

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบการวัดสำหรับใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุม
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(Measuring system for parameter identification of
dc motor drive)



โดย
นาย กานต์ พฤตษากร
นาย เกรียงศักดิ์ เหล่าอาภาสูงศักดิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหน้.....
เลขทะเบียน..... 36868
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
โดยไม่ขออนุญาตล่วงหน้า หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และขอแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบการวัดสำหรับการหาค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
(Measuring system for parameter identification of dc motor drive)

ผู้จัดทำ

1. นายกานต์ พุกษากร
2. นายเกรียงศักดิ์ เหล่าอาภาสูงวงศ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. นนทวัฒน์ จุลเดชะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการวัดสำหรับใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

นาย กานต์ พุกษากร

นาย เกรียงศักดิ์ เหล่าอาภาสุวงศ์

ดร. นนทวัฒน์ จุลเดชะ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้อธิบายถึงการออกแบบ การทดลอง และการสร้าง ของระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก โดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronic Circuit) ทำหน้าที่จ่ายกำลังให้มอเตอร์ ซึ่งวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้คือวงจรเรียงกระแสแบบควบคุมได้ (Controlled Rectifier) โดยใช้ไทรสเตอร์ การควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังนี้ เราจะควบคุมโดยใช้คอมพิวเตอร์รุ่น 486 ซึ่งจะทำการส่งสัญญาณควบคุม และรับค่าต่างๆ ผ่านทางการ์ดอินเตอร์เฟสสำเร็จรูป ET-DIO CARD ซึ่งสามารถทำงานและตั้งงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรงได้ ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ควบคุมใช้เป็น โปรแกรมภาษาซี จากผลการทดลองเราได้ให้มอเตอร์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย 100 โวลต์ ทั้งขณะไม่มีโหลด และขณะมีโหลด ระบบดังกล่าวสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี

Abstract

This thesis describes the design , experiment , development of the speed control of a separately excited DC motor, using a power electronic circuit which controls the power of the motor. The power electronic circuit is the full-controlled rectifier which used a thyristor. In the control of the power electronic circuit , we used the computer (PC) 486 which it 'll send and receive any parameter by via Interface Card ,ET-DIO, commanded by Computer. The control program is written by C-language. In result of tests on built system show that the motor worked at average voltage 100 volts on loaded-unloaded condition. The circuit can bared and worked absolutely.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

สารบัญรูป	II
สารบัญตาราง	III
สัญลักษณ์	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.1 บทนำ	4
2.2 โครงสร้างและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วที่สถานะคงตัว (Steady state speed torque relation)	5
2.4 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor Speed Control)	7
บทที่ 3 วิธีการ Identification	9
3.1 บทนำ	9
3.2 การหาค่าพารามิเตอร์โดยวิธีการ recursive algorithm (Recursive algorithm for parametric identification)	9
3.2.1 วิธี Recursive Least Squares Algorithm	10
3.2.2 วิธี Gradient Algorithm	11
3.3 บทสรุป	13
บทที่ 4 การคำนวณและการสร้าง	14
4.1 บทนำ	14
4.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง	14
4.3 วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น	16
4.3.1 วงจรหม้อแปลงพัลส์	16
4.3.2 การออกแบบการสร้างหม้อแปลงพัลส์	17
4.4 วงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์	18
4.5 วงจรวัดกระแส	20
4.5.1 การคำนวณจำนวนรอบการพันของหม้อแปลงกระแส	20
4.5.2 การหาค่า R_s เพื่อแปลงกระแสเป็นแรงดัน	20
4.6 วงจรวัดแรงดัน	21
4.7 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบมอเตอร์	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 วงจรอาร์คินเตอร์เฟสที่ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ต ISA	23
4.8.1 ลักษณะทั่วไปของ ET-DIO	23
4.8.1.1 ไอซี 8255	23
4.8.1.2 ไอซี 8253	26
4.8.1.3 ไอซี ADC	28
4.8.2 การสร้างวงจรมานาฬิกาโดยใช้ LM555	29
4.9 รายละเอียดเกี่ยวกับสล๊อต ISA	30
4.9.1 การจัดการแอดแตรสสำหรับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตใน IBM/PC	30
4.9.2 การใช้งานแอดแตรสสำหรับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตใน IBM/PC	32
4.10 การเขียนโปรแกรมการอินเทอร์รัพต์	33
4.11 บทสรุป	35
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	36
5.1 บทนำ	36
5.2 รายละเอียดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและและเบนเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งใช้ในการทำวิทยานิพนธ์	36
5.3 การทดลองการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรสร้างสนามแม่เหล็ก	36
5.4 การทดลองและผลการทดลองของวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง	39
5.5 การทดลองและผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น	43
5.6 การทดลองและผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์	44
5.7 การทดลองและผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา	45
5.8 การทดลองและผลการทดลองของวงจรวัดแรงดัน	46
5.9 การทดลองและผลการทดลองระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	49
5.10 การทดลองและผลการทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยภาษาซี	51
**แหล่งจ่ายกำลังกระแสตรงสภาพชั่วคราวแรงดันทางออกค่าบวกและลบ **	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุป	56
6.1 บทนำ	56
6.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	56
6.2.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขทางด้านฮาร์ดแวร์	56
6.2.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขทางด้านซอฟต์แวร์	57
6.3 แนวทางการพัฒนา	57
6.4 บทสรุป	57

กิตติกรรมประกาศ	58
-----------------	----

เอกสารอ้างอิง	59
---------------	----

ภาคผนวก

- ก. รายละเอียดรูปวงจรทั้งหมด
- ข. โฟลชาตท์
- ค. โปรแกรมภาษาซี
- ง. ใบแสดงรายละเอียดไอซีเบอร์ต่างๆที่หายาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II

รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจาก 8253 เมื่อทำงานในโหมด 3 โดยให้ N = 10 (Binary) = 000A H	28
รูปที่ 4.16 แสดงวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ LM555	29
รูปที่ 4.17 แสดงขาสัญญาณต่างๆบนสล็อต	32
รูปที่ 5.1 แสดงวงจรป้อนกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดฟิลต์	37
รูปที่ 5.1.2 แสดงผลการทดลองการป้อนกระแสไฟเข้าฟิลต์แล้ววัดแรงดันคร่อมขดลวดฟิลต์	38
รูปที่ 5.2 แสดงวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังชนิด 1 เฟสชนิดควบคุมได้	39
รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณกระตุ้นที่จะป้อนให้ไทรสเตอร์ที่ มุม $\alpha = 4 \text{ ms}$	40
รูปที่ 5.4 แสดงผลการต่อโหลดชนิดความต้านทาน (R) โดยให้สัญญาณกระตุ้นที่ 4ms	41
รูปที่ 5.5 แสดงผลการต่อโหลดชนิดมอเตอร์โดยให้สัญญาณกระตุ้นที่ 4ms	42
รูปที่ 5.6 แสดงผลการวัดแรงดันเอาต์พุตของวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นที่ 4ms	43
รูปที่ 5.7 แสดงผลการวัดแรงดันเอาต์พุตของวงจรสร้างสัญญาณอินเวอร์ต์	44
รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณนาฬิกาที่ออกจากไอซี 555 ด้วยความถี่ 20 kHz	45
รูปที่ 5.9 แสดงแรงดันที่วัดคร่อมขั้วมอเตอร์ที่แรงดันเฉลี่ย 100 volt	46
รูปที่ 5.10 แสดงแรงดันที่ออกจากวงจรวัดแรงดัน	47
รูปที่ 5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตที่เข้ากับแรงดันเอาต์พุตที่ออกจากระ วัดแรงดัน	48
รูปที่ 5.12 แสดงผลการวัดแรงดันเอาต์พุตจากวงจรวัดกระแส	49
รูปที่ 5.13 แสดงผลการวัดแรงดันเอาต์พุตจากวงจรวัดความเร็วรอบ	50
รูปที่ 5.14 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มการทำงาน	51
รูปที่ 5.15 แสดงหน้าจอเมื่อสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงานเรียบร้อยแล้ว	52
รูปที่ 5.16 แสดงหน้าจอเมื่อกด ' C '	52
รูปที่ 5.17 แสดงหน้าจอเมื่อรันมอเตอร์ที่แรงดัน 100 Vdc , 1.76 A และ 1186.4 rpm	53
รูปที่ 5.18 แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์ ขณะทำการเปลี่ยนมุมกระตุ้นจาก 7ms ไปเป็น 5 ms	54
รูปที่ 5.19 แสดงวงจรแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง +15 V,-15 V	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

III

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงแอดเดรสพอร์ต I/O ของ IBM/PC

31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV

สัญลักษณ์

- A : พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก
 A_c : พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กของหม้อแปลงกระแส
 B : ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก
 B_{max} : ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนเหล็กจะไม่อิ่มตัว
 E : แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยย้อนกลับของมอเตอร์
 E_s : แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยย้อนกลับของมอเตอร์
 f : ความถี่
 I_a : กระแสไฟฟ้าไหลเข้าวงจรรออาร์เมเจอร์ของมอเตอร์
 I_f : กระแสไฟฟ้าไหลเข้าวงจรรสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์
 $I_{R(1)}$: กระแสไฟฟ้าสูงสุดทางด้านปฐมภูมิ
 $I_{R(2)}$: กระแสไฟฟ้าสูงสุดทางด้านทุติยภูมิ
 I_1 : กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดทางด้านปฐมภูมิ
 I_2 : กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดทางด้านทุติยภูมิ
 K_a : ค่าคงที่ของมอเตอร์
 L : อินดักแตนซ์
 N : ความเร็วของอาร์เมเจอร์
 N_1 : จำนวนรอบขดลวดทางด้านปฐมภูมิ
 N_2 : จำนวนรอบขดลวดทางด้านทุติยภูมิ
 N_s : จำนวนรอบขดลวดทางด้านทุติยภูมิ
 P : กำลังของมอเตอร์
 R : ความต้านทาน
 R_a : ความต้านทานภายในวงจรรออาร์เมเจอร์
 R_s : ความต้านทานที่ต่อคร่อมเอาต์พุตของหม้อแปลงกระแส
 T : แรงบิดที่มอเตอร์สร้าง
 V : แรงดันไฟฟ้า
 V_{avg} : แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย
 V_C : แรงดันไฟฟ้าป้อนกลับ
 V_f : แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจอร์สร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์
 V_m : แรงดันไฟฟ้าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- V_p : แรงดันไฟฟ้าสูงสุด
- $V_{p(1)}$: แรงดันไฟฟ้าสูงสุดทางด้านปฐมภูมิ
- $V_{p(2)}$: แรงดันไฟฟ้าสูงสุดทางด้านทุติยภูมิ
- V_T : แรงดันไฟฟ้าที่สร้างขึ้นโดยทาโคเจนเนอเรเตอร์
- V_s : แรงดันไฟฟ้าที่เราต้องการจะให้เกิดทางทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแส
- V_1 : แรงดันไฟฟ้าคร่อมขดลวดทางด้านปฐมภูมิ
- V_2 : แรงดันไฟฟ้าคร่อมขดลวดทางด้านทุติยภูมิ
- SCR : ไทริสเตอร์
- Φ : จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก
- α : ค่ามุมของสัญญาณกระตุ้น



บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้วิทยาการและเทคโนโลยีต่างๆ มีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วและได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ได้มีส่วนในการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าทางด้านต่างๆ มากมาย เช่น ด้านอุตสาหกรรม ฯลฯ การขับเคลื่อนทางไฟฟ้านั้นถือได้ว่าเป็นหลักสำคัญของอุตสาหกรรมเกือบทุกชนิด ซึ่งระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถแยกประเภทตามชนิดของมอเตอร์ซึ่งใช้เป็นต้นกำลังได้คือ ระบบซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นต้นกำลัง และระบบซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลัง

ในส่วนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ถูกผลิตขึ้นมามากมายหลายขนาด ข้อดีของการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ การควบคุมความเร็วหรือตำแหน่งกระทำได้ง่ายและมีความซับซ้อนน้อย มีความเที่ยงตรงและมีประสิทธิภาพสูง วงจรควบคุมมีราคาถูก การควบคุมทำได้โดยการควบคุมสัปดาห์คร่อมอาร์มเจอร์และกระแสฟีดส์ แต่มีข้อเสีย คือ ต้องมีอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นกระแสตรง ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงเนื่องจากมีคอมมิวเตเตอร์ อัตราส่วนกำลังงานต่อน้ำหนักเครื่องอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำและจะมีความเร็วจำกัดอยู่ค่าหนึ่ง

สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนั้นมีข้อดี คือ มีราคาถูกกว่าเมื่อคิดที่กำลังงานเท่ากัน อัตราส่วนของกำลังงานต่อน้ำหนักเครื่องประมาณ 2 เท่า ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาจะต่ำเนื่องจากไม่มีคอมมิวเตเตอร์ แต่มีข้อเสียคือ การควบคุมความเร็วรอบทำได้แคบ ความเที่ยงตรงและประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ

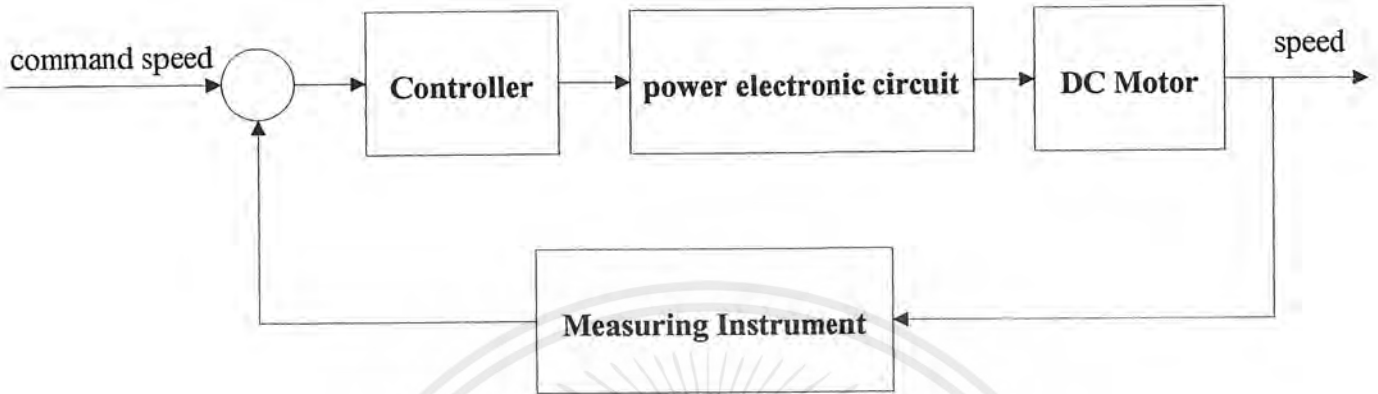
สำหรับการศึกษาในหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการทดลองกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 100 V, 10 A, 1 kW, 1200 rpm ซึ่งในหัวข้อการการคำนวณ โมเดลระบบและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้เทคนิค System Identification ทำให้ระบบควบคุมระบบนี้สามารถใช้ได้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ทุกชนิด และวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้คือวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังชนิด ๒ ไทริสเตอร์ (Silicon Controlled Rectifier) มาต่อเป็นวงจร Single-Phase Full wave rectifier 2 ชุดต่อกัน ทำหน้าที่จ่ายกำลังให้มอเตอร์ โดนสามารถควบคุมแรงดันเอาท์พุทของวงจรกำลังได้ด้วยวิธีการแบบควบคุมมุมเฟสทริก ทำให้สามารถควบคุมความเร็วรอบได้ ทั้งนี้เพราะความเร็วรอบของมอเตอร์ชนิดนี้จะแปรผันกับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วอาร์มเจอร์ ทำให้สามารถควบคุมมอเตอร์ทั้งเดินหน้าและถอยหลัง และด้วยเหตุนี้ทำให้สามารถออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบแบบ Closed-Loop ได้ ซึ่งระบบ Closed-loop มีข้อดีหลายประการคือ

- ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน
- การตอบสนองต่อการทำงานรวดเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

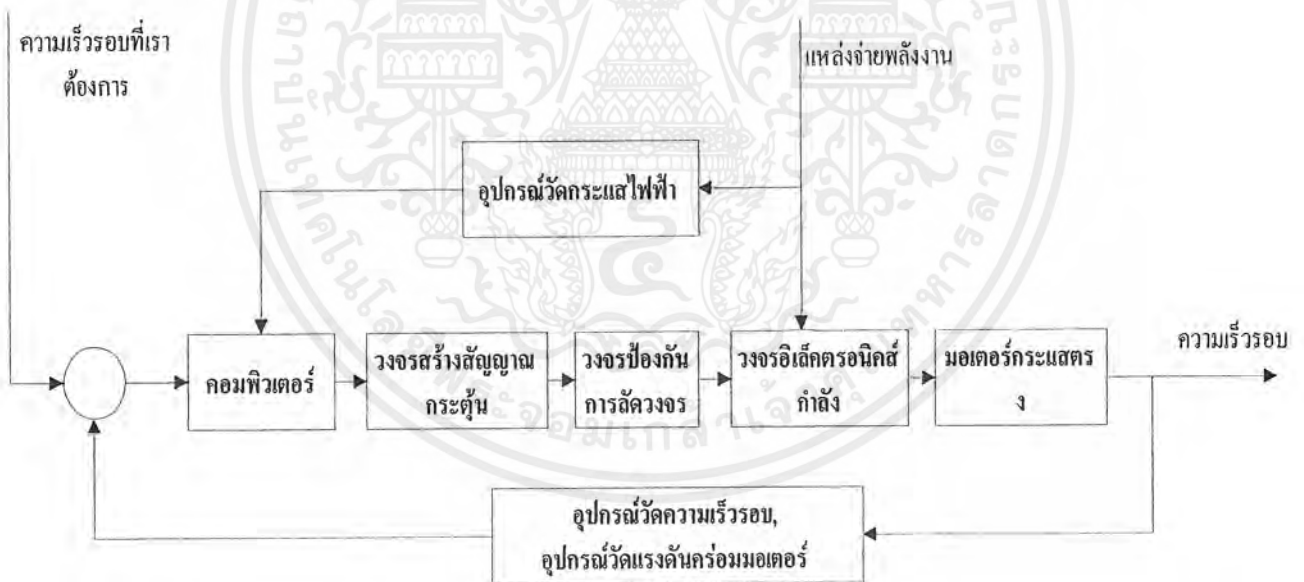
- ช่วยลดผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด

ระบบดังกล่าวสามารถแสดงได้โดยบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) อย่างง่ายๆ ได้ดังรูป 1.1



รูป 1.1 แสดง บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบปิดโดยทั่วไป

จากรูป 1.1 สามารถแสดงรายละเอียดได้เป็นดังนี้



รูป 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก

ระบบการทำงานของบล็อกไดอะแกรมมีการทำงานดังนี้คือ ความเร็วรอบที่ต้องการจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับความเร็วรอบจริง จากนั้นวงจรควบคุมจะทำการส่งสัญญาณควบคุมให้วงจรกระตุ้นสัญญาณ เพื่อทำการควบคุมแรงดันที่ไหลเข้าสู่วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จากนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังก็จะให้แรงดันไฟฟ้าตรงที่ทางออกจ่ายกำลังเพื่อขับมอเตอร์ต่อไป โดยในที่นี้อาจไม่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้องสร้างวงจรจำกัดกระแสขึ้นมาเพราะว่า ระบบควบคุมที่ใช้เป็นคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถรับรู้ค่ากระแสที่เข้ามาเตอร์และสามารถจำกัดกระแสได้โดยการเขียน โปรแกรมแทน

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็น 6 บท ซึ่งในแต่ละบทมีเนื้อหาสาระดังนี้
บทที่ 2 เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึงหลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยทั่วไปมีกี่ประเภท แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเน้นการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยกจากภายนอก (Separately Excited)

บทที่ 3 เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและการใช้เทคนิค Identification ซึ่งจะเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของระบบ โดยในขั้นแรกทำการสมมติโมเดลของระบบขึ้นมา จากนั้นใช้สัญญาณอินพุตเอาท์พุตมาทำการปรับ โมเดลของระบบให้เข้าใกล้โมเดลจริงมากที่สุด

บทที่ 4 เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึงการคำนวณและการสร้างซึ่งจะแบ่งเป็นหลักๆ ได้ 2 ส่วนคือ ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ ซึ่งฮาร์ดแวร์ แบ่งเป็น 4 ส่วนคือ

1. ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง
2. ส่วนวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น
3. ส่วนวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์
3. ส่วนวงจรวัด
4. ส่วนการติดต่อกับคอมพิวเตอร์

ส่วนซอฟต์แวร์จะเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับสล็อต ISA และการเขียน โปรแกรมอินเทอร์รัพต์ ซึ่งทำการเขียน โปรแกรมด้วยภาษาซี

บทที่ 5 เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง , ผลการทดลองของวงจรต่างๆ และการทดลองให้มอเตอร์ทำงานตามมุมกระตุ้นที่กำหนดและทดลองรับค่าแรงดัน กระแส และความเร็วรอบเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยแสดงผลการรับค่าด้วยโปรแกรมแสดงกราฟบนจอคอมพิวเตอร์

บทที่ 6 เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึงปัญหาและแนวทางการแก้ไข ที่เกิดขึ้นในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และตอนท้ายของบทจะกล่าวถึงบทสรุปทั้งหมด

บทที่ 2

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC MOTOR)

2.1 บทนำ

ในการออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์นั้น จำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติที่สำคัญ บางอย่างของมอเตอร์ เพื่อประกอบในการออกแบบระบบควบคุมต่อไป ดังนั้นในบทนี้จะอธิบายถึง คุณสมบัติต่างๆของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2 โครงสร้างและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

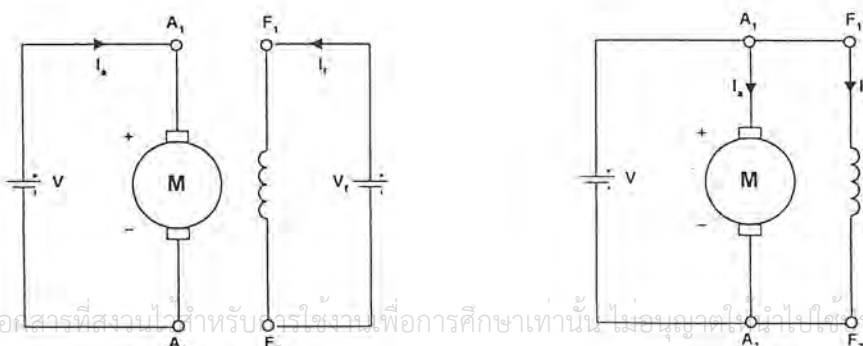
มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้คือ

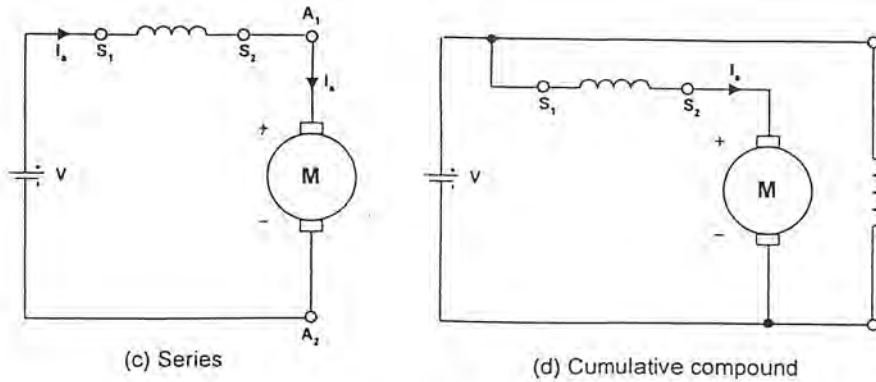
1. ขั้วสนามแม่เหล็ก (Field Poles)
2. แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core)
3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)
4. แปรงถ่าน (Brush)

มอเตอร์กระแสตรงถูกใช้อย่างกว้างขวางกับงานที่ต้องการ ความเร็วที่ปรับเปลี่ยนได้ (Adjustable Speed) , การรักษาระดับความเร็ว (Speed Regulation) และงานที่ต้องเริ่มต้น (Starting) หยุด (Braking) และกลับทิศทาง (Reversing) บ่อยครั้ง มอเตอร์กระแสตรงที่ถูกใช้โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. มอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยกจากภายนอก (Separately Excited)
2. มอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน (Shunt)
3. มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม (Series)
4. มอเตอร์กระแสตรงแบบผสม (Cumulative Compound)

ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูป





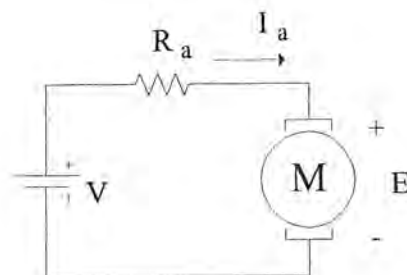
รูปที่ 2.1 แสดงชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในกรณีของมอเตอร์กระแสตรงแบบที่ถูกแยกกระตุ้นจากภายนอก แรงดันที่ขดสนาม (Field) และที่อาร์เมเจอร์ (Armature) สามารถควบคุมเป็นอิสระต่อกัน สำหรับมอเตอร์กระแสตรงแบบขนานขดสนามกับแกนอาร์เมเจอร์ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟร่วมกัน การที่จะควบคุมแยกกันทำได้โดยการใส่ความต้านทาน (R) ภายในวงจร แต่เป็นวิธีการควบคุมแบบที่ไม่มีประสิทธิภาพมากนัก

ในส่วนของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดสนามมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านอาร์เมเจอร์ ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กของขดสนาม (Field Flux) เป็นฟังก์ชันของกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ด้วย

สำหรับมอเตอร์กระแสตรงแบบผสม แรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็ก (Magnetomotive Force , mmf) ของขดสนามที่ต่อแบบอนุกรม นั้น เป็นฟังก์ชันของกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ด้วยและอยู่ในทิศทางเดียวกันกับแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กของขดสนามที่ต่อแบบขนานกับมอเตอร์

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วที่สถานะคงตัว (Steady state speed torque relation)



รูปที่ 2.2 แสดงวงจรสมมูลย์ที่สถานะคงตัวของอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_a คือความต้านทานของวงจรรอาร์เมเจอร์ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก
คือ ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding)
สมการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีดังนี้

$$E_g = K_a \Phi N \quad (2.1)$$

$$E_a = E_g + I_a R_a \quad (2.2)$$

$$T = K_a \Phi I_a \quad (2.3)$$

- ซึ่ง Φ คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux per pole), Webers
 I_a คือ กระแสอาร์เมเจอร์ (Armature current), A
 E_a คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมอาร์เมเจอร์ (Armature voltage), V
 R_a คือ ความต้านทานของอาร์เมเจอร์ (Resistance of the armature circuit), Ω
 N คือ ความเร็วของอาร์เมเจอร์ (Speed of armature), rpm
 T คือ แรงบิดที่มอเตอร์สร้าง (Torque developed by the motor), N-m
 K_a คือ ค่าคงที่ (Constant)

จากสมการ (2.1) ถึง (2.3) ได้

$$N = \frac{E_a}{K_a \Phi} - \frac{R_a}{K_a \Phi} I_a \quad (2.4)$$

$$= \frac{E_a}{K_a \Phi} - \frac{R_a}{(K_a \Phi)^2} T \quad (2.5)$$

ในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ขดสนาม (Field voltage) คงที่ สามารถสมมติให้เส้นแรงแม่เหล็ก (Flux) คงที่ ขณะที่แรงบิดเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะได้ว่า

$$K_a \Phi = K(const) \quad (2.6)$$

ดังนั้น จากสมการ (2.1), (2.3), (2.4) และ (2.6) ได้ว่า

$$T = K I_a \quad (2.7)$$

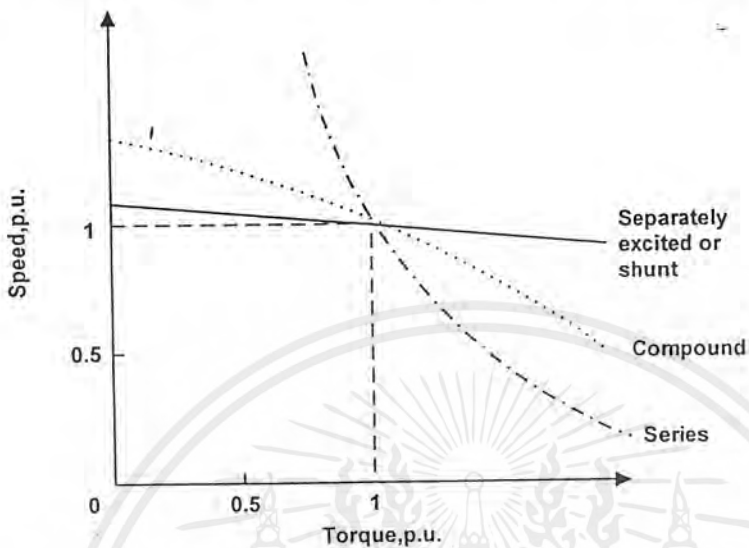
$$E = K \omega_m \quad (2.8)$$

$$N = \frac{E_a}{K} - \frac{R_a I_a}{K} \quad (2.9)$$

$$= \frac{E_a}{K} - \frac{R_a T}{K^2} \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจากสมการข้างต้นได้กราฟแสดงคุณลักษณะของแรงบิดและความเร็ว (Speed Torque Characteristic) ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยกเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.4 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor Speed Control)

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในสมการที่ (2.5) แสดงว่า สามารถควบคุมความเร็วได้ 3 วิธี

1. ควบคุมแรงดันไฟฟ้าของอาร์เมเจอร์ (Armature Voltage Control)
2. ควบคุมเส้นแรงแม่เหล็กที่ขดลวดสนาม (Field Flux Control)
3. ควบคุมความต้านทานที่อาร์เมเจอร์ (Armature Resistance Control)

เมื่อพิจารณาแล้วในการควบคุมความเร็ว (N) ไม่สามารถควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก (Φ) หรือเปลี่ยนแปลงความต้านทานที่อาร์เมเจอร์ได้ เนื่องจากเป็นคุณลักษณะของมอเตอร์ จึงเลือกใช้วิธีควบคุมแรงดันไฟฟ้าของอาร์เมเจอร์ ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

จากรูปที่ 2.2 ถ้าลดแรงดันไฟฟ้าคร่อมอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยกที่หมุนด้วยความเร็ว ω สถานะคงตัวลงเพียงเล็กน้อย ทำให้กระแสที่ไหลเข้าอาร์เมเจอร์และแรงบิดของมอเตอร์ลดลง นั่นคือ แรงบิดของมอเตอร์มีค่าน้อยกว่าแรงบิดของโหลด (Load Torque) ทำให้เกิดการหน่วงมอเตอร์ เป็นเหตุให้ความเร็วและแรงดันป้อนกลับ (Back emf) ลดลง สุดท้ายเข้าสู่สถานะที่ความเร็วต่ำกว่าเดิม แต่แรงบิดของมอเตอร์เท่ากับแรงบิดของโหลด

ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอาร์เมเจอร์ แสดงได้ด้วยวงจร ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งรายละเอียดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังนั้นจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อการคำนวณและการสร้างต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ (Parameters) ต่างๆ ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแต่ละตัวนั้น มีคุณลักษณะที่ไม่เหมือนกัน ทำให้เกิดผลในการควบคุมระบบที่ไม่เหมือนกัน ทำให้การนำระบบควบคุมต่างๆ ไปใช้งานจะถูกใช้อย่างจำกัด กล่าวคือ ระบบควบคุมหนึ่งตัวเหมาะสมกับมอเตอร์เพียงหนึ่งตัว ซึ่งในที่นี้ได้ทำการศึกษาการนำเทคนิค Identification มาทำการควบคุมระบบแทนซึ่งการใช้เทคนิคนี้สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการ Identification

3.1 บทนำ

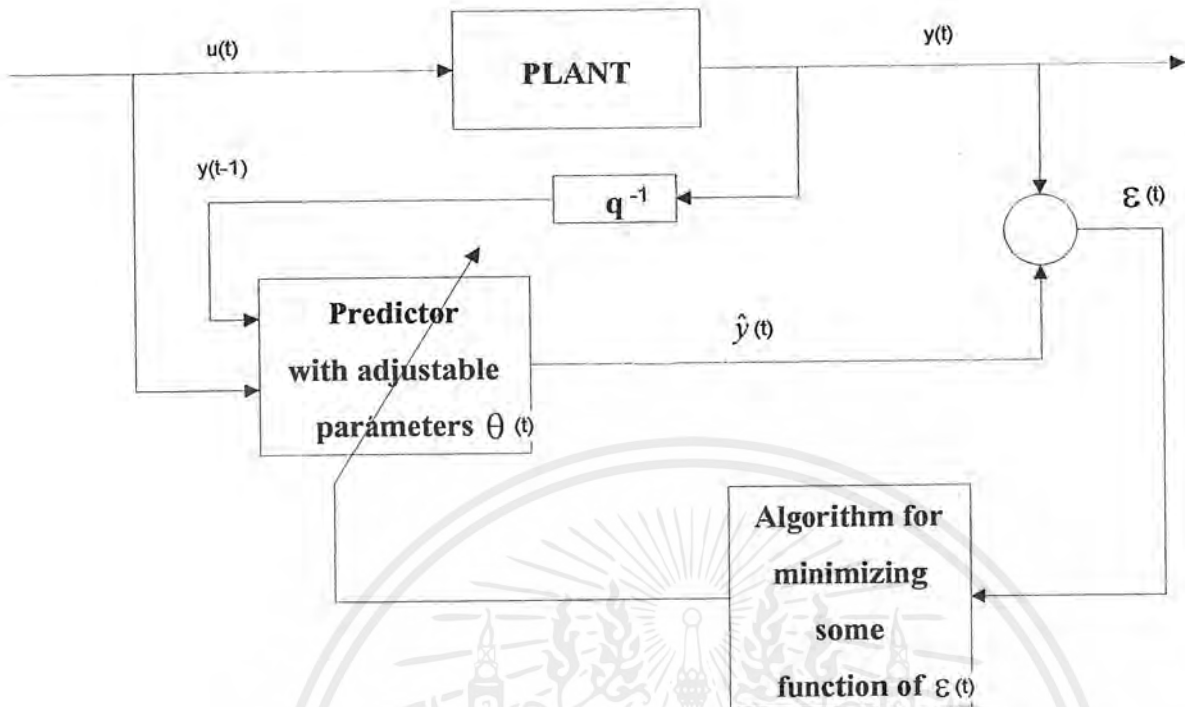
ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC Motor) โดยทั่วไปจำเป็นที่จะต้องทราบถึงค่าพารามิเตอร์ (Parameters) ต่างๆ ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นเสียก่อนหลังจากนั้นจึงทำการออกแบบและสร้างตัวควบคุมได้ การหาค่าพารามิเตอร์ของระบบทำได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น การใช้สมการพื้นฐานทางฟิสิกส์ในการสร้างรูปแบบจำลองของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและใช้เทคนิคทางการทดลองในห้องปฏิบัติการ เช่น step response เพื่อหาพารามิเตอร์ แต่วิธีการดังกล่าวยังมีข้อเสียอยู่คือ

- การทดลองในห้องปฏิบัติการมีความยุ่งยาก เช่น ต้องทำการล็อกโรเตอร์ของมอเตอร์
- พารามิเตอร์ที่วัดได้อยู่ภายในเงื่อนไขเฉพาะ ไม่สามารถที่จะนำไปใช้ได้อย่างแม่นยำตลอดย่านพิกัด
- ถ้าพารามิเตอร์ของระบบจริงมีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น ค่าความต้านทานภายในเนื่องจากร้อน แต่ค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบจำลองยังคงเดิมอาจทำให้เกิดค่าความผิดพลาดได้

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ที่สามารถเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้เมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องมากที่สุด ณ เวลาใดๆ ดังนั้นเราจึงใช้วิธีการ Identification มาทำการหาค่าพารามิเตอร์ของระบบนั้นๆ

3.2 การหาค่าพารามิเตอร์โดยวิธีการ recursive algorithm (Recursive algorithm for parametric identification)

พิจารณาแบบรูป 3.1



รูปที่ 3.1 แสดง Recursive system Identification

3.2.1 วิธี Recursive Least Squares Algorithm

ในที่นี้ได้ทำการศึกษาวิธี Least Square ซึ่งจะเหมาะสมและมีข้อดีกว่าวิธีอื่นคือการหา adaptation gain ของวิธีนี้จะหาทุกๆช่วง ทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงนั้นๆซึ่งถ้าให้วิธีอื่นๆ เช่น Gradient Algorithm ซึ่งวิธีนี้จะต้องกำหนดค่า F (gain) โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ สังเกตว่า Gain ไม่เป็นฟังก์ชันของเวลาซึ่งถ้าตั้งค่า F มากเกินไป อาจเกิดการแกว่งขึ้นรอบๆจุดที่เหมาะสมที่สุด ในทางตรงกันข้ามหากตั้งค่า F ใวน้อย เมื่อเริ่มทำการประมาณค่าหากค่าเริ่มต้นอยู่ห่างจากค่าที่เหมาะสมมาก จะทำให้ระบบเข้าสู่จุดที่เหมาะสมที่สุดช้า ดังนั้นจึงใช้วิธีการ least square เพื่อให้ได้ค่า adaptation gain ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าที่ได้

$$\min_{\hat{\theta}(t)} J(t) = \sum_{i=1}^t [y(i) - \hat{\theta}(i)^T \phi(i-1)]^2 \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการแปลงจาก least square ให้เป็น Recursive Least Square จะได้ adaptation algorithm เป็น

$$\hat{\theta}(t+1) = \hat{\theta}(t) + F(t+1)\phi(t)\varepsilon^\circ(t+1) \quad (3.2)$$

