falls below normal operating limits.
- 2) Power fail signal is used to interrupt processor and vector it to a power fail service routine.
- 3) Power fail routine saves all important data and machine status in the internal data RAM array. Routine may also initiate transfer of backup supply to the V_{DD} pin and indicate to external circuitry that power fail routine is complete.
- 4) Reset is applied to guarantee data will not be altered as the power supply falls out of limits. Reset must be held low until V_{CC} is at ground level.

Recovery from the Power Down mode can occur as any other power-on sequence with an external capacitor on the Reset input providing the necessary delay. See the previous section on Reset.

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

12)

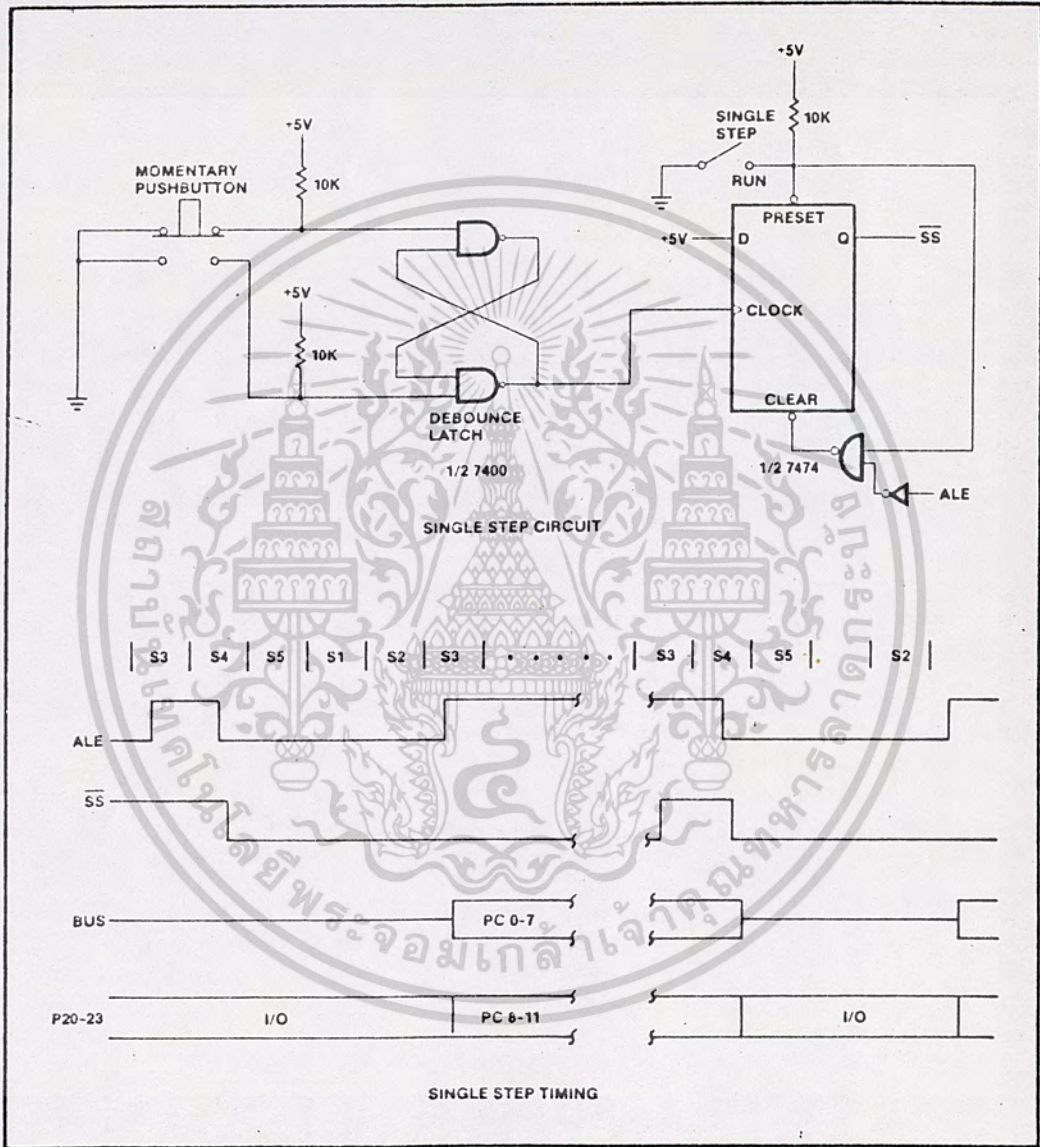


Figure 13. Single Step Operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

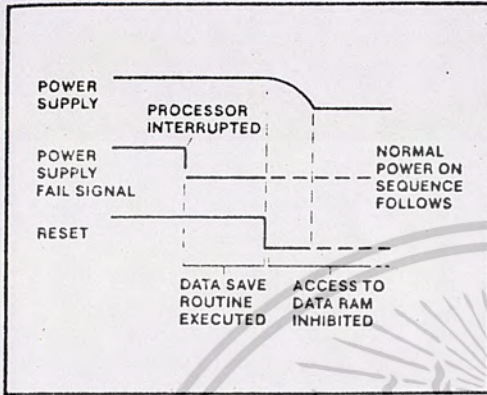


Figure 14. Power Down Sequence

reset the prescaler and time state generators. T0 may then be brought down with the rising edge of X1. Two clock cycles later, with the rising edge of X1, the device enters into Time State 1, Phase 1, SS' is then brought down to 5 volts 4 clocks later after T0. RESET' is allowed to go high 5 tCY (75 clocks) later for normal execution of code. See Figure 15.

2.15 External Access Mode

Normally the first 1K (8048AH), 2K (8049AH), or 4K (8050AH) words of program memory are automatically fetched from internal ROM or EPROM. The EA input pin however allows the user to effectively disable internal program memory by forcing all program memory fetches to reference external memory. The following chapter explains how access to external program memory is accomplished.

The External Access mode is very useful in system test and debug because it allows the user to disable his internal applications program and substitute an external program of his choice — a diagnostic routine for instance. In addition, the data sheet shows how internal program memory can be read externally, independent of the processor. A '1' level on EA initiates the external access mode. For proper operation, Reset should be applied while the EA input is changed.

2.16 Sync Mode

The 8048AH, 8049AH, 8050AH has incorporated a new SYNC mode. The Sync mode is provided to ease the design of multiple controller circuits by allowing the designer to force the device into known phase and state time. The SYNC mode may also be utilized by automatic test equipment (ATE) for quick, easy, and efficient synchronizing between the tester and the DUT (device under test).

SYNC mode is enabled when SS' pin is raised to high voltage level of +12 volts. To begin synchronization, T0 is raised to 5 volts at least four clocks cycles after SS'. T0 must be high for at least four X1 clock cycles to fully

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

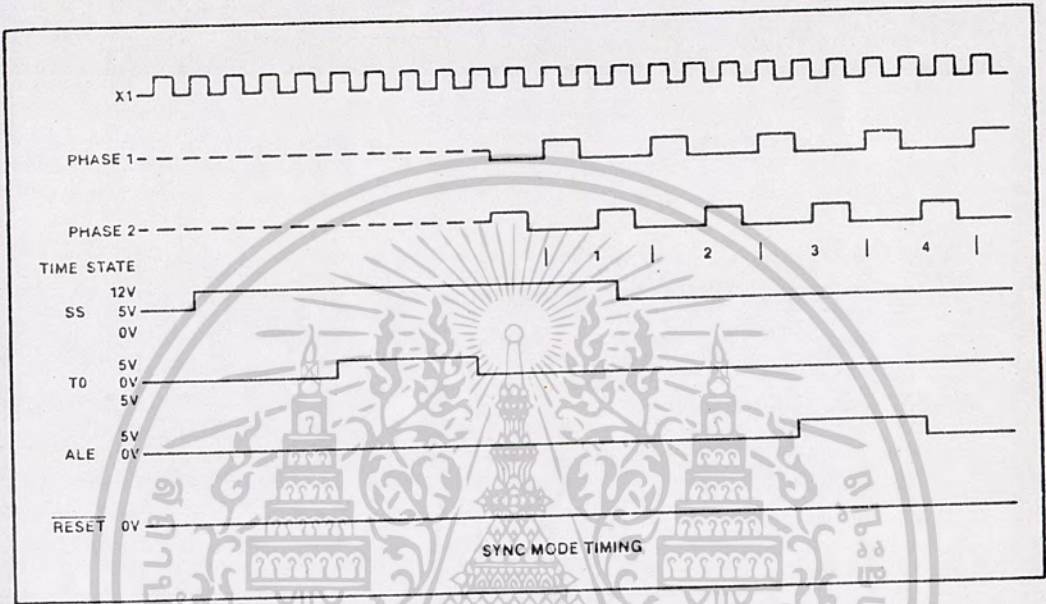


Figure 15. Sync Mode Timing

3.0 PIN DESCRIPTION

The MCS-48 processors are packaged in 40 pin Dual In-Line Packages (DIP's). Table 3 is a summary of the functions of each pin. Figure 16 is the logic symbol for the 8048AH product family. Where it exists, the second paragraph describes each pin's function in an expanded MCS-48 system. Unless otherwise specified, each input is TTL compatible and each output will drive one standard TTL load.

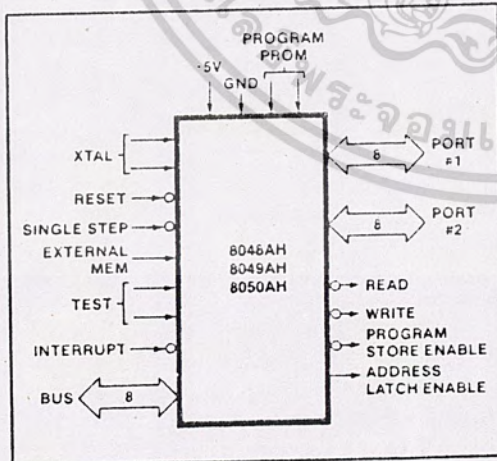


Figure 16. 8048AH and 8049AH Logic Symbol

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

Table 3. Pin Description

Designation	Pin Number*	Function
V _{SS}	20	Circuit GND potential
V _{DD}	26	Programming power supply; 21V during program for the 8748H/8749H; +5V during operation for both ROM and EPROM. Low power standby pin in 8048AH and 8049AH/8050AH ROM versions.
V _{CC}	40	Main power supply; +5V during operation and during 8748H and 8749H programming.
PROG	25	Program pulse; +18V input pin during 8748H, 8749H programming. Output strobe for 8243 I/O expander.
P10-P17 (Port 1)	27-34	8-bit quasi-bidirectional port. (Internal Pullup \approx 50K Ω)
P20-P27 (Port 2)	21-24 35-38	8-bit quasi-bidirectional port. (Internal Pullup \approx 50K Ω) P20-P23 contain the four high order program counter bits during an external program memory fetch and serve as a 4-bit I/O expander bus for 8243.
D0-D7 (BUS)	12-19	True bidirectional port which can be written or read synchronously using the \overline{RD} , \overline{WR} strobes. The port can also be statically latched. Contains the 8 low order program counter bits during an external program memory fetch, and receives the addressed instruction under the control of \overline{PSEN} . Also contains the address and data during an external RAM data store instruction, under control of ALE, \overline{RD} , and \overline{WR} .
T0	1	Input pin testable using the conditional transfer instructions JT0 and JNT0. T0 can be designated as a clock output using ENTO CLK instruction. T0 is also used during programming and sync mode.
T1	39	Input pin testable using the JT1, and JNT1 instructions. Can be designated the event counter input using the STRT CNT instruction. (See Section 2.10).
\overline{INT}	6	Interrupt input. Initiates an interrupt if interrupt is enabled. Interrupt is disabled after a reset. (Active low) Interrupt must remain low for at least 3 machine cycles to ensure proper operation.
\overline{RD}	8	Output strobe activated during a BUS read. Can be used to enable data onto the BUS from an external device. (Active low) Used as a Read Strobe to External Data Memory.
\overline{RESET}	4	Input which is used to initialize the processor. Also used during EPROM programming and verification. (Active low) (Internal pullup \approx 80K Ω)
\overline{WR}	10	Output strobe during a BUS write. (Active low) Used as write strobe to external data memory.
ALE	11	Address Latch Enable. This signal occurs once during each cycle and is useful as a clock output. The negative edge of ALE strobes address into external data and program memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE COMPONENT MCS[®]-48 SYSTEM

Table 3. Pin Description (Continued)

Designation	Pin Number*	Function
$\overline{\text{PSEN}}$	9	Program Store Enable. This output occurs only during a fetch to external program memory. (Active low)
$\overline{\text{SS}}$	5	Single step input can be used in conjunction with ALE to "single step" the processor through each instruction. (Active low) (Internal pullup $\approx 300\text{K}\Omega$) +12V for sync modes (See 2.16).
EA	7	External Access input which forces all program memory fetches to reference external memory. Useful for emulation and debug, and essential for testing and program verification. (Active high) +12V for 8048AH/8049AH/8050AH program verification and +18V for 8748H/8749H program verification (Internal pullup $\approx 10\text{M}\Omega$ on 8048AH/8049AH/8035AHL/8039AHL/8050AH/8040AHL)
XTAL1	2	One side of crystal input for internal oscillator. Also input for external source.
XTAL2	3	Other side of crystal, external source input.

*Unless otherwise stated, inputs do not have internal pullup resistors. 8048AH, 8748H, 8049AH, 8050AH, 8040AHL

4.0 PROGRAMMING, VERIFYING AND ERASING EPROM

The internal Program Memory of the 8748H and the 8749H may be erased and reprogrammed by the user as explained in the following sections. See also the 8748H and 8749H data sheets.

4.1 Programming/Verification

In brief, the programming process consists of: activating the program mode, applying an address, latching the address, applying data, and applying a programming pulse. This programming algorithm applies to both the 8748H and 8749H. Each word is programmed completely before moving on to the next and is followed by a verification step. The following is a list of the pins used for programming and a description of their functions:

Pin	Function
XTAL 1	Clock Input (3 to 4 MHz)
Reset	Initialization and Address Latching
Test 0	Selection of Program (0V) or Verify (5V) Mode
EA	Activation of Program/Verify Modes
BUS	Address and Data Input Data Output During Verify
P20-1	Address Input for 8748H
P20-2	Address Input for 8749H
V _{DD}	Programming Power Supply
PROG	Program Pulse Input
P10-P11	Tied to ground (8749H only)

8748H AND 8749H ERASURE CHARACTERISTICS

The erasure characteristics of the 8748H and 8749H are such that erasure begins to occur when exposed to light with wavelengths shorter than approximately 4000 Angstroms (A). It should be noted that sunlight and certain types of fluorescent lamps have wavelengths in the 3000-4000A range. Data show that constant exposure to room level fluorescent lighting could erase the typical 8748H and 8749H in approximately 3 years while it would take approximately 1 week to cause erasure when exposed to direct sunlight. If the 8748H or 8749H is to be exposed to these types of lighting conditions for extended periods of time, opaque labels should be placed over the 8748H window to prevent unintentional erasure.

When erased, bits of the 8748H and 8749H Program Memory are in the logic "0" state.