จะเห็นได้ว่า adaptation algorithm นี้จะมีลักษณะเหมือนกันกับ gradient algorithm ยกเว้นในส่วนของ gain matrix $F(t+1)$ เท่านั้น ซึ่งขณะนี้ค่า F ขึ้นกับเวลา (ซึ่งมันจะทำการปรับ gradient direction และ step length ได้โดยอัตโนมัติ) ดังนั้นสรุปสูตรของ Recursive Least Square (RLS) parameter adaptation algorithm(PAA) ได้ดังนี้

$$\hat{\theta}(t+1) = \hat{\theta}(t) + F(t)\phi(t)\varepsilon^\circ(t+1) \quad (3.3)$$

$$\varepsilon(t+1) = \frac{y(t+1) - \hat{\theta}(t)^T \phi(t)}{1 + \phi(t)^T F(t) \phi(t)} \quad (3.4)$$

$$\varepsilon^\circ(t+1) = y(t+1) - \hat{\theta}(t)^T \phi(t) \quad (3.5)$$

$$F(t+1) = F(t) - \frac{F(t)\phi(t)\phi(t)^T F(t)}{1 + \phi(t)^T F(t)\phi(t)} \quad (3.6)$$

จากหลักการดังกล่าวสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการนำไปใช้งานในการออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้โดยใช้วิธี RLS

3.2.2 วิธี Gradient Algorithm

พิจารณา discrete-time model ของ plant จะถูกเขียนเป็น

$$y(t+1) = -a_1 y(t) + b_1 u(t) = \theta^T \phi(t) \quad (3.7)$$

ที่ซึ่ง

$$\theta^T = [a_1, b_1] \quad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น parameter vector และ

$$\varphi(t)^T = [-y(t), u(t)] \quad (3.9)$$

เป็น measurement or observation vector

ในกรณีนี้ adjustable prediction model จะถูกอธิบายโดย

$$\hat{y}^o(t+1) = -\hat{a}_1(t)y(t) + \hat{b}_1(t)u(t) = \hat{\theta}(t)^T \varphi(t) \quad (3.10)$$

ที่ซึ่ง $\hat{y}^o(t+1)$ แสดงถึง a priori prediction ซึ่งขึ้นกับค่าของ parameter estimated ณ เวลา t และ

$$\hat{\theta}^T = [\hat{a}_1(t), \hat{b}_1(t)] \quad (3.11)$$

เป็น estimated parameter vector

a posteriori output ของการประมาณจะแสดงโดย

$$\hat{y}(t+1) = -\hat{a}_1(t+1)y(t) + \hat{b}_1(t+1)u(t) = \hat{\theta}(t+1)^T \varphi(t) \quad (3.12)$$

นิยาม a priori prediction error เป็น

$$\varepsilon^o(t+1) = y(t+1) - \hat{y}^o(t+1) \quad (3.13)$$

และ a posteriori prediction error เป็น

$$\varepsilon(t+1) = y(t+1) - \hat{y}(t+1) \quad (3.14)$$

recursive parameter adaptation algorithm ที่มีความจำจะถูกออกแบบ โดยโครงสร้างของ algorithm จะเป็นดังนี้

$$\hat{\theta}(t+1) = \hat{\theta}(t) + \Delta \hat{\theta}(t+1) = \hat{\theta}(t) + f[\hat{\theta}(t), \varphi(t), \varepsilon^o(t+1)] \quad (3.15)$$

correction term $f(\bullet)$ จะต้องทำให้สถานะข้างล่างนี้มีค่าน้อยลงในแต่ละขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\min_{\hat{\theta}(t)} J(t+1) = [\varepsilon^o(t+1)]^2 \quad (3.16)$$

ผลที่จะได้รับนี้จะได้โดยวิธีการ gradient technique เมื่อทำการแทนค่าสมการและทำการ normalization จะได้

$$\hat{\theta}(t+1) = \hat{\theta}(t) + \frac{F\phi(t)\varepsilon^o(t+1)}{1 + \phi(t)^T F\phi(t)} \quad (3.17)$$

3.3 บทสรุป

จากที่เราเห็นได้จากสมการกำหนดค่า F ของวิธี RLS (3.6) และค่า F ของวิธี Gradient นั้นจะต่างกันตรงที่ ค่า F ของวิธี RLS จะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา เพราะฉะนั้นจึงสามารถทำให้มีค่า F ที่เหมาะสมในแต่ละช่วง ทำให้ระบบสามารถเข้ามาสู่จุดสมดุลได้เร็ว



บทที่ 4

การคำนวณและการสร้าง

4.1 บทนำ

เนื้อหาของบทนี้จะอธิบายถึงโครงสร้างต่างๆที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ดังนี้ คือ

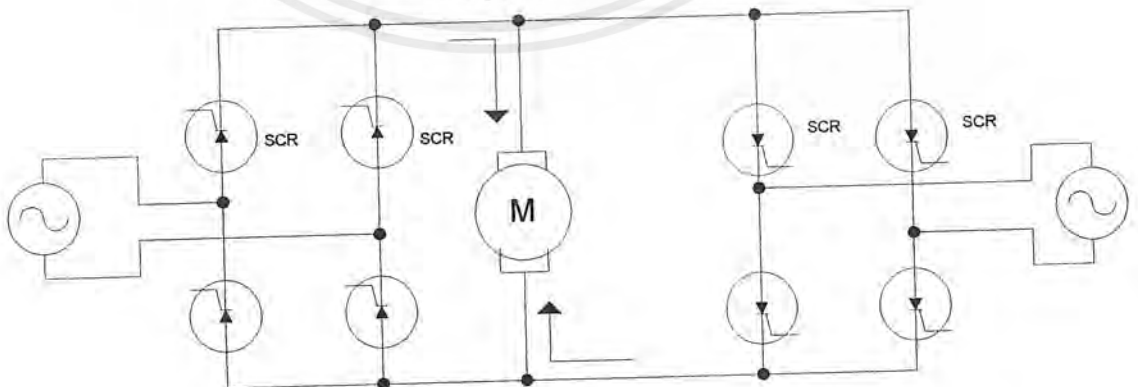
1. ส่วนฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย

- 1.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังและวงจรป้องกันการลัดวงจร
- 1.2 วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น
- 1.3 วงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์
- 1.4 วงจรวัดกระแส, แรงดัน, ความเร็วรอบ
- 1.5 วงจรอาร์คอินเตอร์เฟสที่ต่อเข้าคอมพิวเตอร์ทางพอร์ต ISA ,วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

2. ส่วนซอฟต์แวร์ เป็นรายละเอียดเกี่ยวกับสล็อต ISA และการเขียนโปรแกรมการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt) เพื่อการเข้าใจในการเขียนโปรแกรมติดต่อ โดยใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมควบคุม

4.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

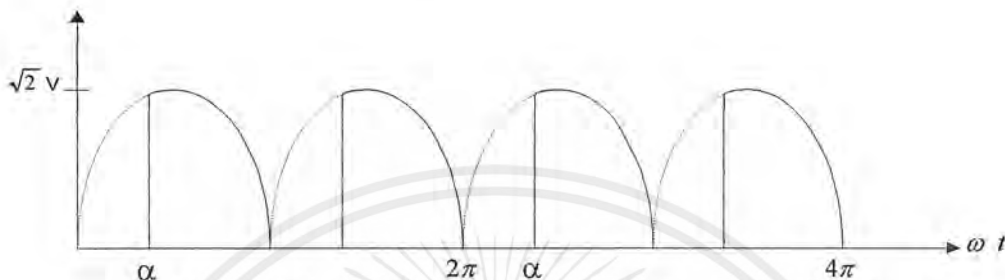
เป็นวงจร Single-Phase Full Wave rectifier ซึ่งใช้ไทรสเตอร์ทำให้สามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้โดยการปรับค่ามุมสัญญาณกระตุ้น (α)



รูปที่ 4.1 แสดงวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบ Controllable single-phase full wave rectifier

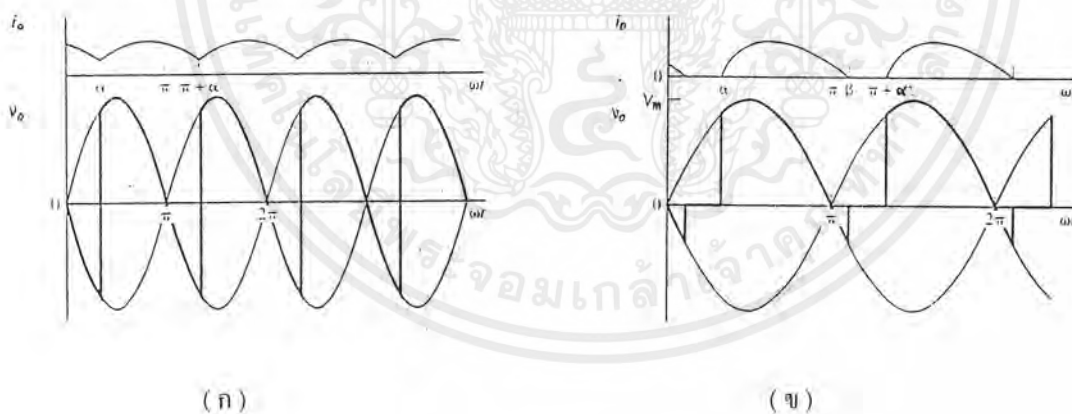
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังจะประกอบไปด้วยไทรสเตอร์ซึ่งจะทำงานเป็นคู่ๆ การทำงานของไทรสเตอร์ ตัวหนึ่งๆ จะแสดงได้ดังรูป 4.2 เส้นทึบแสดงการทำงานของไทรสเตอร์ ที่มุม α ใดๆ และเส้นประแสดงการทำงานของไทรสเตอร์ที่มุม $\alpha = 0$ องศา



รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณที่ทางออกโดยสมมติให้ L, V_c ในวงจรมีค่าเป็น 0

การทำงานของวงจรในรูป 4.1 แบ่งการทำงานได้เป็น 2 แบบคือ การทำงานซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าไหลออกอย่างต่อเนื่อง และการทำงานซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าไหลออกอย่างไม่ต่อเนื่อง การทำงานทั้ง 2 แบบได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.3 (ก) และ 4.3 (ข) ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 (ก) และ (ข) แสดงการทำงานของวงจрдังรูป 4.1 ซึ่งมีการทำงาน 2 โหมดทั้งกระแสต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องตามลำดับ

ข้อควรระวังสำหรับวงจรชนิดนี้คือ ถ้าวางจรทำงานเกิน 180 องศาขึ้นไป จะทำให้ไทรสเตอร์ ซึ่งยังคงทำงานอยู่ไม่หยุดทำงาน ทำให้เกิดการลัดวงจรได้ ในทางปฏิบัติมุมกระตุ้นจะถูกจำกัดไม่ให้เกิน 165 - 170 องศา ทั้งนี้เพราะต้องใช้เวลาสำหรับการหยุดทำงานของไทรสเตอร์ด้วย โดยการจำกัดมุมกระตุ้นสามารถทำได้ทางซอฟต์แวร์ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดจากการเขียนโปรแกรมได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างวงจรป้องกันการลัดวงจรขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต จำเป็นต้องสร้างวงจรรองกันการลัดวงจรขึ้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกกฎหมายเด็ดขาดเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