The recommended erasure procedure for the 8748H and 8749H is exposure to shortwave ultraviolet light which has a wavelength of 2537 Angstroms (A). The integrated dose (i.e., UV intensity X exposure time) for erasure should be a minimum of 15W-sec/cm². The erasure time with this dosage is approximately 15 to 20 minutes using an ultraviolet lamp with a 12000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ power rating. The 8748H and 8749H should be placed within one inch from the lamp tubes during erasure. Some lamps have a filter in their tubes and this filter should be removed before erasure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE COMPONENT MCS-48 SYSTEM

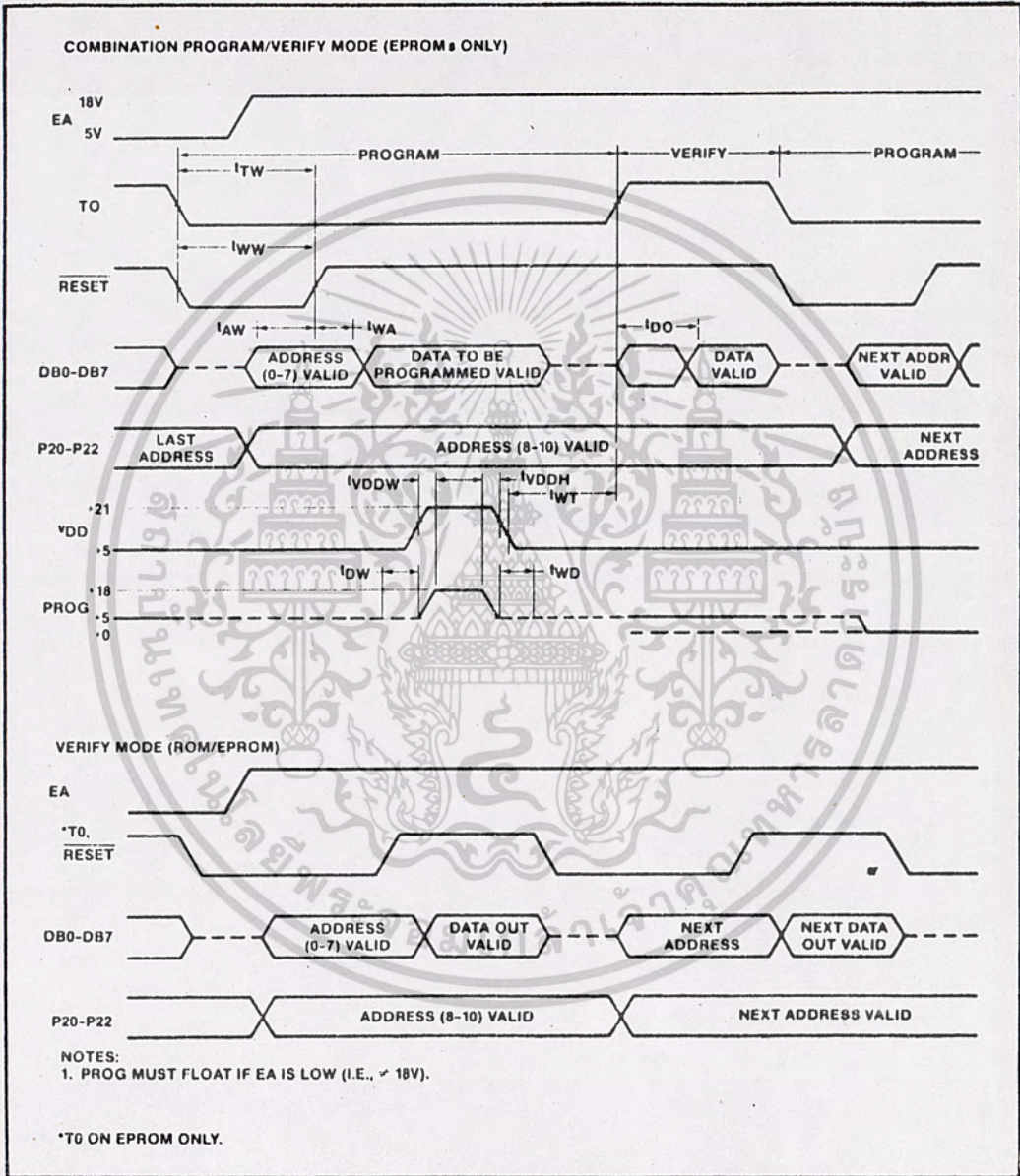


Figure 17. Program/Verify Sequence for 2749H/8740M

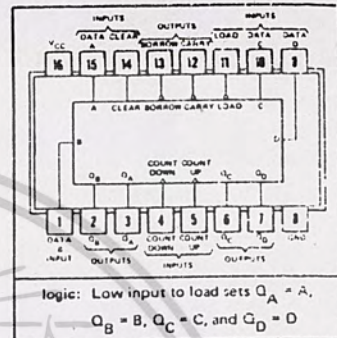
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TYPES SN54192, SN54193, SN54L192, SN54L193, SN54LS192, SN54LS193;
SN74192, SN74193, SN74L192, SN74L193, SN74LS192, SN74LS193;
SYNCHRONOUS 4-BIT UP/DOWN COUNTERS (DUAL CLOCK WITH CLEAR)**

BULLETIN NO. DLS 7711328, DECEMBER 1972—REVISED AUGUST 1973

- Cascading Circuitry Provided Internally
- Synchronous Operation
- Individual Preset to Each Flip-Flop
- Fully Independent Clear Input

SN54', SN54LS' ... J OR W PACKAGE
SN54L' ... J PACKAGE
SN74', SN74L', SN74LS' ... J OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



TYPES	TYPICAL MAXIMUM COUNT FREQUENCY	TYPICAL POWER DISSIPATION
'192, '193	32 MHz	325 mW
'L192, 'L193	7 MHz	43 mW
'LS192, 'LS193	32 MHz	95 mW

description

These monolithic circuits are synchronous reversible (up/down) counters having a complexity of 55 equivalent gates. The '192, 'L192, and 'LS192 circuits are BCD counters and the '193, 'L193 and 'LS193 are 4-bit binary counters. Synchronous operation is provided by having all flip-flops clocked simultaneously so that the outputs change coincidentally with each other when so instructed by the steering logic. This mode of operation eliminates the output counting spikes which are normally associated with asynchronous (ripple-clock) counters.

The outputs of the four master-slave flip-flops are triggered by a low-to-high-level transition of either count (clock) input. The direction of counting is determined by which count input is pulsed while the other count input is high.

All four counters are fully programmable; that is, each output may be preset to either level by entering the desired data at the data inputs while the load input is low. The output will change to agree with the data inputs independent of the count pulses. This feature allows the counters to be used as modulo-N dividers by simply modifying the count length with the preset inputs.

A clear input has been provided which forces all outputs to the low level when a high level is applied. The clear function is independent of the count and load inputs. The clear, count, and load inputs are buffered to lower the drive requirements. This reduces the number of clock drivers, etc., required for long words.

These counters were designed to be cascaded without the need for external circuitry. Both borrow and carry outputs are available to cascade both the up- and down-counting functions. The borrow output produces a pulse equal in width to the count-down input when the counter underflows. Similarly, the carry output produces a pulse equal in width to the count-up input when an overflow condition exists. The counters can then be easily cascaded by feeding the borrow and carry outputs to the count-down and count-up inputs respectively of the succeeding counter.

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

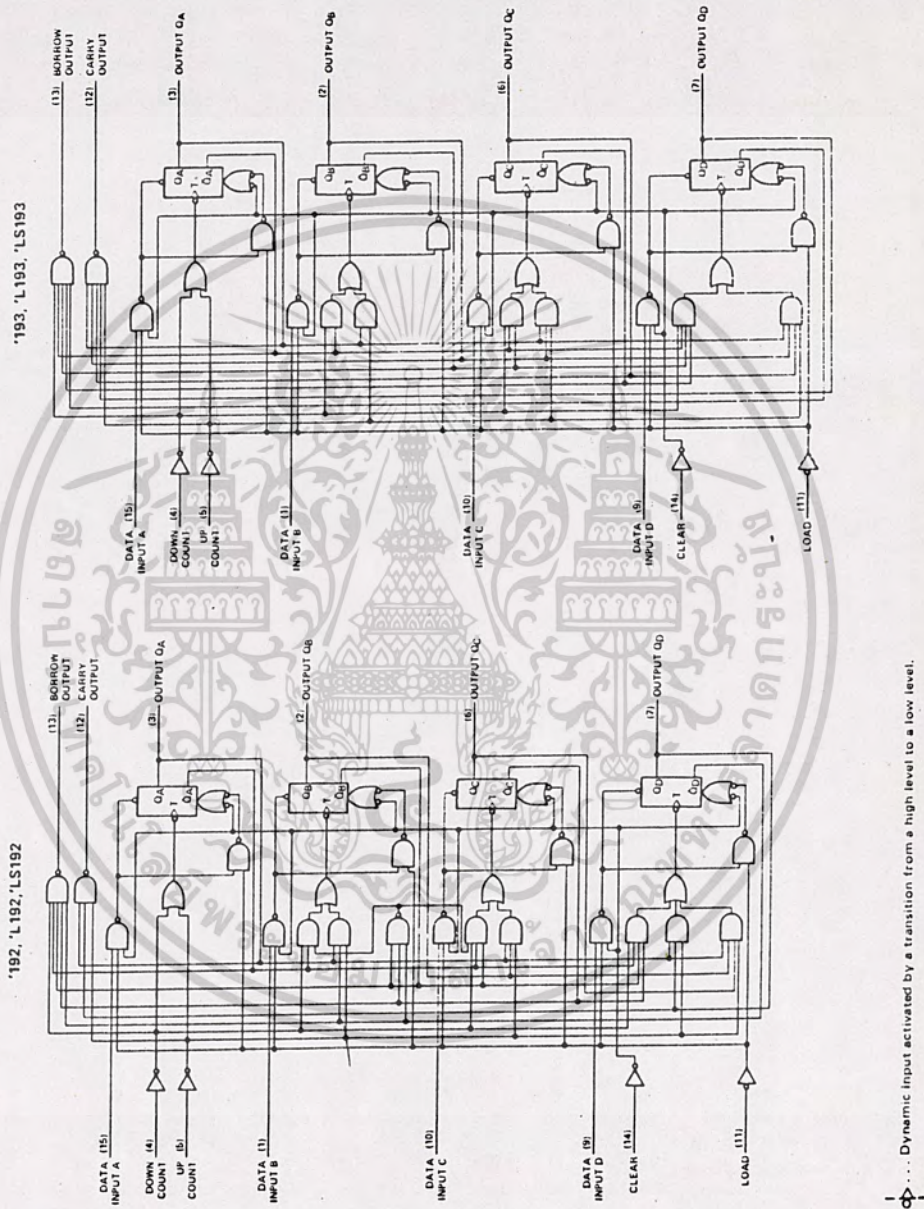
	SN54'	SN54L'	SN54LS'	SN74'	SN74L'	SN74LS'	UNIT
Supply voltage, V _{CC} (see Note 1)	7	8	7	7	8	7	V
Input voltage	5.5	5.5	7	5.5	5.5	7	V
Operating free-air temperature range	-55 to 125			0 to 70			°C
Storage temperature range	-65 to 150			-65 to 150			°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TYPES SN54192, SN54193, SN54L192, SN54L193, SN54LS192, SN54LS193,
SN74192, SN74193, SN74L192, SN74L193, SN74LS192, SN74LS193
SYNCHRONOUS 4-BIT UP/DOWN COUNTERS (DUAL CLOCK WITH CLEAR)**

Functional block diagrams



Dynamic input activated by a transition from a high level to a low level.

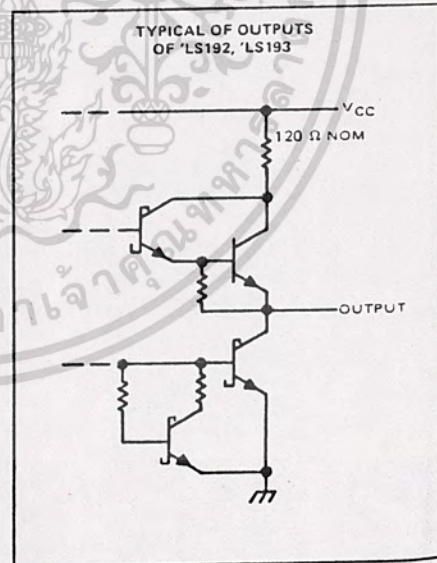
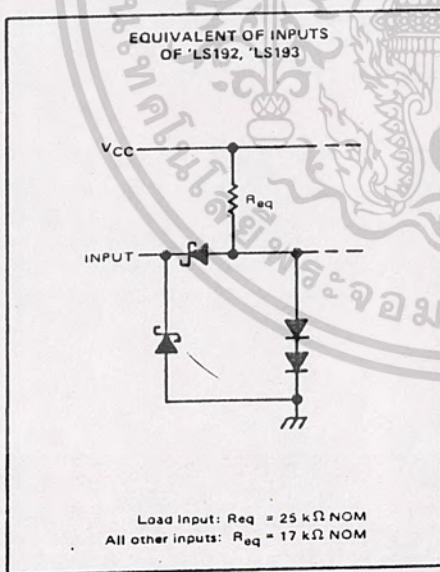
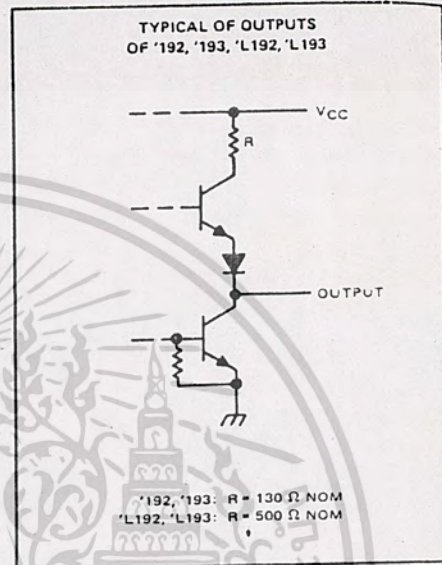
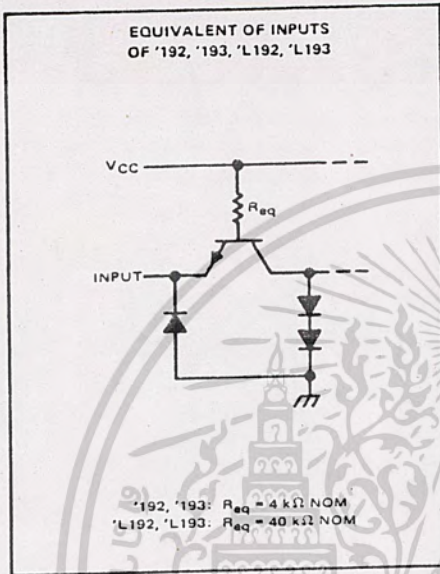
TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TYPES SN54192, SN54193, SN54L192, SN54L193, SN54LS192, SN54LS193,
SN74192, SN74193, SN74L192, SN74L193, SN74LS192, SN74LS193
SYNCHRONOUS 4-BIT UP/DOWN COUNTERS (DUAL CLOCK WITH CLEAR)**

REVISED OCTOBER 1976

schematics of inputs and outputs



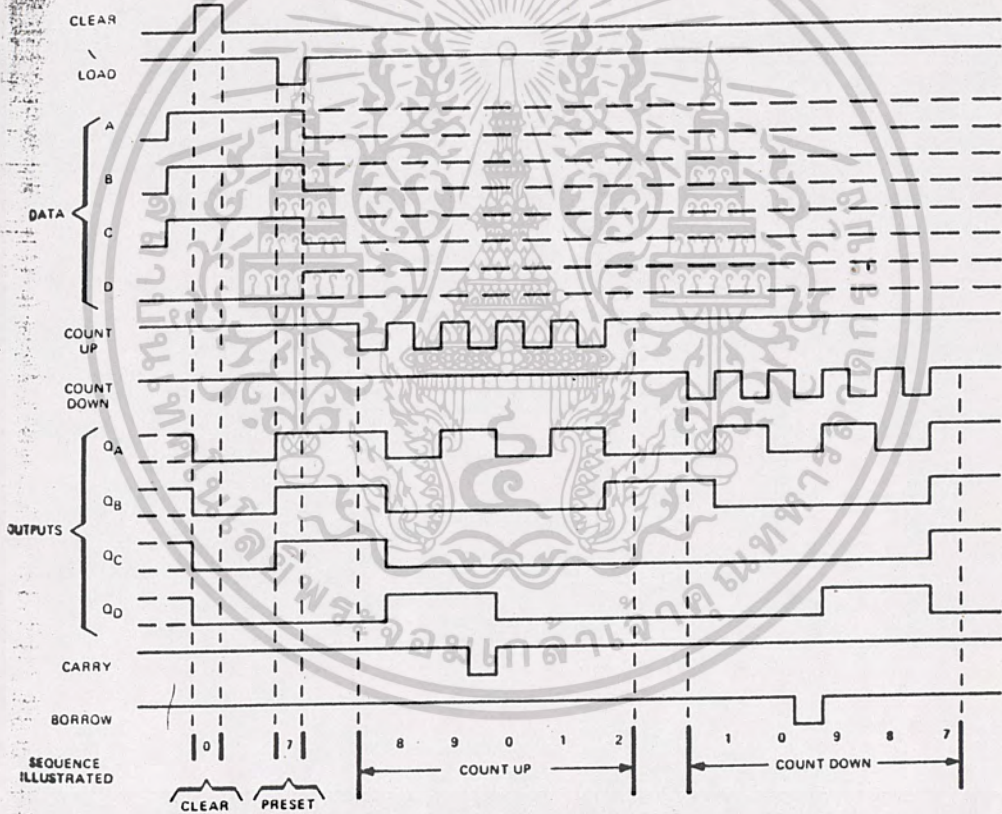
TYPES SN54192, SN54L192, SN54LS192, SN74192, SN74L192, SN74LS192 SYNCHRONOUS 4-BIT UP/DOWN COUNTERS (DUAL CLOCK WITH CLEAR)

'192, 'L192, 'LS192 DECADE COUNTERS

Typical clear, load, and count sequences

Illustrated below is the following sequence:

1. Clear outputs to zero.
2. Load (preset) to BCD seven.
3. Count up to eight, nine, carry, zero, one, and two.
4. Count down to one, zero, borrow, nine, eight, and seven.