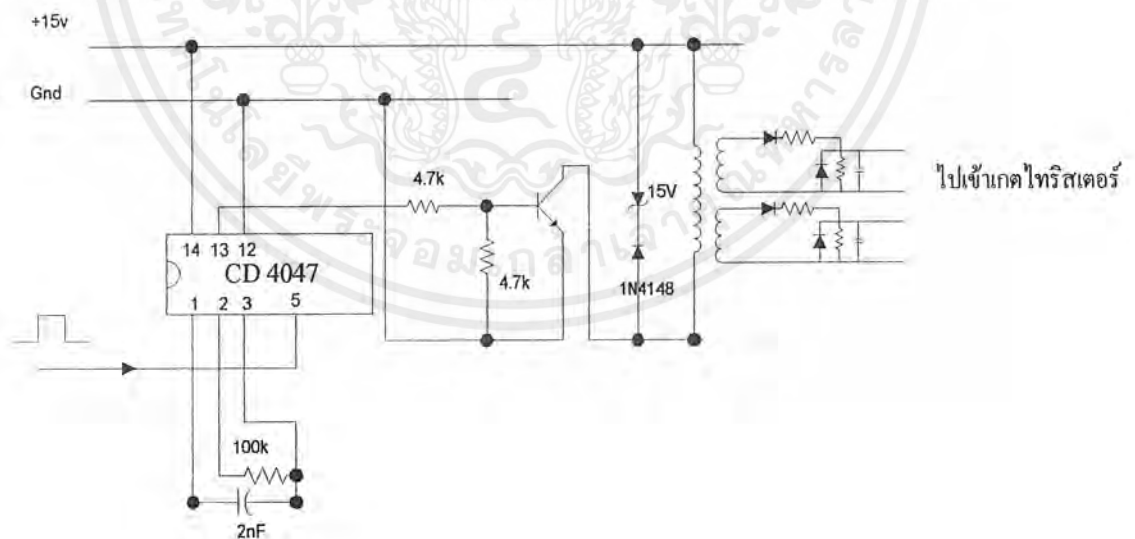
การทำงานของวงจรป้องกันการลัดวงจรจะใช้ตัวดีโคเดอร์ (Decoder) ทำการบังคับไม่ให้สัญญาณที่จะส่งไปยังวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นทำงานพร้อมกันทั้ง 4 ชุดซึ่งจากการทดลองวงจรดังกล่าวพบว่าวงจรดังกล่าวสามารถป้องกันการลัดวงจรได้เป็นอย่างดี

4.3 วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น

วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น ดังแสดงในรูป 4.4 มีหลักการทำงานคือ เมื่อต้องการสร้างสัญญาณกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งสามารถทำได้โดยการส่งสัญญาณพัลส์ (Pulse) เข้า ขาที่ 5 ของ ไอซี 4047 โดยไอซีเบอร์นี้เป็น Asable Multivariable ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟตรง ให้เป็นสัญญาณที่มีความถี่เพื่อที่จะสามารถผ่านหม้อแปลงพัลส์ (pulse Transformer) ได้

4.3.1 วงจรหม้อแปลงพัลส์

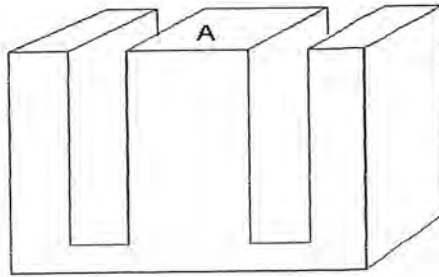
ถ้าส่วนสร้างสัญญาณกระตุ้นและวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังเชื่อมต่อกันโดยตรง จะเกิดปัญหาในการวัดระบบกราวด์ และปัญหาเนื่องจากวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นอาจจะเสียหายได้เมื่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังทำงานผิดพลาด ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงใช้วงจรในส่วนนี้ขยายสัญญาณกระตุ้น โดยส่งสัญญาณนี้ผ่านหม้อแปลงสัญญาณพัลส์ ทำหน้าที่แยกกราวด์ระหว่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังกับวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น แล้วสัญญาณที่ออกจากหม้อแปลงนี้จะไปกระตุ้นทรานซิสเตอร์ต่อไปดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นและวงจรหม้อแปลงพัลส์

จะเห็นว่าหม้อแปลงพัลส์ 1 ตัว สามารถให้แรงดันออกทางด้านทุติยภูมิถึง 2 วงจร เพื่อไปเข้าขาเกต (Gate) ของ ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นจึงต้องสร้างวงจรนี้ 4 ชุด เพื่อที่จะป้อนสัญญาณให้แก่ทรานซิสเตอร์ทั้ง 8 ตัว (4 คู่) เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การออกแบบการสร้างหม้อแปลงพัลส์ (Pulse transformer)



รูปที่ 4.5 แสดงรูปแกนเฟอร์ไรต์

สมมติขดลวด N_1 ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมานาน ดังนั้นความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กภายในแกนหม้อแปลงจะเป็น

$$B=0 \mid i_1=0, i_2=0, V_1=0, V_2=0 \tag{4.1}$$

เมื่อทรานซิสเตอร์ในวงจรทำงาน แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวด N_1 จะเป็น

$$\begin{aligned} V_1 &= N_1 \frac{d\phi}{dt} \\ &= N_1 A \frac{dB}{dt} \\ &= N_1 A \frac{\Delta B}{\Delta t} \end{aligned} \tag{4.2}$$

ค่า A สามารถวัดได้ดังรูป

$$\begin{aligned} \therefore B &= B_0 + V_1 (t_2 - t_1) / N_1 A \\ \therefore B &= V_1 \Delta t / N_1 A \end{aligned} \tag{4.3}$$

และสมการของจำนวนขดลวดทางปฐมภูมิ (Primary Winding) คือ

$$N_1 = V_1 \Delta t / BA \tag{4.4}$$

ข้อสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือ ค่า B ของสมการนี้จะต้องไม่เกินค่า B_{max} มิฉะนั้นจะทำให้แกนของหม้อแปลงอิ่มตัว ดังนั้นสมการการคำนวณจำนวนขดลวดทางปฐมภูมิคือ

$$N_1 \geq V_1 \Delta t / B_{max} A$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

$$N_1/N_2 = V_1/V_2 \quad (4.5)$$

**และจากการคำนวณ โดยทั่วไปแล้ว แกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite) จะมีค่า $B_{max} \cong 0.3-0.4 \text{ T}$ แต่เราใช้ 0.15 T เพื่อความปลอดภัยในทางปฏิบัติ **

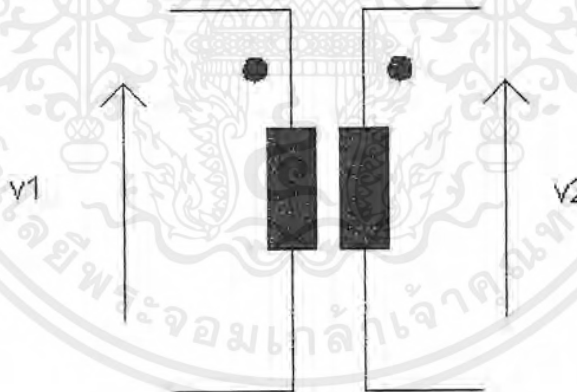
ดังนั้นสามารถคำนวณจำนวนรอบได้ เมื่อ $V_1=15, f= 50 \text{ Hz}, A=6.5*6.5*10^{-6}$

จากสูตรที่ 4.4

$$\begin{aligned} N_1 &= V_1 \Delta t / BA \\ &= V_1 / 2BAf \\ &= 15 / (0.15 * (6.5 * 6.5 * 10^{-6}) * 10^4) \\ &= 120 \text{ รอบ} \end{aligned}$$

และจากสูตรที่ 4.5

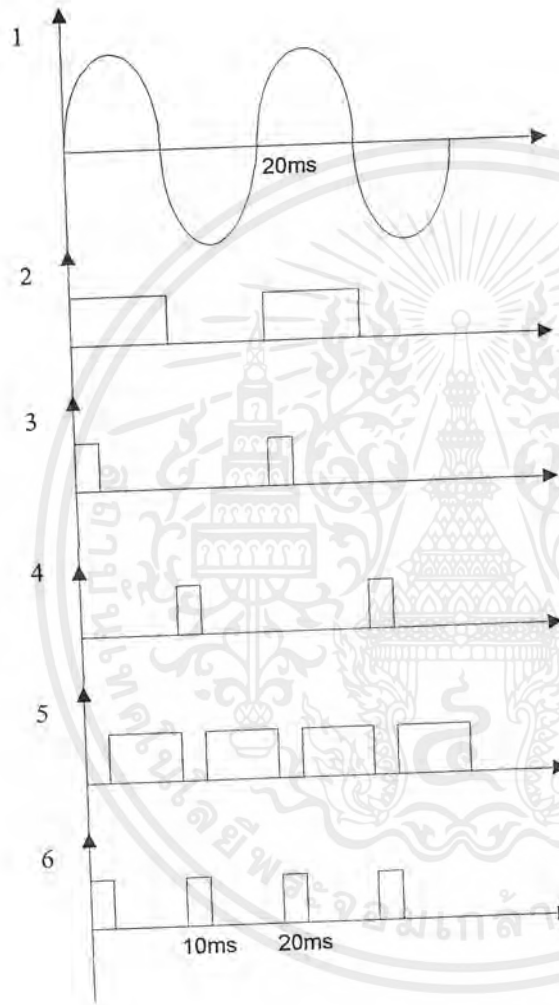
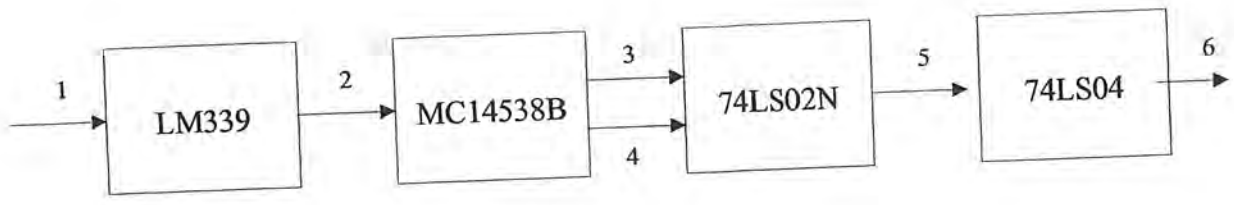
$$\begin{aligned} N_1/N_2 &= V_1/V_2 \\ N_2 &= 120 * 5 / 15 \\ &= 40 \text{ รอบ} \end{aligned}$$



4.4 วงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์

ในการที่จะสร้างสัญญาณกระตุ้นให้ไทรสเตอร์นั้น จำเป็นต้องทราบช่วงของสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามาว่าขณะนี้สัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามาอยู่ช่วงไหน ดังนั้นจึงต้องทำการสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์ให้กับคอมพิวเตอรืทุกๆ ลูกคลื่นของสัญญาณ ไซน์ที่เข้ามา (Zero Crossing) โดยสัญญาณไฟฟ้าไซน์ที่เข้ามา มีความถี่ 50 Hz วงจรดังกล่าวจะสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์ทุกๆ 10 ms ดังรูป 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์

จากรูป 4.6 การทำงานของวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์จะเริ่มจากการป้อนสัญญาณไซน์เข้ามา ผ่าน LM339 ซึ่งทำหน้าที่เป็น Comparator จะได้สัญญาณออกมา (เบอร์ 2) จากนั้นนำไปเข้า MC14538B ซึ่งทำหน้าที่เป็น Monostable multivibrator ได้สัญญาณออกมา (เบอร์ 3 , 4) จากนั้นนำไปเข้า OR-GATE และ NOT-GATE ได้สัญญาณ (เบอร์ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 วงจรวัดกระแส

ในที่นี้ใช้หม้อแปลงกระแส (Current Transformer) เป็นตัววัดกระแสที่ไหลเข้าวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ซึ่งมีการคำนวณดังนี้

4.5.1 การคำนวณจำนวนรอบการพันของหม้อแปลงกระแส(Current Transformer)

กำหนดให้เอาต์พุตที่ออกด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 6 V ความถี่ 50 Hz ค่า B ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ 0.1 และพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กเท่ากับ $1.7 \times 1.8 \text{ cm}^2$

จากสูตรที่ 4.4

$$N_s = \frac{V_s T_1}{A_c B_m} = \frac{6 * 10 * 10^{-3}}{1.7 * 1.8 * 10^{-4} * 0.1} \approx 2000$$

ในที่นี้กำหนดให้กระแสด้านปฐมภูมิมากที่สุดเท่ากับ 12 A และกำหนดให้กระแสออกทางทุติยภูมิมีค่าประมาณ 30 mA

และจากสูตร

$$N_1 I_1 = N_2 I_2$$

$$N_1 = \frac{2000 * 30 * 10^{-3}}{12}$$

$$N_1 = 5$$

4.5.2 การหา R_s เพื่อแปลงกระแสเป็นแรงดัน(เพื่อคำนวณหาค่าที่เหมาะสม)

มอเตอร์ที่เราใช้ในการทดสอบนี้ใช้กระแสสูงสุด RMS 10 A ดังนั้นจึงต้องทำการออกแบบเพื่อไว้ที่ประมาณ 12 A

เพราะฉะนั้น

$$I_{p(1)} = 16.97 \text{ A}$$

$$I_{p(2)} = 16.97 * 5 / 2000 = 0.043 \text{ A}$$

จากรูปที่ 4.7 ใช้ ความต้านทาน 100Ω ดังนั้นเราจะได้ค่าแรงดันด้านทุติยภูมิ (2)

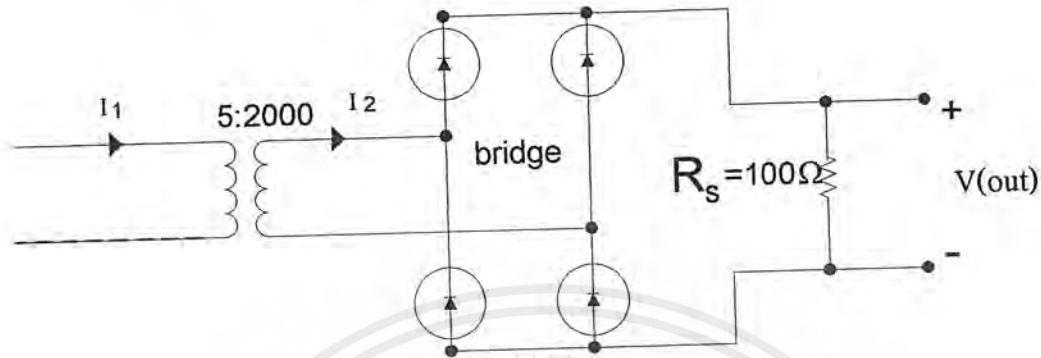
$$V_{p(2)} = 4.3 \text{ V}$$

แต่ค่าแรงดันสูงสุดที่ต้องการมีค่าเท่ากับ 5 V จึงต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_s = 116.28 \Omega$$

แสดงคังรูปที่ 4.7



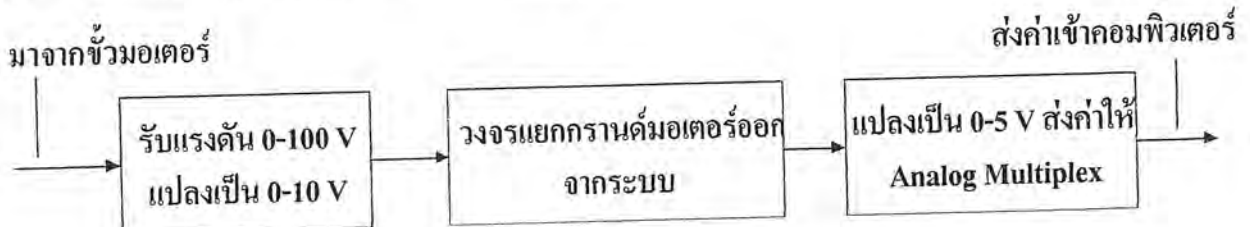
รูปที่ 4.7 หม้อแปลงกระแส (Current Transformer) ที่นำไปใช้งาน

**** หมายเหตุ **** ในวงจรที่ใช้งานจริงจะใช้ความต้านทานปรับค่าได้เพื่อความสะดวกในการปรับค่าแรงดันให้เหมาะสมที่สุด

จะเห็นว่าทางด้านทุติยภูมิจะมีวงจรบริดจ์ (Bridge) ประกอบอยู่ด้วยเพื่อทำการเรียงกระแส และมี R_s ทำการแปลงกระแสให้เป็นแรงดัน แรงดันเอาต์พุตที่ได้นี้จะเอาไปเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านทางคาร์ดิอินเตอร์เฟสต่อไป

4.6 วงจรวัดแรงดัน

ในที่นี้กำหนดให้แรงดันที่ต้องการรับมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0-100 โวลต์ จึงใช้วงจรเรกูเรเตอร์ (Regulator) ไม่ได้เนื่องจากกราวด์ของมอเตอร์จะร่วมกับกราวด์ของคอมพิวเตอร์ ทำให้เมื่อเกิดความผิดปกติที่มอเตอร์ อาจจะส่งผลเสียหายให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ในทันที ซึ่งอันตรายเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแยกกราวด์ของมอเตอร์ กับกราวด์ของคอมพิวเตอร์ออกจากกัน โดยการใช้หม้อแปลงพัลส์ (Pulse Transformer) ซึ่งหลักการคำนวณจำนวนรอบก็ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้ว
รูปวงจรสามารถแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูป 4.8

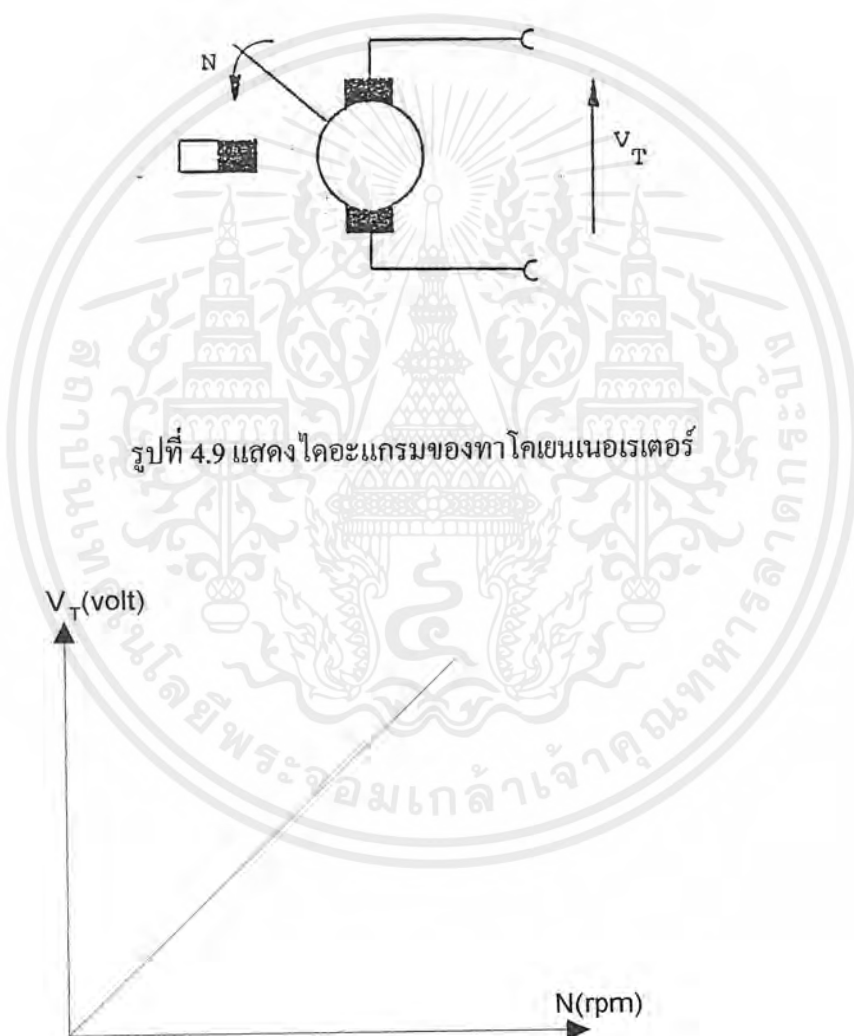


รูปที่ 4.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรวัดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบมอเตอร์

ในการควบคุมความเร็วรอบที่สร้างขึ้นจะใช้วิธีการวัดความเร็วรอบโดยติดตั้งทาโคเจนเนอเรเตอร์ (Tacogenerator) ไว้ที่โรเตอร์ ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในรูปที่ 4.9 แสดงไดอะแกรมของทาโคเจนเนอเรเตอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์ N และแรงดันไฟฟ้าตรงที่สร้างขึ้นโดยทาโคเจนเนอเรเตอร์ V_T นี้จะแสดงในรูปที่ 4.10

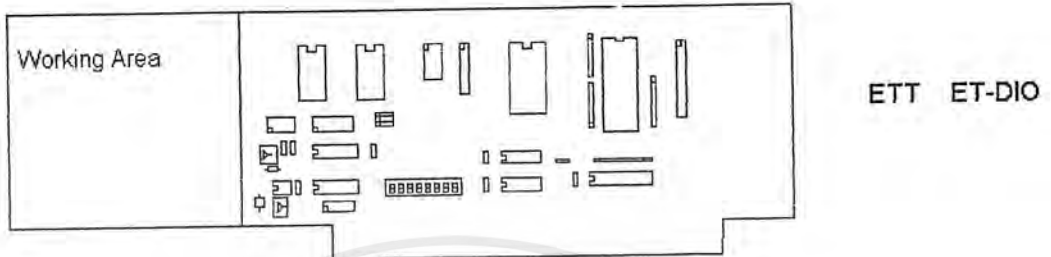


รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ความเร็วรอบของมอเตอร์ N และแรงดันไฟฟ้า V_T ตรงที่สร้างขึ้นโดยทาโคเจนเนอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 วงจรการ์ดอินเตอร์เฟซที่ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ต ISA

ในที่นี้ได้ทำการใช้การ์ดอินเตอร์เฟซของบริษัท อีทีที จำกัด เนื่องจากมีความสามารถหลายๆ ด้านซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 4.11 แสดงการ์ด ET-DIO

4.8.1 ลักษณะทั่วไปของ ET-DIO

ET-DIO CARD เป็นลักษณะของ PC การ์ดใช้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ทางสล็อต ISA เพื่อขยายระบบอินพุตเอาต์พุต ให้ใช้งานได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งการ์ดนี้ให้สัญญาณออกมาได้ทั้งในรูป analog และ digital ทำให้มีความยืดหยุ่นในการนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ได้มากยิ่งขึ้น ซึ่ง ET-DIO CARD นี้มีอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

4.8.1.1 ไอซี 8255 (Programmable Peripheral Interface) 1 ตัว

ซึ่งสามารถเขียน โปรแกรมให้เป็นที่ตั้งอินพุตและเอาต์พุตพอร์ต ตามความต้องการของผู้ใช้เองได้ทั้งหมด 3 พอร์ต ในรูปของสัญญาณ Digital ซึ่งในที่นี้เราได้ใช้พอร์ตทั้ง 3 พอร์ตทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

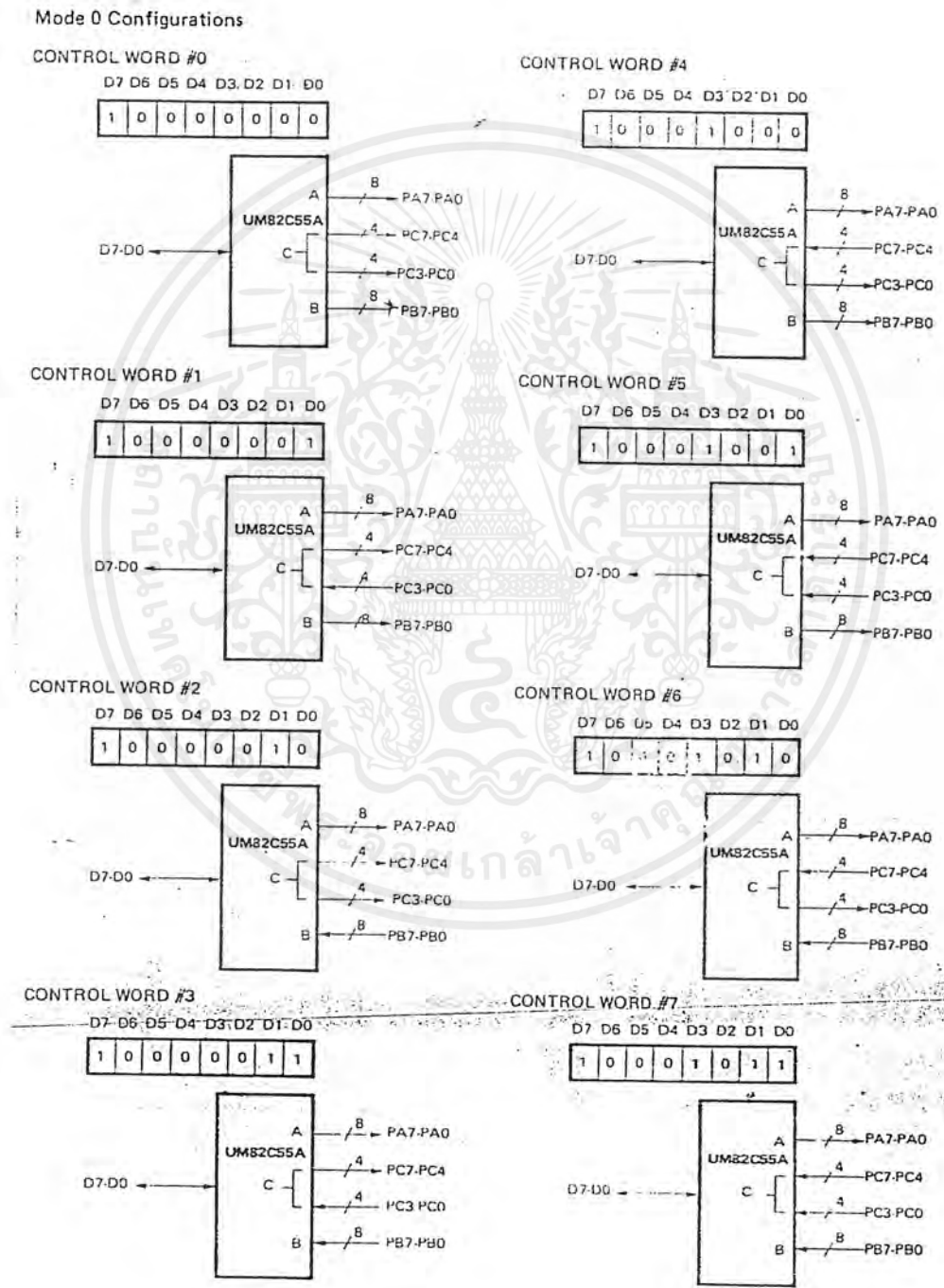
พอร์ต PA เป็นเอาต์พุตพอร์ตซึ่งทำหน้าที่ ส่งสัญญาณให้วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นทำงาน เพื่อสั่งให้ไทรสเตอร์ทำงานตามต้องการ