NOTES: A. Clear overrides load, data, and count inputs.
B. When counting up, count-down input must be high; when counting down, count-up input must be high.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54/74 FAMILIES OF COMPATIBLE TTL CIRCUITS

PIN ASSIGNMENTS (TOP VIEWS)

AND-GATED J-K MASTER-SLAVE FLIP-FLOPS WITH PRESET AND CLEAR

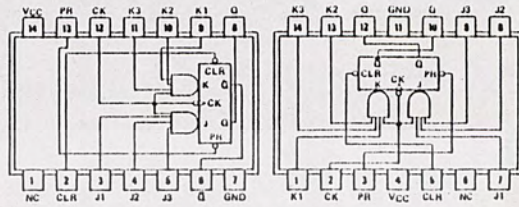
72

FUNCTION TABLE

INPUTS					OUTPUTS	
PRESET	CLEAR	CLOCK	J	K	Q	\bar{Q}
L	H	X	X	X	H	L
H	L	X	X	X	L	H
L	L	X	X	X	H*	H*
H	H	\square	L	L	Q ₀	\bar{Q}_0
H	H	\square	L	L	H	L
H	H	\square	L	H	L	H
H	H	\square	H	H	TOGGLE	TOGGLE

positive logic: J = J1·J2·J3; K1·K2·K3

See pages 6-46, 6-50, and 6-54



SN5472 (J) SN7472 (J, N) SN5472 (W)
 SN54H72 (J) SN74H72 (J, N) SN54H72 (W)
 SN54L72 (J) SN74L72 (J, N) SN54L72 (T)

NC—No internal connection

DUAL J-K FLIP-FLOPS WITH CLEAR

73

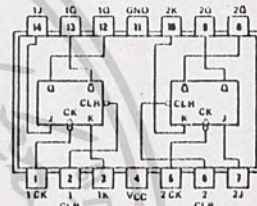
'73, 'H73, 'L73
FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS	
CLEAR	CLOCK	J	K	Q	\bar{Q}
L	X	X	X	L	H
H	\square	L	L	Q ₀	\bar{Q}_0
H	\square	H	L	H	L
H	\square	L	H	L	H
H	\square	H	H	TOGGLE	TOGGLE

See pages 6-46, 6-50, 6-54, and 6-56

'LS73A
FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS	
CLEAR	CLOCK	J	K	Q	\bar{Q}
L	X	X	X	L	H
H	\square	L	L	Q ₀	\bar{Q}_0
H	\square	H	L	H	L
H	\square	L	H	L	H
H	\square	H	H	TOGGLE	TOGGLE
H	H	X	X	Q ₀	\bar{Q}_0



SN5473 (J, W) SN7473 (J, N) SN5473 (W)
 SN54H73 (J, W) SN74H73 (J, N) SN54H73 (W)
 SN54L73 (J, T) SN74L73 (J, N) SN54L73 (T)
 SN54LS73A (J, W) SN74LS73A (J, N)

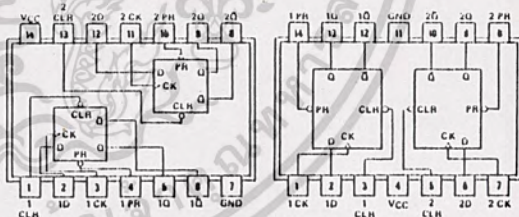
DUAL D-TYPE POSITIVE-EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOPS WITH PRESET AND CLEAR

74

FUNCTION TABLE

INPUTS					OUTPUTS	
PRESET	CLEAR	CLOCK	D	Q	\bar{Q}	
L	H	X	X	H	L	
H	L	X	X	L	H	
L	L	X	X	H*	H*	
H	H	\square	H	H	L	
H	H	\square	L	L	H	
H	H	\square	X	Q ₀	\bar{Q}_0	

See pages 6-46, 6-50, 6-54, and 6-56



SN5474 (J) SN7474 (J, N) SN5474 (W)
 SN54H74 (J) SN74H74 (J, N) SN54H74 (W)
 SN54L74 (J) SN74L74 (J, N) SN54L74 (T)
 SN54LS74A (J, W) SN74LS74A (J, N) SN54LS74A (W)
 SN54S74 (J, W) SN74S74 (J, N)

See explanation of function tables on page 3-8.

*This configuration is nonstable; that is, it will not persist when preset or clear inputs return to their inactive (high) level. Furthermore, the output levels of the 'LS74A in this configuration are not guaranteed to meet the minimum levels for V_{OH} if the lows at preset and clear are near V_{IL} maximum.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

recommended operating conditions

	SERIES 54S/74S	'S74			'S112			'S113			'S114			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	Series 54S	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	V
	Series 74S	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	
High-level output current, I_{OH}				-1			-1			-1			-1	mA
Low-level output current, I_{OL}				20			20			20			20	mA
Pulse width, t_W	Clock high		6			6			6			6		ns
	Clock low		7.3			6.5			6.5			6.5		
	Clear or preset low		7			8			8			8		
Input setup time, t_{SU}	High-level data		3 \dagger			3 \dagger			3 \dagger			3 \dagger		ns
	Low-level data		3 \dagger			3 \dagger			3 \dagger			3 \dagger		
Input hold time, t_H			2 \dagger			0 \dagger			0 \dagger			0 \dagger		ns
Operating free-air temperature, T_A	Series 54S	-55		125	-55		125	-55		125	-55		125	°C
	Series 74S	0		70	0		70	0		70	0		70	

\dagger The arrow indicates the edge of the clock pulse used for reference: \uparrow for the rising edge, \downarrow for the falling edge.

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

PARAMETER	TEST CONDITIONS ¹	'S74			'S112			'S113			'S114			UNIT
		MIN	TYP ²	MAX	MIN	TYP ²	MAX	MIN	TYP ²	MAX	MIN	TYP ²	MAX	
V_{IH} High-level input voltage		2			2			2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8			0.8			0.8			0.8	V
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_I = -18 \text{ mA}$			-1.2			-1.2			-1.2			-1.2	V
V_{OH} High-level output voltage	Series 54S	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V.}$	2.5	3.4	2.5	3.4	2.5	3.4	2.5	3.4	2.5	3.4	V	
	Series 74S	$V_{IL} = 0.8 \text{ V.}, I_{OH} = -1 \text{ mA}$	2.7	3.4	2.7	3.4	2.7	3.4	2.7	3.4	2.7	3.4		
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V.}, V_{IL} = 0.8 \text{ V.}, I_{OL} = 20 \text{ mA}$		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		V	
I_I Input current at maximum input voltage	J, K, or D	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 5.5 \text{ V}$		1		1		1		1		1	mA	
	Clear			50		50		50		50		50	μA	
	Preset	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 2.7 \text{ V}$		150		100		100		200		200		
	Clock			100		100		100		100		100		
	J, K, or D			100		100		100		100		100		
I_{IL} Low-level input current	Clear	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 0.5 \text{ V}$		-2		-1.6		-1.6		-1.6		-1.6	mA	
	Preset			-6		-7		-7		-14		-14		
	Clock			-4		-7		-7		-7		-7		
	Clock			-4		-4		-4		-4		-8		
I_{OS} Short-circuit output current*	$V_{CC} = \text{MAX.}$		-40	-100		-40	-100		-40	-100		-40	-100	mA
I_{CC} Supply current (average per flip-flop)	$V_{CC} = \text{MAX.}$ See Note 1		15	25		15	25		15	25		15	25	mA

¹ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

² All typical values are at: $V_{CC} = 5 \text{ V.}, T_A = 25^\circ\text{C.}$

* Not more than one output should be shorted at a time, and duration of short-circuit should not exceed one second.

† Clear is tested with preset high and preset is tested with clear high.

NOTE 1: With all outputs open, I_{CC} is measured with the Q and \bar{Q} outputs high in turn. At the time of measurement, the clock input is grounded.

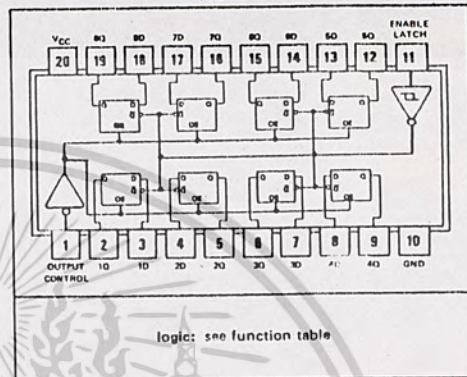
TTL
MSI

TYPES SN54LS373, SN54LS374, SN54S373, SN54S374, SN74LS373, SN74LS374, SN74S373, SN74S374 OCTAL D-TYPE TRANSPARENT LATCHES AND EDGE-TRIGGERED FLIP-FLOPS

BULLETIN NO. DL5 12350, OCTOBER 1975 - REVISED JUNE 1979

- Choice of 8 Latches or 8 D-Type Flip-Flops In a Single Package
- 3-State Bus-Driving Outputs
- Full Parallel-Access for Loading
- Buffered Control Inputs
- Clock/Enable Input Has Hysteresis to Improve Noise Rejection
- P-N-P Inputs Reduce D-C Loading on Data Lines ('S373 and 'S374)
- SN54LS363 and SN74LS364 Are Similar But Have Higher V_{OH} For MOS Interface

SN54LS373, SN54S373 ... J PACKAGE
SN74LS373, SN74S373 ... J OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



'LS373, 'S373
FUNCTION TABLE

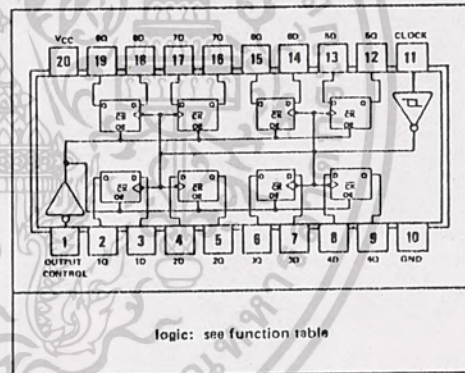
OUTPUT ENABLE	ENABLE LATCH	D	OUTPUT
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q_0
H	X	X	Z

'LS374, 'S374
FUNCTION TABLE

OUTPUT ENABLE	CLOCK	D	OUTPUT
L	↑	H	H
L	↑	L	L
L	L	X	Q_0
H	X	X	Z

See explanation of function tables on page 1-13.

SN54LS374, SN54S374 ... J PACKAGE
SN74LS374, SN74S374 ... J OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description

These 8 bit registers feature totem-pole three-state outputs designed specifically for driving highly-capacitive or relatively low-impedance loads. The high-impedance third state and increased high-logic-level drive provide these registers with the capability of being connected directly to and driving the bus lines in a bus-organized system without need for interface or pull-up components. They are particularly attractive for implementing buffer registers, I/O ports, bidirectional bus drivers, and working registers.

The eight latches of the 'LS373 and 'S373 are transparent D-type latches meaning that while the enable (G) is high the Q outputs will follow the data (D) inputs. When the enable is taken low the output will be latched at the level of the data that was set up.

Copyright © 1979 by Texas Instruments Incorporated

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

7-471

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TTL
MSI

TYPES SN5490A, SN5492A, SN5493A, SN54L90, SN54L93, SN54LS90, SN54LS92, SN54LS93, SN7490A, SN7492A, SN7493A, SN74L90, SN74L93, SN74LS90, SN74LS92, SN74LS93
DECADE, DIVIDE-BY-TWELVE, AND BINARY COUNTERS
 BULLETIN NO. DL-S 7611807, MARCH 1974—REVISED OCTOBER 1975

'90A, 'L90, 'LS90 . . . DECADE COUNTERS

'92A, 'LS92 . . . DIVIDE-BY-TWELVE COUNTERS

'93A, 'L93, 'LS93 . . . 4-BIT BINARY COUNTERS

SN54', SN54L' . . . J OR W PACKAGE
 SN54L' . . . J OR T PACKAGE
 SN54', SN74L', SN74LS' . . . J OR N PACKAGE

TYPES	TYPICAL POWER DISSIPATION
'90A	145 mW
'L90	20 mW
'LS90	45 mW
'92A, '93A	130 mW
'LS92, 'LS93	45 mW
'L93	16 mW

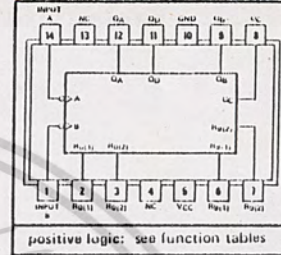
description

Each of these monolithic counters contains four master-slave flip-flops and additional gating to provide a divide-by-two counter and a three-stage binary counter for which the count cycle length is divide-by-five for the '90A, 'L90, and 'LS90, divide-by-six for the '92A and 'LS92, and divide-by-eight for the '93A, 'L93, and 'LS93.

All of these counters have a gated zero reset and the '90A, 'L90, and 'LS90 also have gated set-to-nine inputs for use in BCD nine's complement applications.

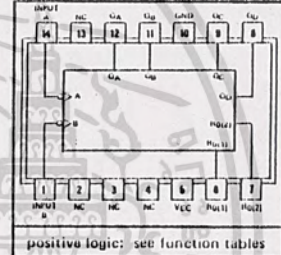
To use their maximum count length (decade, divide-by-twelve, or four-bit binary) of these counters, the B input is connected to the Q_A output. The input count pulses are applied to input A and the outputs are as described in the appropriate function table. A symmetrical divide-by-ten count can be obtained from the '90A, 'L90, or 'LS90 counters by connecting the Q_D output to the A input and applying the input count to the B input which gives a divide-by-ten square wave at output Q_A .