พอร์ต PB เป็นเอาต์พุตพอร์ตซึ่งทำหน้าที่ ส่งสัญญาณไปให้วงจร Analog Multiplex เมื่อต้องการรับค่ากระแส แรงดัน หรือความเร็ว เข้ามาเก็บไว้

พอร์ต PC เป็นอินพุตพอร์ตซึ่งทำหน้าที่ตรวจค่าสัญญาณ ไซน์ที่เข้ามาในระบบเป็นช่วงบวก หรือลบ ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถ Synchronize กับภายนอกได้

การใช้งาน 8255

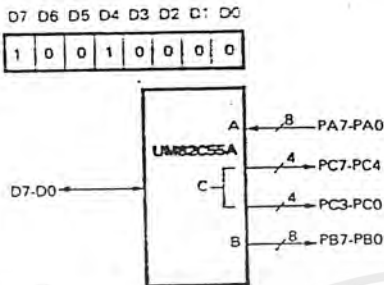
ประกอบด้วยพอร์ตใช้งานถึง 3 พอร์ตและพอร์ตควบคุม(control port) อีก 1 พอร์ต ซึ่งเราสามารถที่จะกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต โดยส่งค่า Control Word ไปให้พอร์ตควบคุมเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255 ซึ่งรายละเอียดเป็นดังรูป 4.12



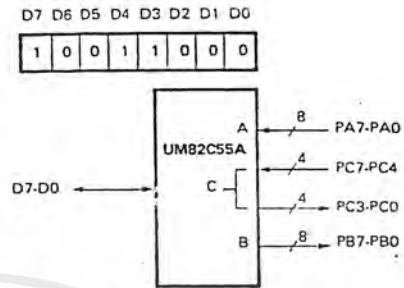
รูปที่ 4.12 แสดงค่าที่ส่งให้พอร์ตควบคุมเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีการนำออกไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต จะถือว่าผิดกฎหมาย

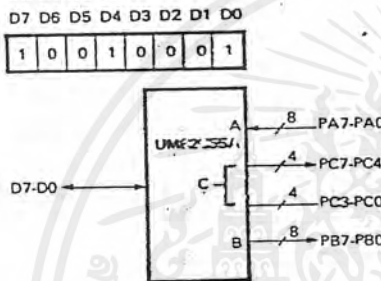
CONTROL WORD #8.



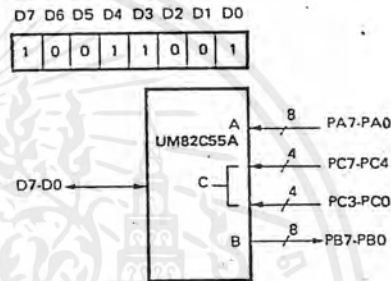
CONTROL WORD #12



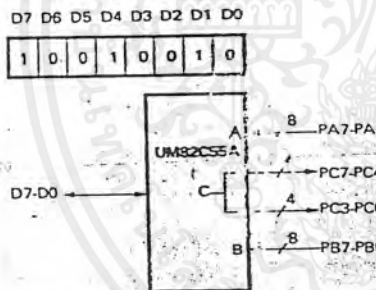
CONTROL WORD #9



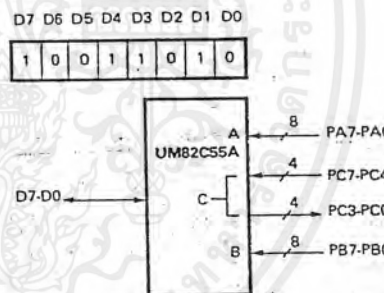
CONTROL WORD #13



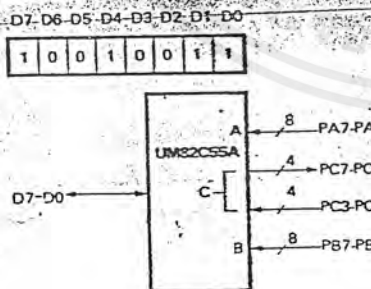
CONTROL WORD #10



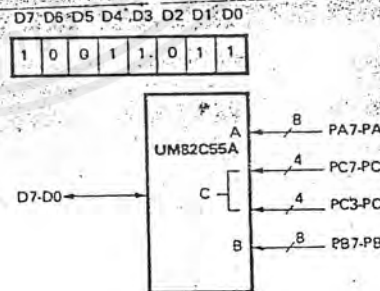
CONTROL WORD #14



CONTROL WORD #11



CONTROL WORD #15



รูปที่ 4.12 (ต่อ) แสดงค่าที่ส่งให้พอร์ตควบคุมเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.1.2 ไอซี 8253 (Programmable Interval Timer) 1 ตัว

ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับระบบฐานเวลาต่างๆ ได้มากมาย เช่น

1. โปรแกรมให้ทำงานเป็นวงจรสร้างฐานเวลาต่างๆ
2. โปรแกรมให้เป็นวงจรรนับแบบต่างๆ
3. โปรแกรมให้เป็นวงจรสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพต์ให้เครื่องคอมพิวเตอร์
4. โปรแกรมให้เป็นวงจรสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave)
5. โปรแกรมให้เป็นวงจรสร้างความถี่

ซึ่งไอซี 8253 นี้ มีโครงสร้าง 3 แชนแนล และแต่ละแชนแนล ทำงานแยกจากกันอย่างอิสระ

ก่อนที่จะทำการใช้งานไอซี 8253 นี้จำเป็นต้องสร้างวงจรกำเนิดความถี่ป้อนเข้าไอซีก่อนซึ่งในที่นี้ได้ใช้ไอซี LM 555 เป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาซึ่งการสร้างวงจรนี้จะอยู่ในหัวข้อ 4.8.2

ในที่นี้ได้ทำการใช้ 2 แชนแนล คือแชนแนล 0 จะทำงานในโหมด 0 (Interrupt on terminal count) และ แชนแนล 2 จะทำงานในโหมด 3 (Square wave generator) ซึ่งรายละเอียดการทำงานในโหมดต่างๆจะกล่าวในหัวข้อการใช้งานต่อไป

การใช้งาน 8253

เป็นไอซีที่ประกอบด้วยพอร์ตใช้งาน 3 พอร์ต และพอร์ตควบคุมการทำงาน 1 พอร์ต เหมาะกับการใช้งานในด้านฐานเวลาซึ่งมีอินพุต 2 อินพุต คือสัญญาณนาฬิกา (CLK) ,สัญญาณเกต (Gate) และ เอาท์พุต 1 เอาท์พุต คือ สัญญาณเอาท์พุต (Output) ที่นำออกไปใช้งาน ซึ่งแยกการทำงานกันอย่างอิสระ แต่ละแชนแนลเลือกการทำงานได้ 6 โหมด ดังนี้คือ

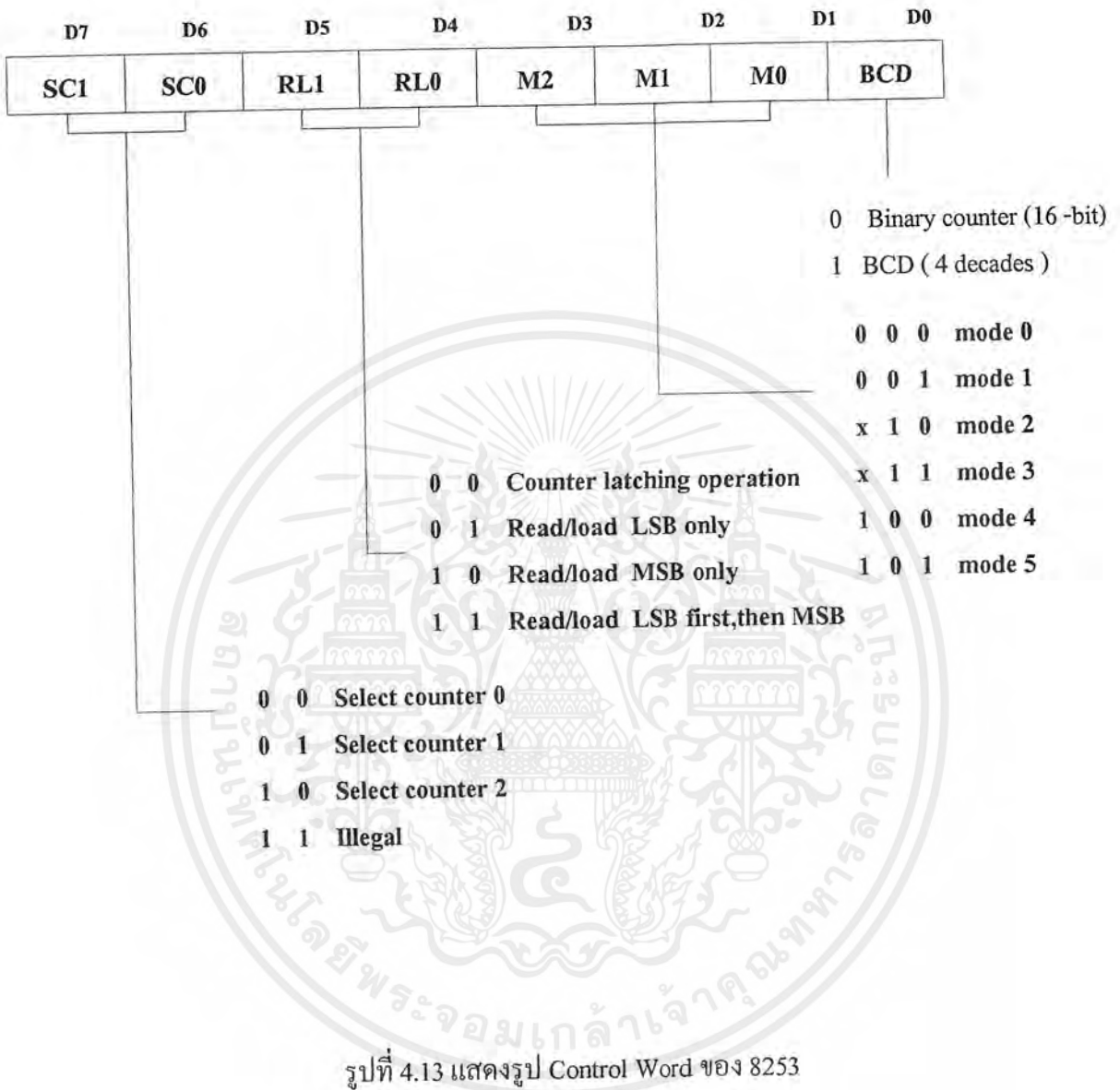
1. โหมด 0 เป็น Interrupt on terminal count
2. โหมด 1 เป็น Programmable one shot
3. โหมด 2 เป็น Rate generator
4. โหมด 3 เป็น Square wave generator
5. โหมด 4 เป็น Software triggered strobe
6. โหมด 5 เป็น Hardware triggered strobe