'90A, 'L90, 'LS90 (TOP VIEW)



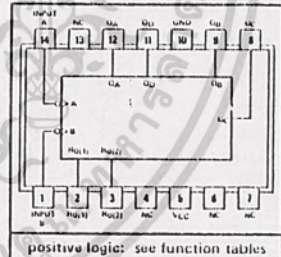
positive logic: see function tables

'92A, 'LS92, (TOP VIEW)



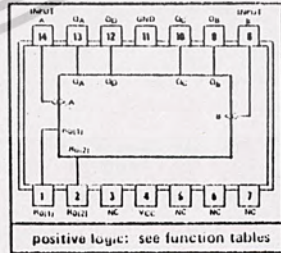
positive logic: see function tables

'93A, 'LS93 (TOP VIEW)



positive logic: see function tables

'L93 (TOP VIEW)



positive logic: see function tables

NC—No internal connection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SN5446A, '47A, '48, '49, SN54L46, 'L47, SN54LS47, 'LS48, 'LS49,
SN7446A, '47A, '48, SN74L46, 'L47, SN74LS47, 'LS48, 'LS49
BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODERS/DRIVERS
BULLETIN NO. DLS 7611811, MARCH 1974 - REVISED OCTOBER 1976

'46A, '47A, 'L46, 'L47, 'LS47
feature

'48, 'LS48
feature

'49, 'LS49
feature

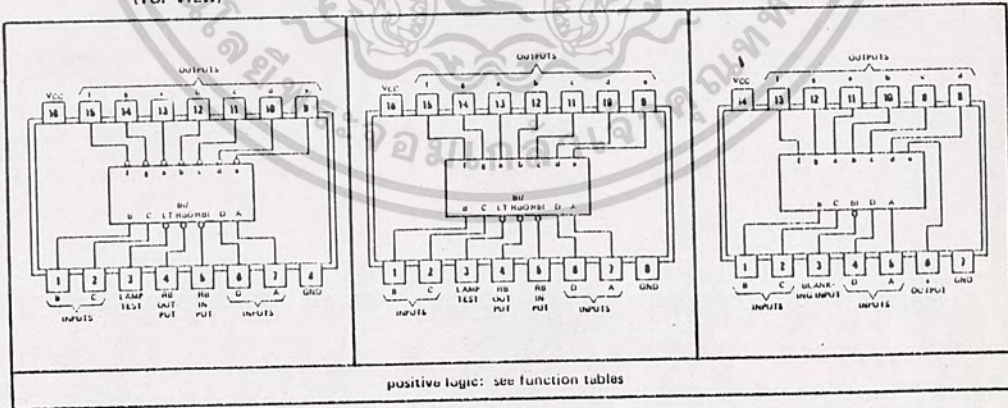
- Open-Collector Outputs Drive Indicators Directly
- Lamp-Test Provision
- Leading/Trailing Zero Suppression
- All Circuit Types Feature Lamp Intensity Modulation Capability
- Internal Pull-Ups Eliminate Need for External Resistors
- Lamp-Test Provision
- Leading/Trailing Zero Suppression
- Open-Collector Outputs
- Blanking Input

TYPE	DRIVER OUTPUTS				TYPICAL POWER DISSIPATION	PACKAGES
	ACTIVE LEVEL	OUTPUT CONFIGURATION	SINK CURRENT	MAX VOLTAGE		
SN5446A	low	open-collector	40 mA	30 V	320 mW	J, W
SN5447A	low	open-collector	40 mA	15 V	320 mW	J, W
SN5448	high	2-k Ω pull-up	6.4 mA	5.5 V	265 mW	J, W
SN5449	high	open-collector	10 mA	5.5 V	165 mW	W
SN54L46	low	open-collector	20 mA	30 V	160 mW	J
SN54L47	low	open-collector	20 mA	15 V	160 mW	J
SN54LS47	low	open-collector	12 mA	15 V	35 mW	J, W
SN54LS48	high	2-k Ω pull-up	2 mA	5.5 V	125 mW	J, W
SN54LS49	high	open-collector	4 mA	5.5 V	40 mW	J, W
SN7446A	low	open-collector	40 mA	30 V	320 mW	J, N
SN7447A	low	open-collector	40 mA	15 V	320 mW	J, N
SN7448	high	2-k Ω pull-up	6.4 mA	5.5 V	265 mW	J, N
SN74L46	low	open-collector	20 mA	30 V	160 mW	J, N
SN74L47	low	open-collector	20 mA	15 V	160 mW	J, N
SN74LS47	low	open-collector	24 mA	15 V	35 mW	J, N
SN74LS48	high	2-k Ω pull-up	6 mA	5.5 V	125 mW	J, N
SN74LS49	high	open-collector	8 mA	5.5 V	40 mW	J, N

'46A, '47A, 'L46, 'L47, 'LS47
(TOP VIEW)

'48, 'LS48
(TOP VIEW)

'49, 'LS49
(TOP VIEW)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM555/LM555C Timer

General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

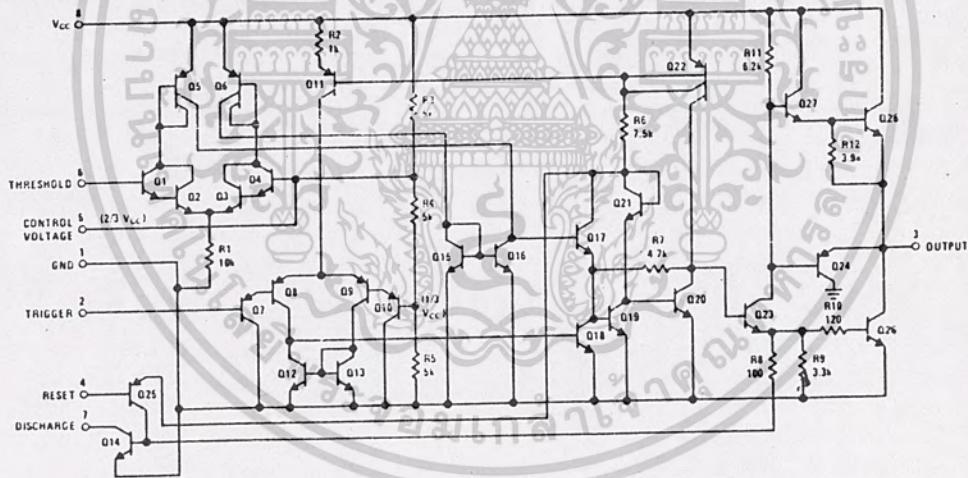
Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

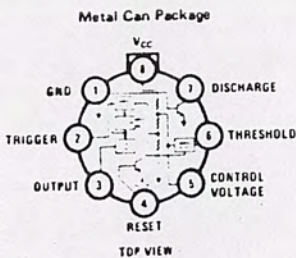
Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes

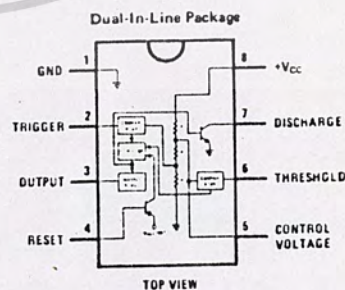
Schematic Diagram



Connection Diagrams



Order Number LM555H, LM555CH
See NS Package H08C



Order Number LM555CN
See NS Package N08B
Order Number LM555J or LM555CJ
See NS Package J08A



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 1)	600 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
LM555	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

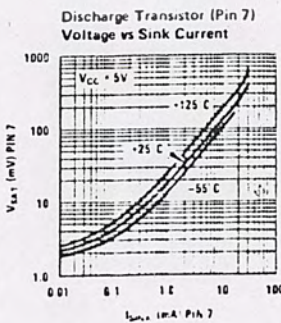
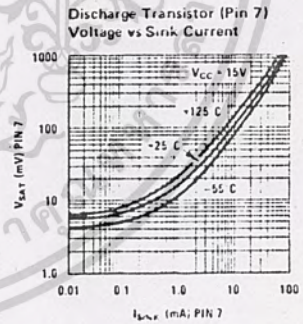
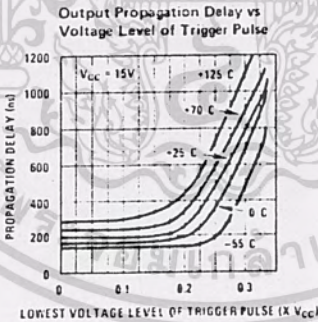
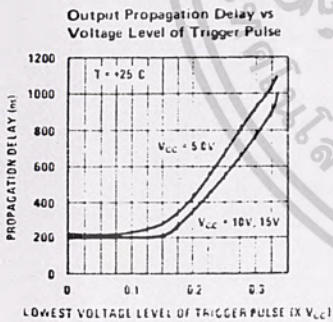
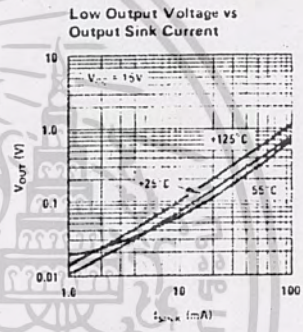
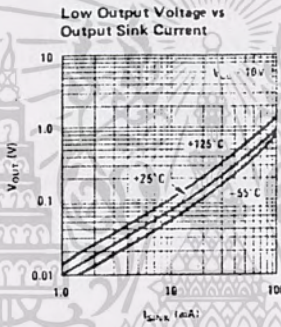
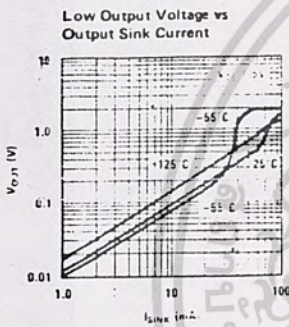
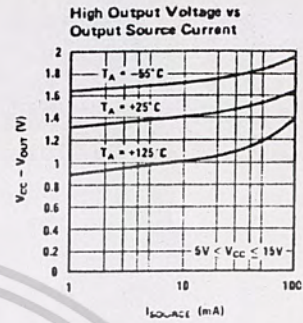
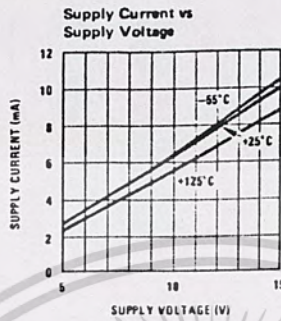
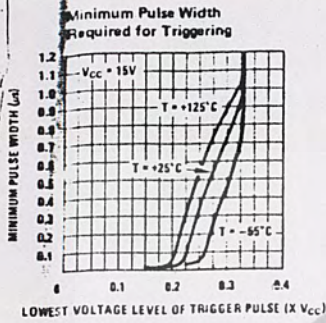
Electrical Characteristics (T_A = 25°C, V_{CC} = +5V to +15V, unless otherwise specified)

PARAMETER	CONDITIONS	LIMITS						UNITS
		LM555			LM555C			
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		16	V
Supply Current	V _{CC} = 5V, R _L = ∞ V _{CC} = 15V, R _L = ∞ (Low State) (Note 2)		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
Timing Error, Monostable								%
Initial Accuracy			0.5			1		%
Drift with Temperature	R _A , R _B = 1k to 100k, C = 0.1μF (Note 3)		30			50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5			1.5		%
Drift with Supply			0.05			0.1		%/V
Timing Error, Astable								%
Initial Accuracy			1.5			2.25		%
Drift with Temperature			90			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			2.5			3.0		%
Drift with Supply			0.15			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667			0.667		x V _{CC}
Trigger Voltage	V _{CC} = 15V V _{CC} = 5V	4.3 1.45	5 1.67	5.2 1.9		5 1.67		V V
Trigger Current			0.01	0.5		0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 4)		0.1	0.25		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	V _{CC} = 15V V _{CC} = 5V	9.6 2.9	10 3.33	10.4 3.8	9 2.6	10 3.33	11 4	V V
Pin 7 Leakage Output High			1	100		1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 5)								mV
Output Low	V _{CC} = 15V, I _O = 15 mA		150			180		mV
Output Low	V _{CC} = 4.5V, I _O = 4.5 mA		70	100		80	200	mV
Output Voltage Drop (Low)	V _{CC} = 15V I _{SINK} = 10 mA I _{SINK} = 50 mA I _{SINK} = 100 mA I _{SINK} = 200 mA V _{CC} = 5V I _{SINK} = 8 mA I _{SINK} = 5 mA		0.1 0.4 2 2.5	0.15 0.5 2.2 2.5		0.1 0.4 2 2.5	0.25 0.75 2.5	V V V V
Output Voltage Drop (High)	I _{SOURCE} = 200 mA, V _{CC} = 15V I _{SOURCE} = 100 mA, V _{CC} = 15V V _{CC} = 5V	13 3	12.5 13.3 3.3		12.75 2.75	12.5 13.3 3.3		V V V
Rise Time of Output			100			100		ns
Fall Time of Output			100			100		ns

- Note 1:** For operating at elevated temperatures the device must be derated based on a +150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of +45°C/W junction to case for TO-5 and +150°C/W junction to ambient for both packages.
- Note 2:** Supply current when output high typically 1 mA less at V_{CC} = 5V.
- Note 3:** Tested at V_{CC} = 5V and V_{CC} = 15V.
- Note 4:** This will determine the maximum value of R_A + R_B for 15V operation. The maximum total (R_A + R_B) is 20 MΩ.
- Note 5:** No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information

MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than $1/3 V_{CC}$ to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

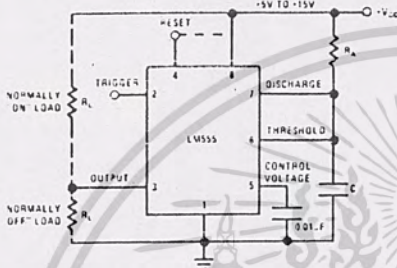


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of $t = 1.1 R_A C$, at the end of which time the voltage equals $2/3 V_{CC}$. The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.

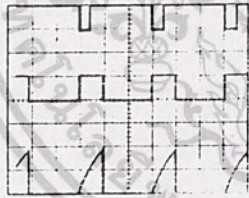


FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to V_{CC} to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a

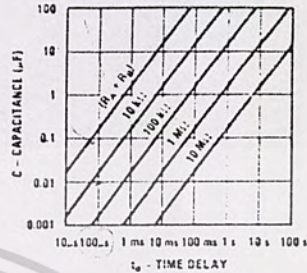


FIGURE 3. Time Delay

multivibrator. The external capacitor charges through $R_A + R_B$ and discharges through R_B . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

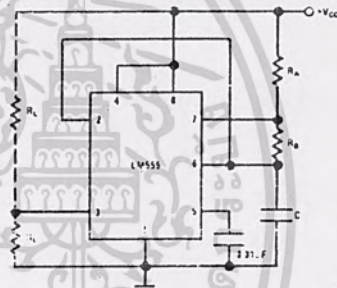


FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between $1/3 V_{CC}$ and $2/3 V_{CC}$. As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.

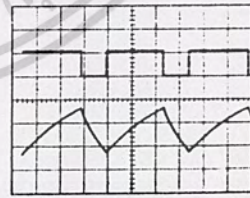


FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is: $D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$

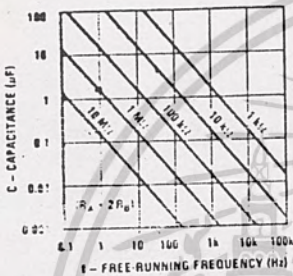


FIGURE 6. Free Running Frequency

FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.

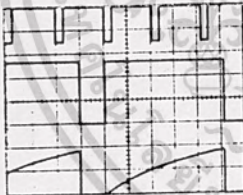


FIGURE 7. Frequency Divider

PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.

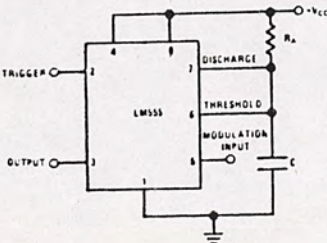
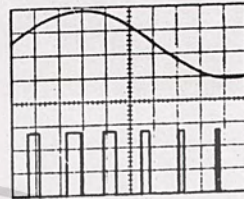


FIGURE 8. Pulse Width Modulator



V_{CC} = 5V
TIME = 0.2 μs/DIV.
Bottom Trace: Output 2V Div.
R_A = 9.3 kΩ
C = 0.01 μF

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

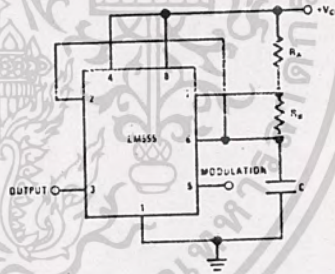
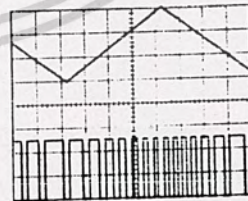


FIGURE 10. Pulse Position Modulator



V_{CC} = 5V
TIME = 0.1 μs/DIV.
Bottom Trace: Output 2V Div.
R_A = 20 kΩ
R_B = 30 kΩ
C = 0.01 μF

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

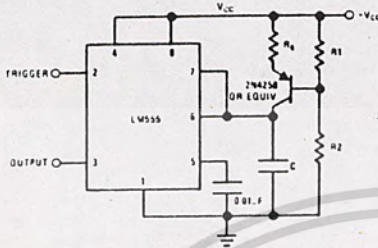


FIGURE 12.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$$V_{BE} \approx 0.6V$$



V_{CC} = 5V
 TIME = 25µs/DIV
 R₁ = 47kΩ
 R₂ = 100kΩ
 R_E = 2.7kΩ
 C = 0.01µF

Top Trace: Input 2V Div
 Middle Trace: Output 5V Div
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V Div

FIGURE 13. Linear Ramp

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors R_A and R_B may be connected as in Figure 14. The time period for the out-

put high is the same as previous, t₁ = 0.693 R_A C. For the output low it is t₂ =

$$\left[\frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right] CLn$$

Thus the frequency of oscillation is $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$

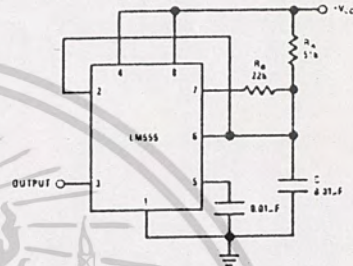


FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if R_B is greater than 1/2 R_A because the junction of R_A and R_B cannot bring pin 2 down to 1/3 V_{CC} and trigger the lower comparator.

ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is 0.1µF in parallel with 1µF electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as 10µs when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to 10µs minimum.

Delay time reset to output is 0.47µs typical. Minimum reset pulse width must be 0.3µs, typical.

Pin 7 current switches within 30 ns of the output (pin 3) voltage.



MOC3040 MOC3041

ZERO VOLTAGE CROSSING OPTICALLY ISOLATED TRIAC DRIVERS

These devices consist of gallium-arsenide infrared-emitting diodes optically coupled to monolithic silicon detectors performing the functions of Zero Voltage Crossing bilateral triac drivers.

They are designed for use with a triac in the interface of logic systems to equipment powered from 220 Vac lines, such as solid-state relays, industrial controls, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

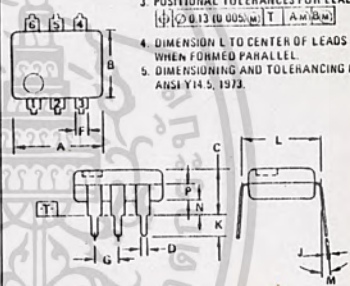
- Simplifies Logic Control of 220 Vac Power
- Zero Voltage Crossing
- High breakdown Voltage: $V_{DRM} = 400$ V Min
- High Isolation Voltage: $V_{ISO} = 7500$ Vac (Min)
- Small, Economical, 6-Pin DIP Package
- Same Pin Configuration as MOC3020/3021
- UL Recognized, File No. E54915
- dv/dt of 100 V/ μ s Typ

OPTO COUPLER / ISOLATOR ZERO CROSSING TRIAC DRIVER

400 VOLTS



- NOTES
1. DIMENSIONS A AND B ARE DATUMS.
 2. [] IS SEATING PLANE.
 3. POSITIONAL TOLERANCES FOR LEADS:
[] (0.13 (0.005) [] T A W (0.25)
 4. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 5. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5, 1973.



DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	7.13	8.89	0.270	0.350
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	2.92	5.08	0.115	0.200
D	0.41	0.51	0.016	0.020
F	1.02	1.78	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.54	3.81	0.100	0.150
L	2.63 BSC		0.100 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.38	2.54	0.015	0.100
P	1.27	2.03	0.050	0.080

- STYLE G
1. ANODE
 2. CATHODE
 3. NC
 4. MAIN TERMINAL
 5. SUBSTRATE DO NOT CONNECT
 6. MAIN TERMINAL

CASE 730A-01

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage	V_R	6.0	Volts
Forward Current - Continuous	I_F	50	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Output Driver Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.33	mW/ $^\circ\text{C}$

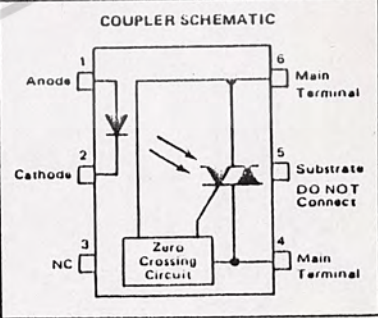
OUTPUT DRIVER MAXIMUM RATINGS

Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	400	Volts
On-State RMS Current (Full Cycle, 50 to 60 Hz) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 70^\circ\text{C}$	I_T (RMS)	100 50	mA mA
Peak Nonrepetitive Surge Current (PW - 10 ms)	I_{TSM}	1.2	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	300	mW
		4.0	mW/ $^\circ\text{C}$

TOTAL DEVICE MAXIMUM RATINGS

Isolation Surge Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 5 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	330 4.4	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range	T_A	-40 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 s)	-	260	$^\circ\text{C}$

(1) Isolation Surge Voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOC3040, MOC3041

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
LED CHARACTERISTICS					
Reverse Leakage Current ($V_R = 6.0\text{ V}$)	I_R	—	0.05	100	μA
Forward Voltage ($I_F = 30\text{ mA}$)	V_F	—	1.3	1.7	Volts

DETECTOR CHARACTERISTICS ($I_F = 0$ unless otherwise noted)

Peak Blocking Current, Either Direction (Rated V_{DRM} , Note 1)	I_{DRM1}	—	2.0	100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction ($I_{TM} = 100\text{ mA Peak}$)	V_{TM}	—	1.8	3.0	Volts
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage	dv/dt	—	100	—	$\text{V}/\mu\text{s}$

COUPLED CHARACTERISTICS

LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = 3.0 V, Note 2)	I_{FT}	—	—	30 15	mA
					MOC3040 MOC3041
Holding Current, Either Direction	I_H	—	200	—	μA

ZERO CROSSING CHARACTERISTICS

Inhibit Voltage ($I_F = \text{Rated } I_{FT}$, MT1-MT2 Voltage above which device will not trigger.)	V_{IH}	—	15	40	Volts
Leakage in Inhibited State ($I_F = \text{Rated } I_{FT}$, Rated V_{DRM} , Off State)	I_{DRM2}	—	100	300	μA

- Note 1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
 2. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT} . Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (30 mA for MOC3040, 15 mA for MOC3041) and absolute max I_F (50 mA).

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

FIGURE 1 – ON-STATE CHARACTERISTICS

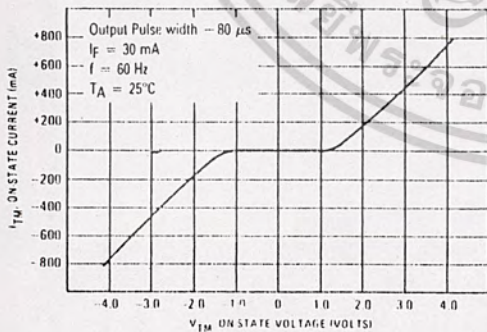
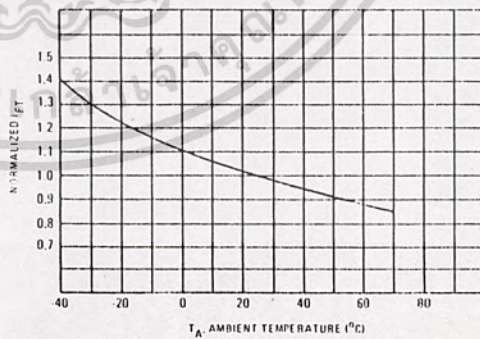
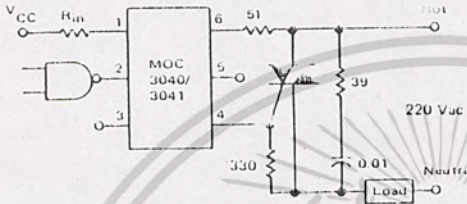


FIGURE 2 – TRIGGER CURRENT versus TEMPERATURE



MOC3040, MOC3041

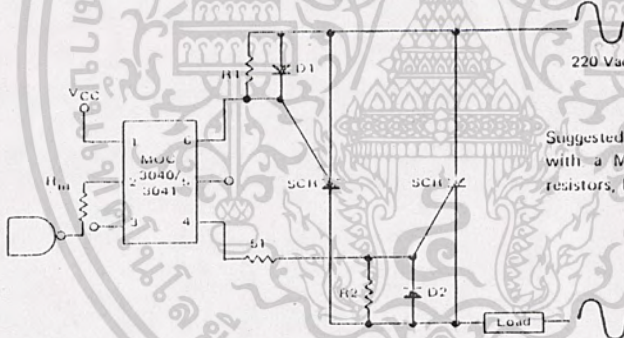
FIGURE 3 - HOT-LINE SWITCHING APPLICATION CIRCUIT



Typical circuit for use when hot line switching is required. In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or neutral side. The load may be connected to either the neutral or hot line.

R_{in} is calculated so that I_F is equal to the rated I_{FT} of the part, 15 mA for the MOC3041 or 30 mA for the MOC3040. The 39 ohm resistor and 0.01 μF capacitor are for snubbing of the triac and may or may not be necessary depending upon the particular triac and load used.

FIGURE 4 - INVERSE PARALLEL SCR DRIVER CIRCUIT



Suggested method of firing two, back-to-back SCR's, with a Motorola triac driver. Diodes can be 1N4001; resistors, R1 and R2, are optional 330 ohms.

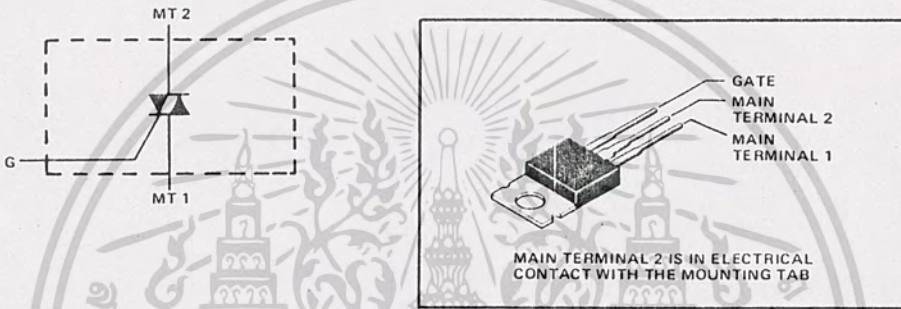
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SERIES TIC253, TIC263
SILICON TRIACS

REVISED OCTOBER 1984

- High-Current Triacs
- 100 V to 800 V
- 12 A and 16 A RMS
- 100 A and 125 A Peak Current
- Max I_{GT} of 50 mA (Quadrants 1-3)

device schematic



absolute maximum ratings at 25°C case temperature (unless otherwise noted)

	SUFFIX	SERIES	
		TIC253	TIC263
Repetitive peak off-state voltage, V _{DRM} (see Note 1)	A	100 V	100 V
	B	200 V	200 V
	C	300 V	300 V
	D	400 V	400 V
	E	500 V	500 V
	M	600 V	600 V
	S	700 V	700 V
Full-cycle RMS on-state current at (or below) 70°C case temperature I _{T(RMS)} (see Note 2)	N	800 V	800 V
		20 A	25 A
Peak on-state surge current, full-sine-wave, I _{TSM} (see Note 3)		150 A	175 A
Peak gate current, I _{GM}		± 1 A	
Operating case temperature range		-40°C to 110°C	
Storage temperature range		-40°C to 110°C	
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds		230°C	

- NOTES:
1. These values apply bidirectionally for any value of resistance between the gate and Main Terminal 1.
 2. This value applies for 50-Hz full-sine-wave operation with resistive load. Above 70°C derate linearly to 110°C case temperature at the rate of 500 mW/°C for Series TIC253 and 625 mW/°C for Series TIC263.
 3. This value applies for one 50-Hz full-sine-wave when the device is operating at (or below) rated values of peak reverse voltage and on-state current. Surge may be repeated after the device has returned to original thermal equilibrium.

4
TIC Devices

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

electrical characteristics at 25°C case temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SERIES TIC253			SERIES TIC263			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
I_{DRM} Repetitive Peak Off-State Current	$V_{DRM} = \text{Rated } V_{DRM}, I_G = 0, T_C = 100^\circ\text{C}$	± 2			± 2			mA
I_{GTM} Peak Gate Trigger Current	$V_{supply} = +12\text{V}^\dagger, R_L = 10\ \Omega, t_w(g) \geq 20\ \mu\text{s}$	7 50			7 50			mA
	$V_{supply} = +12\text{V}^\dagger, R_L = 10\ \Omega, t_w(g) \geq 20\ \mu\text{s}$	-15 -50			-15 -50			
	$V_{supply} = -12\text{V}^\dagger, R_L = 10\ \Omega, t_w(g) \geq 20\ \mu\text{s}$	-16 -50			-16 -50			
	$V_{supply} = -12\text{V}^\dagger, R_L = 10\ \Omega, t_w(g) \geq 20\ \mu\text{s}$	28			28			
V_{GTM} Peak Gate Trigger Voltage	$V_{supply} = +12\text{V}^\dagger, R_L = 10\ \Omega, t_w(g) \geq 20\ \mu\text{s}$	0.7 2			0.7 2			V
	$V_{supply} = +12\text{V}^\dagger, R_L = 10\ \Omega, t_w(g) \geq 20\ \mu\text{s}$	-0.7 -2			-0.7 -2			
	$V_{supply} = -12\text{V}^\dagger, R_L = 10\ \Omega, t_w(g) \geq 20\ \mu\text{s}$	-0.8 -2			-0.8 -2			
	$V_{supply} = -12\text{V}^\dagger, R_L = 10\ \Omega, t_w(g) \geq 20\ \mu\text{s}$	0.8 2			0.8 2			
V_{TM} Peak On-State Voltage	$I_{TM} = \pm 28.2\ \text{A}, I_G = 50\ \text{mA}, \text{See Note 4}$	± 1.4 ± 1.7						V
	$I_{TM} = \pm 35.2\ \text{A}, I_G = 50\ \text{mA}, \text{See Note 4}$				± 1.5 ± 1.7			
I_H Holding Current	$V_{supply} = +12\text{V}^\dagger, I_G = 0, \text{Initiating } I_{TM} = 100\ \text{mA}$	6 40			6 40			mA
	$V_{supply} = -12\text{V}^\dagger, I_G = 0, \text{Initiating } I_{TM} = -100\ \text{mA}$	-13 -40			-13 -40			
I_L Latching Current	$V_{supply} = +12\text{V}^\dagger, \text{See Note 5}$	20			20			mA
	$V_{supply} = -12\text{V}^\dagger, \text{See Note 5}$	-20			-20			
dv/dt Critical Rate of Rise of Off-State Voltage	$V_D = \text{Rated } V_D, I_G = 0, T_C = 110^\circ\text{C}$	450			450			V/ μs
$dv/dt(c)$ Critical Rise of Commutation Voltage	$V_R = \text{Rated } V_D, T_C = 60^\circ\text{C}, di/dt = 0$	1			1			V/ μs
di/dt Critical Rate of Rise of On-State Current	$V_D = \text{Rated } V_D, I_{GT} = 50\ \text{mA}, di_G/dt = 50\ \text{mA}/\mu\text{s}, T_C = 110^\circ\text{C}$	200			200			A/ μs

[†] All voltages are with respect to Main Terminal 1.

NOTES: 6. This parameter must be measured using pulse techniques, $t_w < 1\ \text{ms}$, duty cycle $< 2\%$. Voltage-sensing contacts, separate from the current-carrying contacts, are located within 3.2 mm (1/8 inch) from the device body.

7. The triacs are triggered by a 15-V (open-circuit amplitude) pulse supplied by a generator with the following characteristics: $R_G = 100\ \Omega, t_w = 20\ \mu\text{s}, t_r < 15\ \text{ns}, t_f < 15\ \text{ns}, f = 1\ \text{kHz}$.

thermal characteristics

PARAMETER	SERIES TIC253			SERIES TIC263			UNIT
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$R_{\theta JC}$	1.52			1.22			°C/W
$R_{\theta JA}$	36			36			

TEXAS INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SERIES TIC253, TIC263
SILICON TRIACS

TYPICAL CHARACTERISTICS
GATE TRIGGER CURRENT
vs
CASE TEMPERATURE

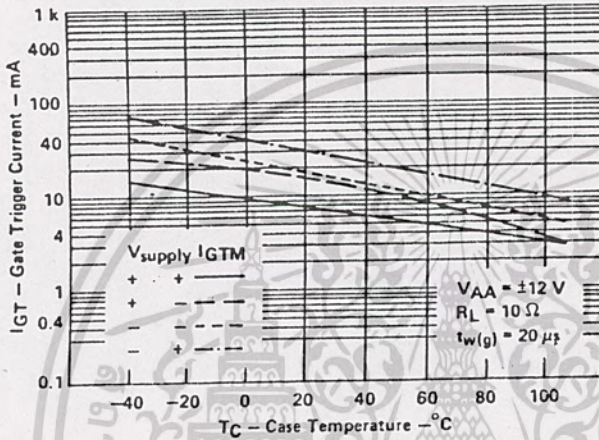


FIGURE 1

GATE TRIGGER VOLTAGE
vs
CASE TEMPERATURE

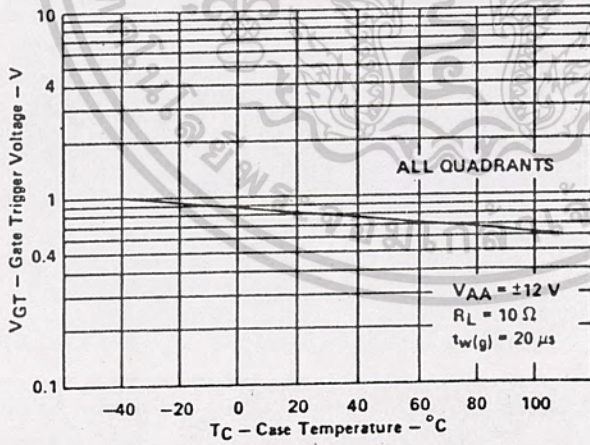


FIGURE 2

4
TIC Devices

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

4-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SERIES TIC253, TIC263
SILICON TRIACS

TYPICAL CHARACTERISTICS

HOLDING CURRENT
vs
CASE TEMPERATURE

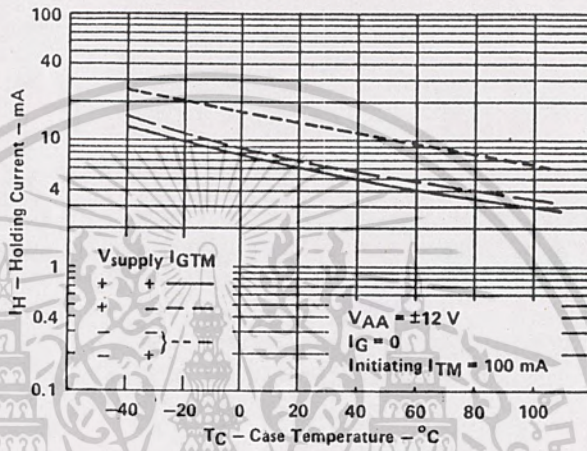


FIGURE 3

GATE FORWARD VOLTAGE
vs
GATE FORWARD CURRENT

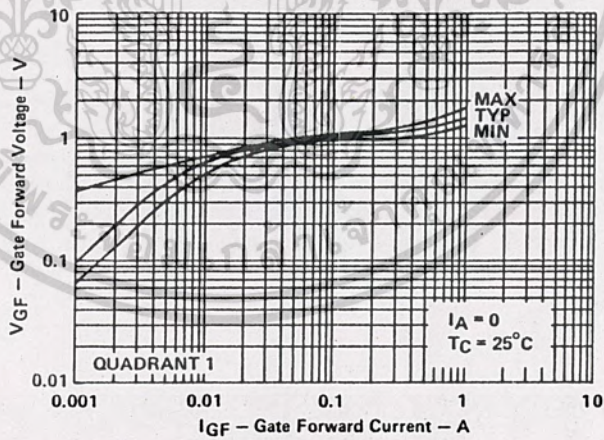


FIGURE 4

4
TIC Devices

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SERIES TIC253, TIC263
SILICON TRIACS

TYPICAL CHARACTERISTICS
LATCHING CURRENT
vs
CASE TEMPERATURE

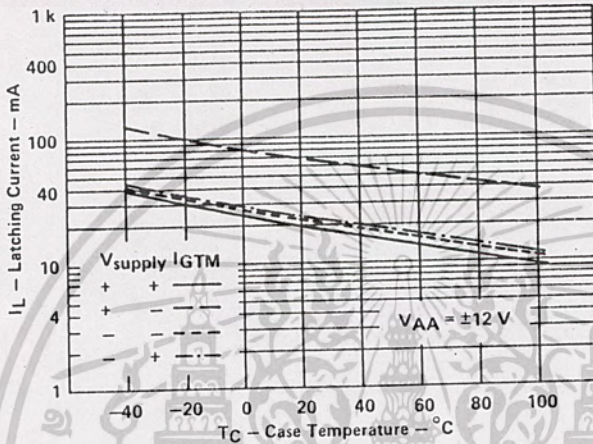


FIGURE 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Voltage Comparators/Buffers

LM139/LM239/LM339 quad comparator general description

The LM139 series consists of four independent voltage comparators which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground, even though operated from a single power supply voltage.

Application areas include limit comparators, simple analog to digital converters; pulse, squarewave and time delay generators; wide range VCO, MOS clock timers; multivibrators and high voltage digital logic gates. The LM139 series was designed to directly interface with TTL and CMOS. When operated from both plus and minus power supplies, the LM339 will directly interface with MOS logic — where the low power drain of the LM339 is a distinct advantage over standard comparators.

advantages

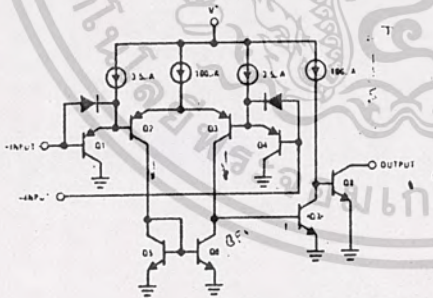
- Eliminates need for dual supplies

- Allows sensing near GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

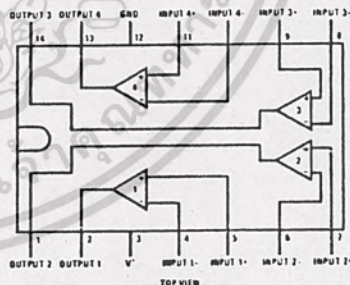
features

- Wide single supply Voltage range or dual supplies: $2 V_{DC}$ to $36 V_{DC}$ or $\pm 1 V_{DC}$ to $\pm 18 V_{DC}$
- Very low supply current drain (0.8 mA) — independent of supply voltage (1 mW/comparator at +5 V_{DC})
- Low input biasing current: 35 nA
- Low input offset current and offset voltage: 3 nA, 3 mV
- Input common mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Low output saturation voltage: 1 mV at 5 μ A, 70 mV at 1 mA
- Output voltage compatible with TTL (fanout of 2), DTL, ECL, MOS and CMOS logic systems

schematic and connection diagrams

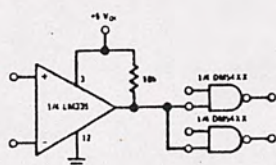


Dual-In-Line and Flat Package

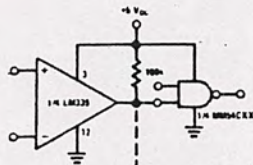


Order Number	Order Number	Order Number
LM139F	LM139D, LM239D,	LM339N
See Package 4	or LM339D	See Package 22
	See Package 1	

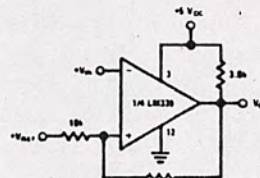
typical applications



Driving TTL



Driving CMOS



Comparator with Hysteresis

absolute maximum ratings

Supply Voltage, V^+	36 V _{DC} or ±18 V _{DC}	Input Current ($V_{IN} < -0.3 V_{DC}$) (Note 3)	50 mA
Differential Input Voltage	36 V _{DC}	Operating Temperature Range	
Input Voltage	-0.3 V _{DC} to +36 V _{DC}	LM239	0°C to +70°C
Power Dissipation (Note 1)		LM339	-25°C to +85°C
Molded DIP (LM339N)	570 mW	LM139	-55°C to +125°C
Cavity DIP (LM139D, LM239D & LM339D)	900 mW	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Flat Pack (LM139F)	800 mW	Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C
Output Short-Circuit to GND (Note 2)	Continuous		

electrical characteristics ($V^+ = +5.0 V_{DC}$, see Note 4)

PARAMETER	CONDITIONS	LM139			LM239, LM339			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 9)		±2	±5.0		±2	±5.0	mV _{DC}
Input Bias Current (Note 5)	$I_{IN(1)}$ or $I_{IN(2)}$ With Output in Linear Range, $T_A = +25^\circ\text{C}$		25	100		25	250	nA _{DC}
Input Offset Current	$I_{IN(1)} - I_{IN(2)}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$		±3	±25		±5	±50	nA _{DC}
Input Common-Mode Voltage Range (Note 6)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V _{DC}
Supply Current	$R_L = \infty$ On All Comparators, $T_A = +25^\circ\text{C}$		0.8	2.0		0.8	2.0	mA _{DC}
Voltage Gain	$R_L \geq 15 \text{ k}\Omega$, $T_A = +25^\circ\text{C}$		200			200		v/mV
Large Signal Response Time	$V_{IN} = \text{TTL Logic Swing}$, $V_{REF} = +1.4 V_{DC}$, $V_{OL} = 5.0 V_{DC}$ and $R_L = 5.1 \text{ k}\Omega$		300			300		ns
Response Time (Note 7)	$V_{IN} = 5.0 V_{DC}$ and $R_L = 5.1 \text{ k}\Omega$, $T_A = +25^\circ\text{C}$		13			13		µs
Output Sink Current	$V_{IN(1)} \geq +1.0 V_{DC}$, $V_{IN(2)} = 0$ and $V_O \leq +1.5 V_{DC}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$	6	16		6	16		mA _{DC}
Saturation Voltage	$V_{IN(1)} \geq +1.0 V_{DC}$, $V_{IN(2)} = 0$ and $I_{SINK} \leq 4.0 \text{ mA}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$		250	500		250	500	mV _{DC}
Output Leakage Current	$V_{IN(1)} \geq +1.0 V_{DC}$, $V_{IN(2)} = 0$ and $V_{OUT} = 5.0 V_{DC}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$		0.1			0.1		nA _{DC}
Input Offset Voltage	(Note 9)			±5.0			±9.0	mV _{DC}
Input Offset Current	$I_{IN(1)} - I_{IN(2)}$			±100			±150	nA _{DC}
Input Bias Current	$I_{IN(1)}$ or $I_{IN(2)}$ With Output in Linear Range			300			400	nA _{DC}
Input Common-Mode Voltage Range		0		$V^+ - 2.0$	0		$V^+ - 2.0$	V _{DC}
Saturation Voltage	$V_{IN(1)} \geq +1.0 V_{DC}$, $V_{IN(2)} = 0$ and $I_{SINK} \leq 4.0 \text{ mA}$			700			700	mV _{DC}
Output Leakage Current	$V_{IN(1)} \geq +1.0 V_{DC}$, $V_{IN(2)} = 0$ and $V_{OUT} = 30 V_{DC}$			1.0			1.0	µA _{DC}
Differential Input Voltage (Note 8)	Keep $A \cdot V_{IN} \geq 0 V_{DC}$ for V^+ if used			36			36	V _{DC}

Note 1: For operating at high temperatures, the LM339 must be derated based on +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of +175°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM239 and LM139 must be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The low bias dissipation and the ON-OFF characteristic of the outputs keeps the chip dissipation very small ($P_d \leq 100 \text{ mW}$), provided the output transistors are allowed to saturate.

Note 2: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 20 mA independent of the magnitude of V^+ .

Note 3: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the comparators to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3 V_{DC}$.

Note 4: These specifications apply for $V^+ = +5.0 V_{DC}$ and $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$, unless otherwise stated. With the LM239, all temperature specifications are limited to $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ and the LM339 temperature specifications are limited to $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$.

Note 5: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the reference or input lines.

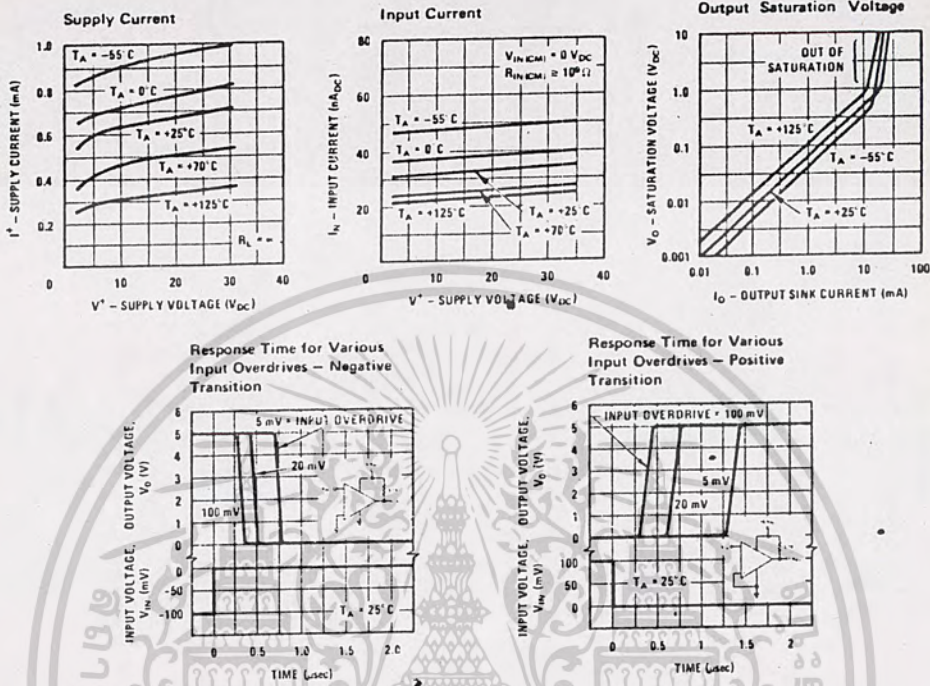
Note 6: The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$, but either or both inputs can go to $+30 V_{DC}$ without damage.

Note 7: The response time specified is for a 100 mV input step with 5.0 mV overdrive. For larger overdrive signals 300 ns can be obtained, see typical performance characteristics section.

Note 8: The positive excursions of the input can exceed the power supply voltage level, and if the other input voltage remains within the common mode voltage range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than $-0.3 V_{DC}$ (or $0.3 V_{DC}$ below the magnitude of the negative power supply voltage, if used).

Note 9: At output switch point, $V_O = 1.4 V_{DC}$, $R_S = 0\Omega$ with V^+ from $5 V_{DC}$ to $30 V_{DC}$; and over the full input common mode range ($0 V_{DC}$ to $V^+ \pm 1.5 V_{DC}$).

typical performance characteristics



application hints

The LM139 is a high gain, wide bandwidth device; which, like most comparators, can easily oscillate if the output lead is inadvertently allowed to capacitively couple to the inputs via stray capacitance. This shows up only during the output voltage transition intervals as the comparator changes states. Power supply bypassing is not required to solve this problem. Standard PC board layout is helpful as it reduces stray input-output coupling. Reducing the input resistors to <math><10\text{ k}\Omega</math> reduces the feedback signal levels and finally, adding even a small amount (1 to 10 mV) of positive feedback (hysteresis) causes such a rapid transition that oscillations due to stray feedback are not possible. Simply socketing the I/C and attaching resistors to the pins will cause input-output oscillations during the small transition intervals unless hysteresis is used. If the input signal is a pulse waveform, with relatively fast rise and fall times, hysteresis is not required.

All pins of any unused comparators should be grounded.

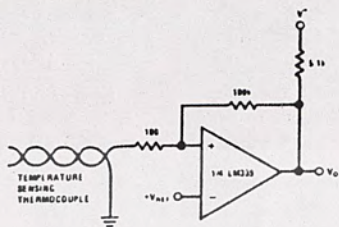
The bias network of the LM139 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from $2V_{DC}$ to $30V_{DC}$.

It is usually unnecessary to use a bypass capacitor across the power supply line.

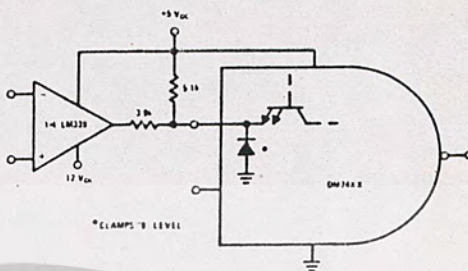
The differential input voltage may be larger than V^+ without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than $-0.3V_{DC}$ (at 25°C). An input clamp diode and input resistor can be used as shown in the applications section.

The output of the LM139 is the uncommitted collector of a grounded-emitter NPN output transistor. Many collectors can be tied together to provide an output OR'ing function. An output "pull-up" resistor can be connected to any available power supply voltage within the permitted supply voltage range and there is no restriction on this voltage due to the magnitude of the voltage which is applied to the V^+ terminal of the LM139 package. The output can also be used as a simple SPST switch to ground (when a "pull-up" resistor is not used). The amount of current which the output device can sink is limited by the drive available (which is independent of V^+) and the β of this device. When the maximum current limit is reached (approximately 16 mA), the output transistor will come out of saturation and the output voltage will rise very rapidly. The output saturation voltage is limited by the approximately 60Ω r_{sat} of the output transistor. The low offset voltage of the output transistor (1 mV) allows the output to clamp essentially to ground level for small load currents.

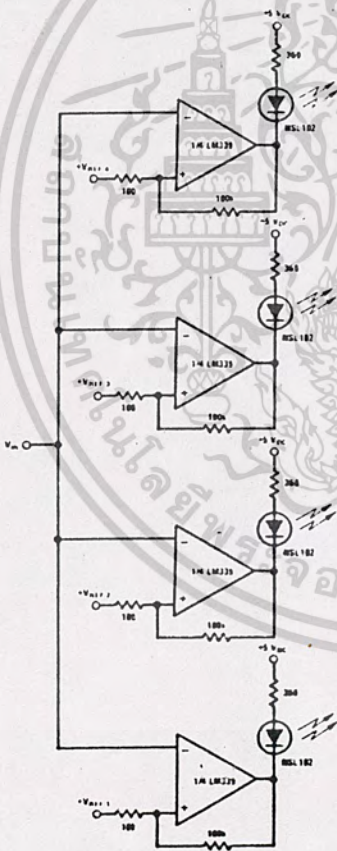
typical applications (con't)



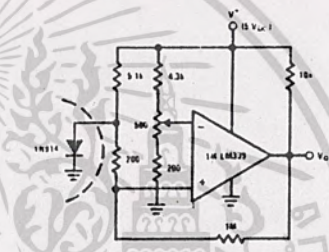
Ground Referenced Thermocouple in Single Supply System



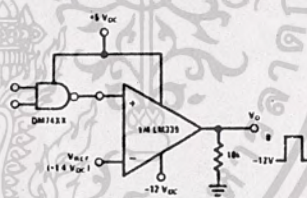
MOS to TTL Logic Translator



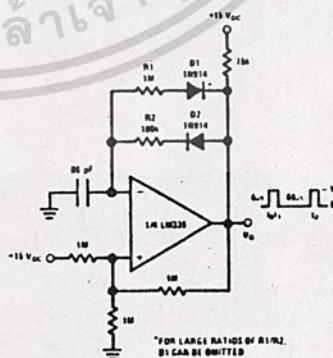
Visible Voltage Indicator



Remote Temperature Sensing



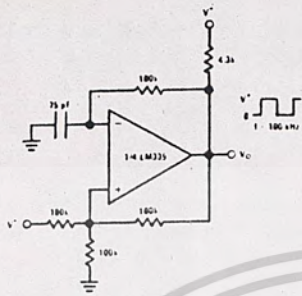
TTL to MOS Logic Converter



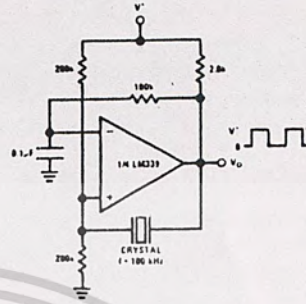
Pulse Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

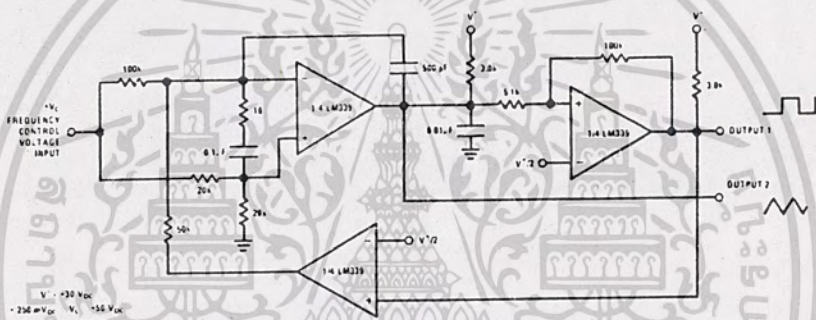
typical applications (con't)



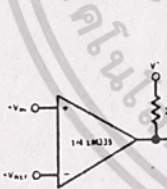
Squarewave Oscillator



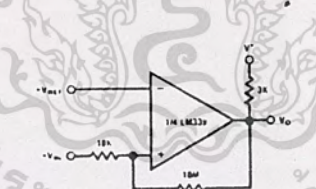
Crystal Controlled Oscillator



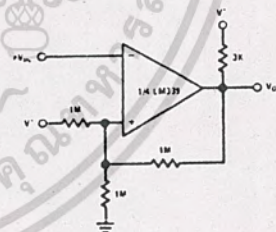
Two-Decade High-Frequency VCO



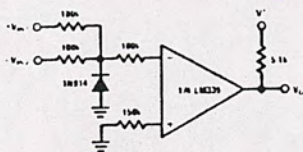
Basic Comparator



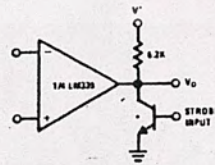
Non-Inverting Comparator with Hysteresis



Inverting Comparator with Hysteresis



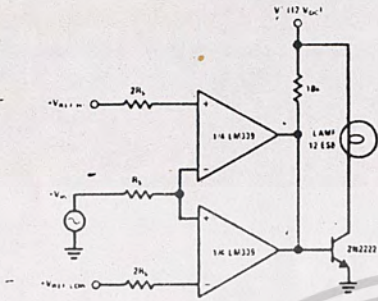
Comparing Input Voltages of Opposite Polarity



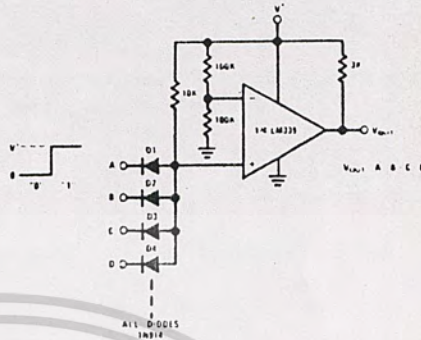
* OR LOGIC GATE WITHOUT PULL UP RESISTOR

Output Strobing

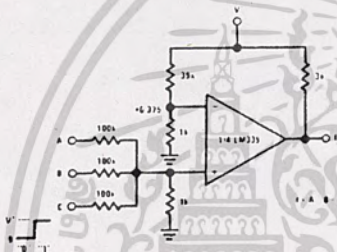
typical applications (con't) ($V^+ = 15 V_{OC}$)



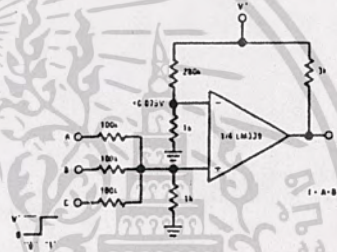
Limit Comparator



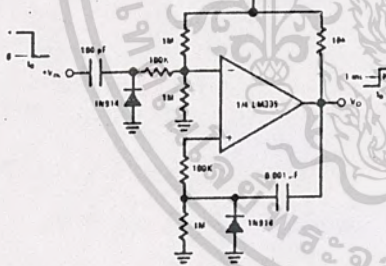
Large Fan-in AND Gate



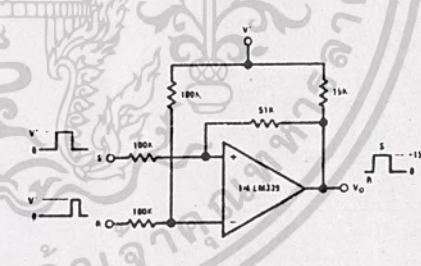
AND Gate



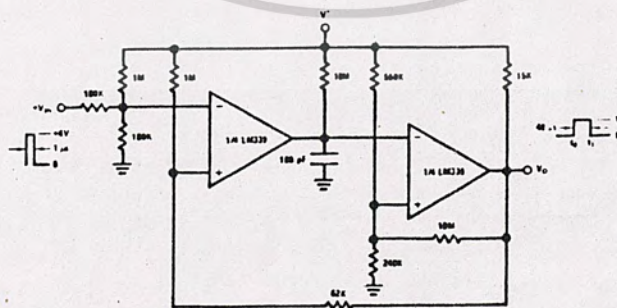
OR Gate



One-Shot Multivibrator



Bi-Stable Multivibrator

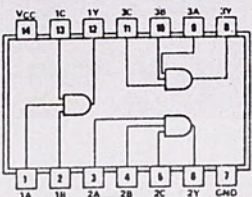
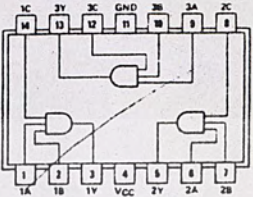
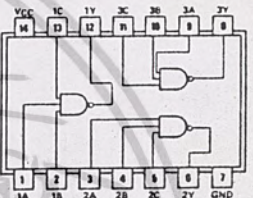
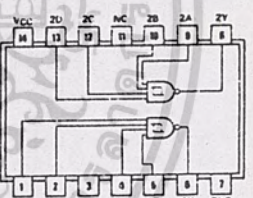
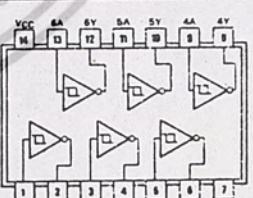


One-Shot Multivibrator with Input Lock Out

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54/74 FAMILIES OF COMPATIBLE TTL CIRCUITS

PIN ASSIGNMENTS (TOP VIEWS)

<p>TRIPLE 3-INPUT POSITIVE-AND GATES</p> <p>11</p> <p>positive logic: $Y = ABC$</p> <p>See page 6-10</p>	 <p>SN54H11 (J) SN74H11 (J, N) SN54LS11 (J, W) SN74LS11 (J, N) SN54S11 (J, W) SN74S11 (J, N)</p>	 <p>SN54H11 (W)</p>
<p>TRIPLE 3-INPUT POSITIVE-NAND GATES WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS</p> <p>12</p> <p>positive logic: $Y = \overline{ABC}$</p> <p>See page 6-4</p>	 <p>SN5412 (J, W) SN7412 (J, N) SN54LS12 (J, W) SN74LS12 (J, N)</p>	
<p>DUAL 4-INPUT POSITIVE-NAND SCHMITT TRIGGERS</p> <p>13</p> <p>positive logic: $Y = \overline{ABCD}$</p> <p>See page 6-14</p>	 <p>SN5413 (J, W) SN7413 (J, N) SN54LS13 (J, W) SN74LS13 (J, N)</p> <p>NC—No internal connection</p>	
<p>HEX SCHMITT-TRIGGER INVERTERS</p> <p>14</p> <p>positive logic: $Y = \overline{A}$</p> <p>See page 6-14</p>	 <p>SN5414 (J, W) SN7414 (J, N) SN54LS14 (J, W) SN74LS14 (J, N)</p>	

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 9012 • DALLAS, TEXAS 75212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHMITT-TRIGGER POSITIVE-NAND GATES AND INVERTERS WITH TOTEM-POLE OUTPUTS

recommended operating conditions

	54 FAMILY 74 FAMILY	SERIES 54 SERIES 74						SERIES 54LS SERIES 74LS			SERIES 54S SERIES 74S			UNIT
		'13			'14, '132			'LS13, 'LS14, 'LS132			'S132			
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	54 Family	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	V
High-level output current, I _{OH}	74 Family	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	μA
		-800			-800			-400			-1000			
Low-level output current, I _{OL}	54 Family	16			16			4			20			mA
	74 Family	16			16			8			20			
Operating free-air temperature, T _A	54 Family	-55	125		-55	125		-55	125		-55	125		°C
	74 Family	0	70		0	70		0	70		0	70		

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

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS ¹	SERIES 54 SERIES 74						SERIES 54LS SERIES 74LS			SERIES 54S SERIES 74S			UNIT	
			'13			'14, '132			'LS13, 'LS14, 'LS132			'S132				
			MIN	TYP [†]	MAX	MIN	TYP [†]	MAX	MIN	TYP [†]	MAX	MIN	TYP [†]	MAX		
V _{T+} Positive-going threshold voltage	8	V _{CC} = 5 V	1.5	1.7	2	1.5	1.7	2	1.4	1.6	1.9	1.6	1.77	1.9	V	
V _{T-} Negative-going threshold voltage	9	V _{CC} = 5 V	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1	0.5	0.8	1	1.1	1.22	1.4	V	
Hysteresis (V _{T+} - V _{T-})	8, 9	V _{CC} = 5 V	0.4	0.8		0.4	0.8		0.4	0.8		0.2	0.55		V	
V _{IK} Input clamp voltage	3	V _{CC} = MIN, I _I = §	-1.5			-1.5			-1.5			-1.2			V	
V _{OH} High-level output voltage	9	V _{CC} = MIN, I _{OH} = MAX, V _I = V _{T-} min	54 Family	2.4	3.4	2.4	3.4	2.5	3.4	2.5	3.4	2.5	3.4		V	
			74 Family	2.4	3.4	2.4	3.4	2.7	3.4	2.7	3.4					
V _{OL} Low-level output voltage	8	V _{CC} = MIN, I _{OL} = MAX, V _I = V _{T+} max	54 Family	0.2	0.4	0.2	0.4	0.25	0.4	0.25	0.4	0.25	0.4	0.5	V	
		I _{OL} = 4 mA	74 Family	0.2	0.4	0.2	0.4	0.35	0.5	0.35	0.5	0.35	0.5			
			Series 74LS					0.25	0.4							
I _{T+} Input current at positive-going threshold	8	V _{CC} = 5 V, V _I = V _{T+}	-0.65			-0.43			-0.14			-0.9			mA	
I _{T-} Input current at negative-going threshold	9	V _{CC} = 5 V, V _I = V _{T-}	-0.85			-0.56			-0.18			-1.1			mA	
I _I Input current at maximum input voltage	4	V _{CC} = MAX	V _I = 5.5 V	1			1			1			1	mA		
			V _I = 7 V													
I _{IH} High-level input current	4	V _{CC} = MAX	V _I = 2.4 V	40			40			0.1				μA		
			V _I = 2.7 V							20						
I _{IL} Low-level input current	5	V _{CC} = MAX	V _{IL} = 0.4 V	-1			-1.6			-0.8			-1.2			mA
			V _{IL} = 0.5 V							-0.4						
I _{OS} Short-circuit output current [¶]	6	V _{CC} = MAX		-18	-55	-18	-55	-20	-100	-20	-100	-40	-100	-100	mA	

¹ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

[†] All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

[§] I_I = -12 mA for SN54/SN74 and -18 mA for 'LS13, 'LS14, 'LS132, and 'S132.

[¶] Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54LS/SN74LS and 'S132, duration of output short-circuit should not exceed one second.

TEXAS INSTRUMENTS
 INCORPORATED
 POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75285

supply current[†]

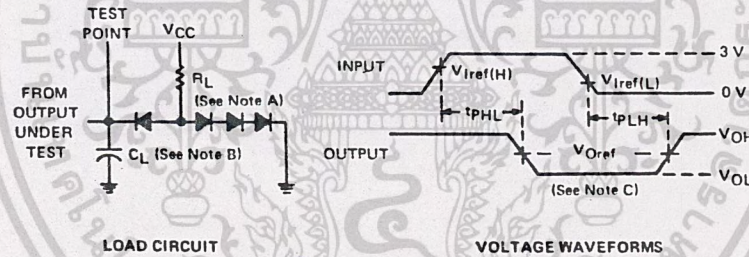
TYPE	I _{CCH} (mA) Total with outputs high		I _{CCL} (mA) Total with outputs low		I _{CC} (mA) Average per gate (50% duty cycle)
	TYP	MAX	TYP	MAX	TYP
'13	14	23	20	32	8.5
'14	22	36	39	60	5.1
'132	15	24	26	40	5.1
'LS13	2.9	6	4.1	7	1.75
'LS14	8.6	16	12	21	1.72
'LS132	5.9	11	8.2	14	1.76
'S132	28	44	44	68	9

[†] Maximum values of I_{CC} are over the recommended operating ranges of V_{CC} and T_A; typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

TYPE	TEST CONDITIONS	t _{PLH} (ns) Propagation delay time, low-to-high-level output			t _{PHL} (ns) Propagation delay time, high-to-low-level output		
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX
'13	C _L = 15 pF, R _L = 400 Ω	18			15		
'14, '132		15			15		
'LS13	C _L = 15 pF, R _L = 2 kΩ	15			18		
'LS14		15			15		
'LS132		15			15		
'S132	C _L = 15 pF, R _L = 280 Ω	7	10.5	8.5			

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

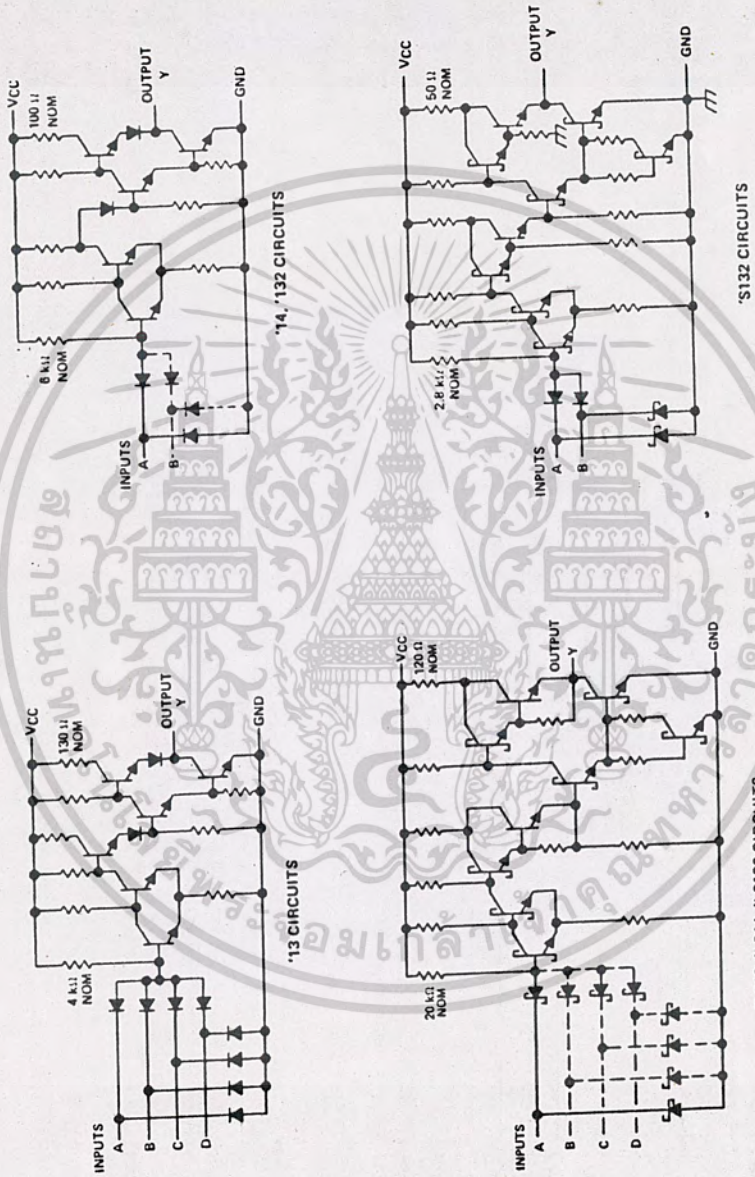


- NOTES: A. All diodes are 1N916 or 1N3064.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. Generator characteristics and reference voltages are:

	Generator Characteristics				Reference Voltages		
	Z _{out}	PRR	t _r	t _f	V _{I ref(H)}	V _{I ref(L)}	V _{O ref}
SN54/SN74 [†]	50 Ω	1 MHz	10 ns	10 ns	1.7 V	0.9 V	1.5 V
SN54LS/SN74LS [†]	50 Ω	1 MHz	15 ns	6 ns	1.6 V	0.8 V	1.3 V
'S132	50 Ω	1 MHz	2.5 ns	2.5 ns	1.8 V	1.2 V	1.5 V

SCHMITT-TRIGGER POSITIVE-NAND GATES AND INVERTERS WITH TOTEM-POLE OUTPUTS

schematics (each gate)



Resistor values shown are nominal.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHMITT-TRIGGER POSITIVE-NAND GATES AND INVERTERS WITH TOTEM-POLE OUTPUTS

TYPICAL CHARACTERISTICS OF '13, '14, AND '132 CIRCUITS†

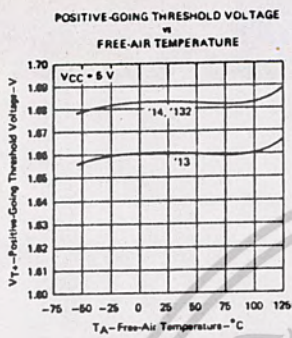


FIGURE 1

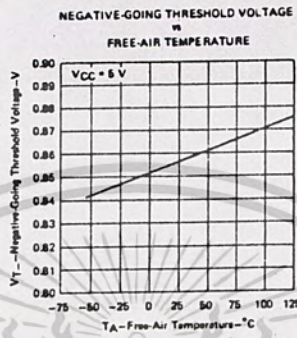


FIGURE 2

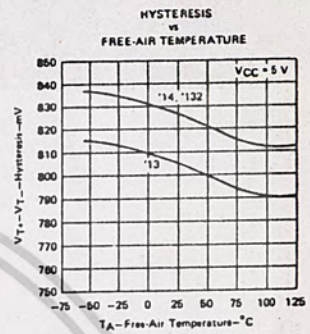


FIGURE 3

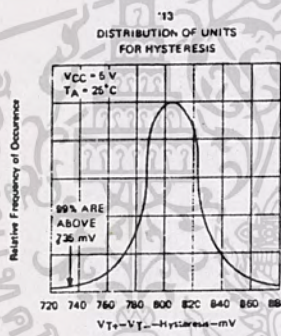


FIGURE 4

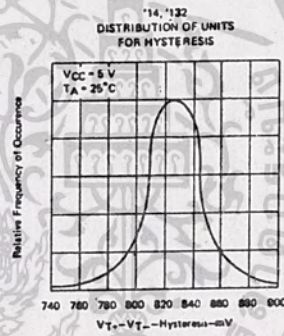


FIGURE 5

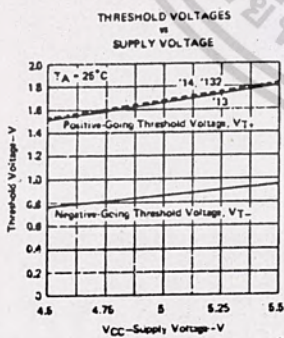


FIGURE 6

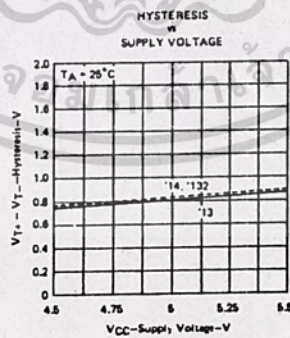


FIGURE 7

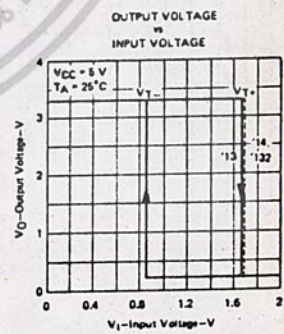


FIGURE 8

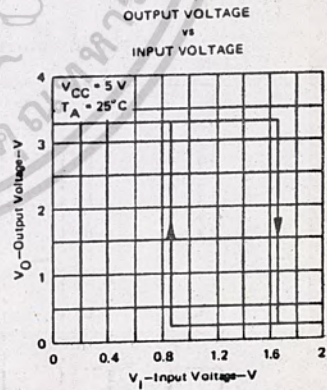
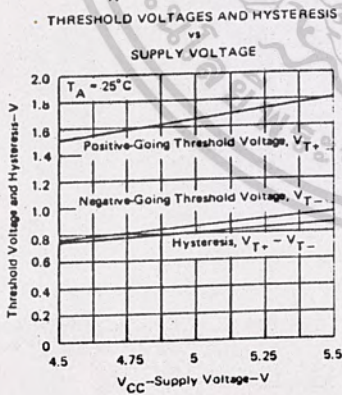
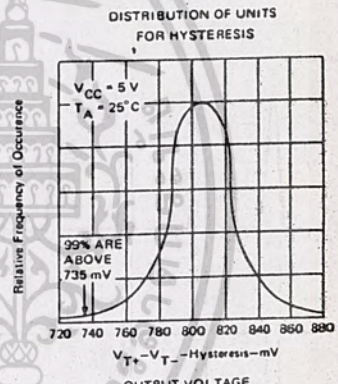
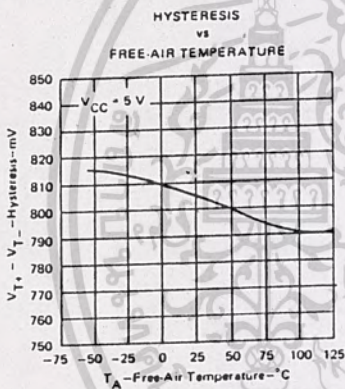
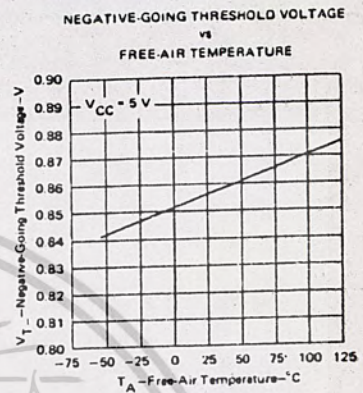
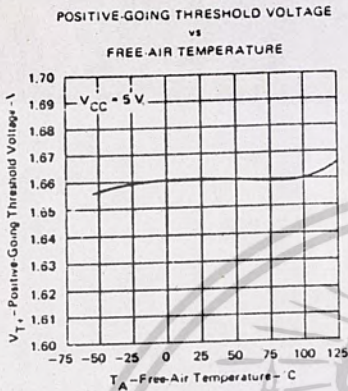
† Data for temperatures below 0°C and 70°C and supply voltages below 4.75V and above 5.25 V are applicable for SN5413, SN5414, and SN54132 only.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 9012 • DALLAS, TEXAS 75222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHMITT-TRIGGER POSITIVE-NAND GATES AND INVERTERS WITH TOTEM-POLE OUTPUTS

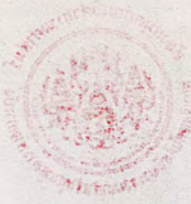
TYPICAL CHARACTERISTICS OF 'LS13, 'LS14, AND 'LS132 CIRCUITS†



†Data for temperatures below 0°C and above 70°C and supply voltages below 4.75 V and above 5.25 are applicable for SN54LS13, SN54LS14, and SN54LS132 only.

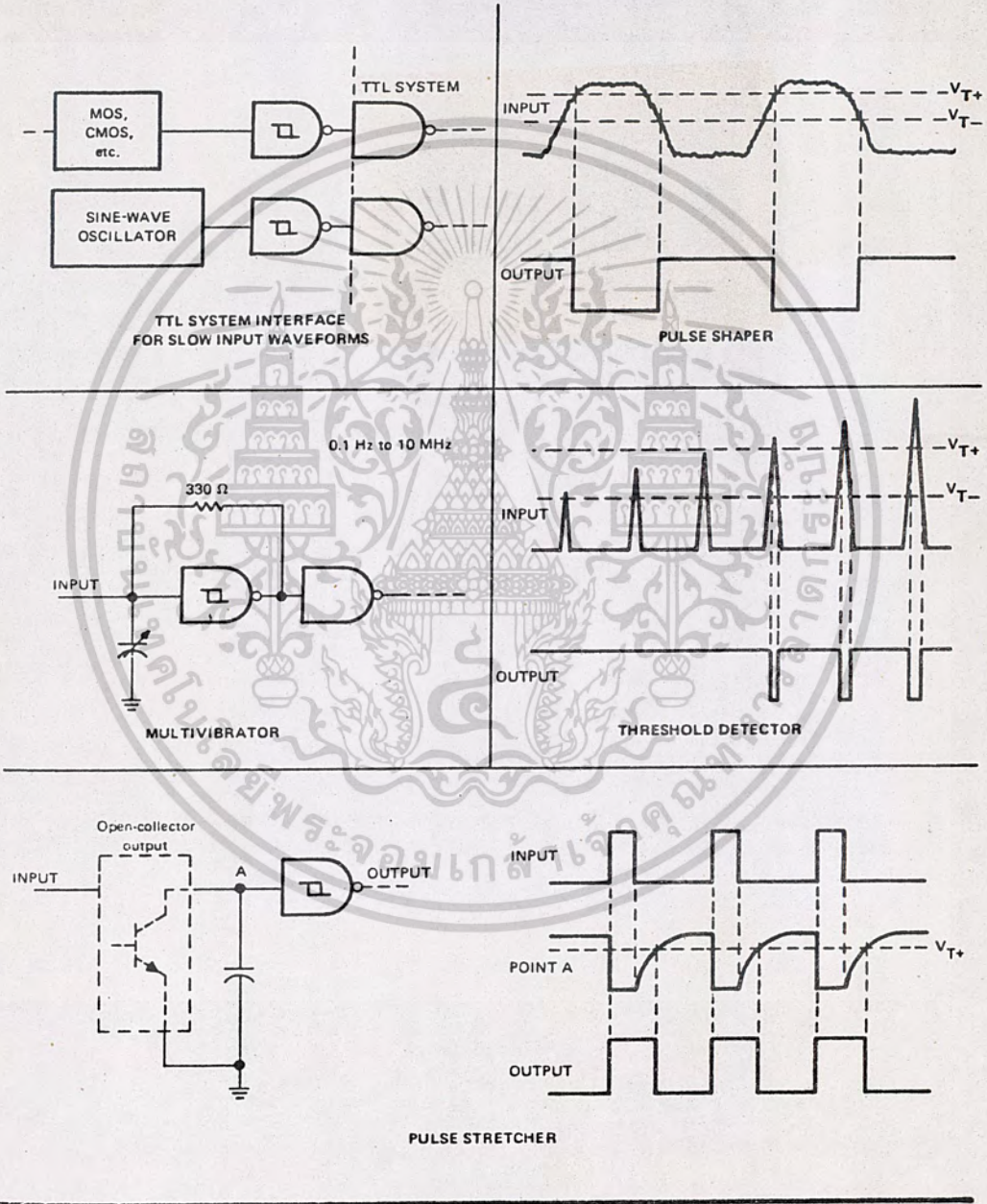
TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SCHMITT-TRIGGER POSITIVE-NAND GATES AND INVERTERS WITH TOTEM-POLE OUTPUTS

TYPICAL APPLICATION DATA



TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า.
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

198780