ซึ่งในการทำงานดังกล่าวจะใช้ Control Word เป็นตัวควบคุมการทำงานดังรูป 4.13 ซึ่งจะขยายความได้ดังนี้

- D0 ถ้าตั้งค่านี้นี้เป็น 0 จะทำการนับด้วยไบนารี ถ้าตั้งค่าเป็น 1 จะเป็นการนับด้วยBCD
- D1,D2 และD3 เป็นการตั้งเลือกโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- D4 และ D5 เป็นการเลือกว่าหารด้วยตัวหารอะไร (LSB หรือ MSB หรือ ทั้งสองอย่าง)
- D6 และ D7 เป็นตัวเลือกว่า Control Word ตัวนี้ใช้กับเคาน์เตอร์ใด



รายละเอียดในแต่ละโหมดการทำงานในที่นี้เราใช้เพียง 2 โหมด คือ โหมด 0 และ โหมด 3

โหมด 0 (Interrupt on terminal count) การทำงานของโหมดนี้ตอนแรกค่าที่ออกจะมีค่า = 0

และจะยังคง 0 อยู่จนกระทั่งหมดการนับ (ถ้า Gate = 1 เสมอ)

ความกว้างของช่วงที่มีค่าเป็นศูนย์ = $N * T$

N คือ ค่าที่จะให้เคาน์เตอร์นับ

T คือ คาบของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้าไปที่ขา CLK

เมื่อเคาน์เตอร์นับค่าลดลงจนเป็น 0 แล้ว สัญญาณที่ขาเอาต์พุต (output) จะเป็น 1 ในทันที

และจะยังคงเป็น 1 ไปจนกระทั่งมีค่า Control Word ใหม่เข้ามาหรือมีค่า N เข้ามาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

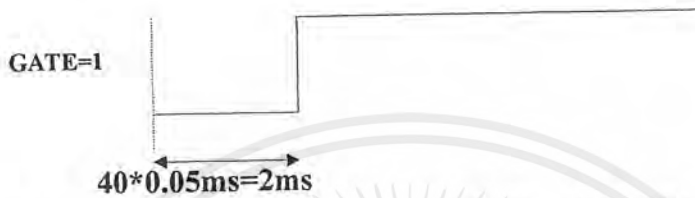
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้ได้ทำการสร้างสัญญาณนาฬิกาที่ขา CLK โดยมีคาบเวลา 0.05 ms ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าต้องการให้สัญญาณเอาต์พุต มีค่าเป็น 1 ทันทีที่ 2 ms ต้องส่งค่าให้ 8253 เป็นค่าเท่ากับ

$$N = 2\text{ms} * 20\text{kHz}$$

$$= 40 \text{ binary} = 0028\text{H}$$

ซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจาก 8253 เมื่อทำงานในโหมด 0 โดยป้อนค่าให้

$$N=40 (\text{ Binary }) = 0028 \text{ H}$$

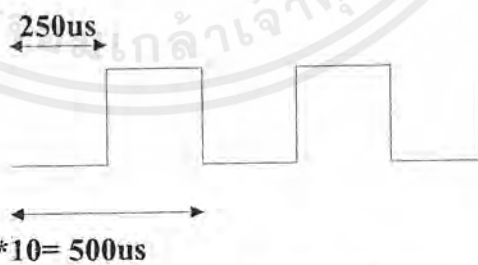
จะเห็นว่าใน 1 ลูกคลื่นไซน์ที่เข้ามา ถ้าให้คาบเวลา = 0.05 ms สามารถให้ความละเอียดในการกระตุ้นได้มากถึง

$$\frac{10\text{ms}}{50\mu\text{s}} = 200$$

ซึ่งค่า 200 นี้ เห็นได้ถึงความละเอียดมากเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน

โหมด 3 (Square wave generator)

เป็นโหมดที่ให้สัญญาณ 0 และสัญญาณ 1 เป็นเวลาที่เท่ากัน เช่น ถ้าป้อนสัญญาณนาฬิกาที่คาบเวลา = 0.05 ms, N=10 เราจะได้สัญญาณเอาต์พุตดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจาก 8253 เมื่อทำงานในโหมด 3 โดยให้

$$N = 10 (\text{ Binary }) = 000A \text{ H}$$

4.8.1.3 ไอซี ADC (Analog to Digital Converter) 1 ตัว

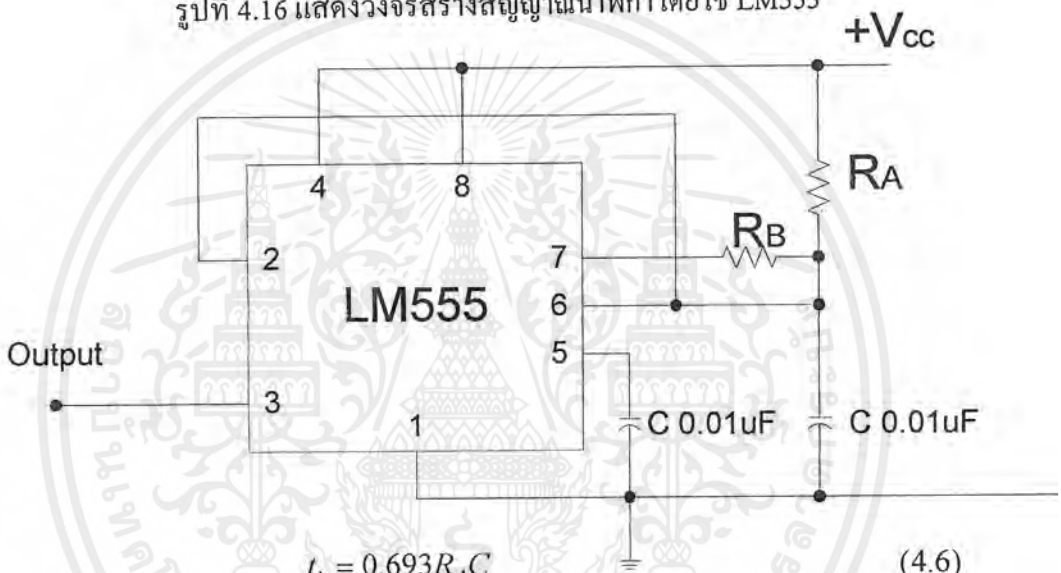
สามารถใช้ได้ถึง 2 เบอร์ ADC0804 ,ADC1001 ซึ่งขนาดของสัญญาณแอนาล็อกที่รับเข้ามาสามารถรับได้โดยตรงสูงถึง 5Vdc หรือมากกว่าเล็กน้อย ทำให้ประยุกต์เป็นเครื่องมือวัดสัญญาณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานัน ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าต่างๆ ได้มากมาย ในที่นี้ได้นำมาเป็นเครื่องมือวัด 3 ชนิด ไม่ว่าจะเป็นกรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องวัดแรงดัน
2. เครื่องวัดกระแส
3. เครื่องมือวัดความเร็วรอบ

แต่ไอซีเบอร์ดังกล่าวไม่สามารถรับค่าได้ทั้ง 3 ค่า ดังนั้นจึงต้องสร้างวงจร Analog Multiplexer ขึ้นโดยทำการมัลติเพล็กซ์สัญญาณทั้ง 3 ที่เข้ามาก่อนที่จะมาเข้าไอซี ADC0804

4.8.2 การสร้างวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณนาฬิกาโดยใช้ LM555

รูปที่ 4.16 แสดงวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ LM555



$$t_1 = 0.693R_A C \quad (4.6)$$

$$t_2 = \left[\frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \right] C \ln \left[\frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right] \quad (4.7)$$

$$freq = \frac{1}{t_1 + t_2} \quad (4.8)$$

เนื่องจากต้องการความถี่ 20kHz เพราะฉะนั้นจากสมการที่ 4.8

$$t_1 + t_2 = 0.05 \text{ ms}$$

$$t_1 = 0.025 \text{ ms} = t_2$$

ดังนั้นต้องใช้ค่า R_A และ R_B เท่ากับ

$$R_A = \frac{25 * 10^{-6}}{0.693 * 0.01 * 10^{-6}} = 3.6 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 1.47 \text{ k}\Omega \approx 1.5 \text{ k}\Omega$$

ในทางปฏิบัติจะ ใช้ความต้านทานปรับค่าได้ใส่เข้าไปในวงจรแทนเพื่อความสะดวกในการปรับสัญญาณ ถ้าสัญญาณที่ได้ออกมาไม่ถูกต้อง ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 รายละเอียดเกี่ยวกับสล็อต ISA

4.9.1 การจัดการแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตใน IBM/PC

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการอ้างและใช้งานแอดเดรสต่างๆของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ที่ใช้งานอยู่ใน IBM/PC ในการควบคุมและตรวจสอบสถานะการทำงาน รวมทั้งการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เป็นชิพพัพพอร์ทหรือการ์ดต่างๆที่ใช้ในระบบของ IBM/PC นั้น จะกระทำผ่านพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของระบบ ดังนั้นในการที่จะควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ จึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการควบคุมพอร์ตอินพุตเอาต์พุตต่างๆของระบบด้วย และเนื่องจากการควบคุมและติดต่อกับพอร์ตเหล่านี้ ต้องกระทำโดยการอ้างถึงแอดเดรสของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตเหล่านั้นโดยตรง จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงการอ้างแอดเดรสของ 8088 ใน IBM/PC ด้วย

สำหรับแอดเดรสของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตต่าง ๆ นั้น จะเป็นแอดเดรสที่ถูกสร้างขึ้นโดย 8088 ซึ่งแอดเดรสเหล่านี้เป็นแอดเดรสที่จัดไว้สำหรับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตโดยเฉพาะ คือแยกจากแอดเดรสของหน่วยความจำโดยเด็ดขาด ภายในไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8088 นี้จะมีแอดเดรสสำหรับใช้กับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอยู่ทั้งสิ้น 65,536 หรือ 64 K แอดเดรส (ในขณะที่มีแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำอยู่ 1 Mbyte) ซึ่งทำให้การอ้างแอดเดรสของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตที่ทำงานร่วมกับ 8088 นั้น ต้องใช้จำนวนเส้นแอดเดรสบัสในบัสแอดเดรสทั้งสิ้น 16 เส้น คือ A0 – A15 แต่สำหรับใน IBM/PC นี้ ถูกออกแบบมาให้ใช้เส้นแอดเดรสเฉพาะ 10 เส้นล่าง คือ A0 – A9 เท่านั้น ดังนั้นในการอ้างถึงแอดเดรสของพอร์ตของอุปกรณ์ หรือชิพพัพพอร์ทใดๆที่ใช้ร่วมกับ IBM/PC จึงใช้จำนวนเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้นด้วย โดยเส้นแอดเดรสที่เหลือคือ A10 – A15 นี้ จะไม่ถูกนำมาใช้งาน แต่ค่าแอดเดรสบนเส้นแอดเดรสเหล่านี้ยังคงเปลี่ยนแปลงตามค่าแอดเดรสของพอร์ตที่กำหนดไว้ในคำสั่ง OUT หรือ IN อยู่ด้วย เพียงแต่ไม่ถูกนำมาใช้ร่วมกับแอดเดรส A0 – A9 เท่านั้น

เนื่องจากใน IBM/PC ได้ใช้งานเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้น คือ A0 – A9 ดังนั้นจึงสามารถที่จะอ้างแอดเดรสของพอร์ตได้สูงสุดเพียง 1024 พอร์ตเท่านั้น นอกจากนี้ในกรณีที่เป็นกรอ่านข้อมูลจากพอร์ตของ IBM/PC ข้อมูลในบิต A9 จะถูกจัดให้มีหน้าที่ในการแบ่งพอร์ตทั้ง 1024 พอร์ตออกเป็น 2 ส่วนอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าข้อมูลในบิต A9 เป็น “0” แล้ว เราจะทำการอ่านข้อมูลได้เฉพาะจากพอร์ตของอุปกรณ์ที่อยู่บนเมนบอร์ดของ IBM/PC เช่น 8253-5 , 8237-5 หรือ 8259A เท่านั้น แต่ถ้าข้อมูลในบิต A9 เป็น “1” ก็จะทำการอ่านข้อมูลได้เฉพาะจากพอร์ตที่อยู่บนการ์ดต่างๆเท่านั้น ดังที่นำเสนอแสดงพอร์ตทั้ง 1024 ได้ดังตารางที่ 4.1

Hex range	Usage	
000 - 00F	DMA chip 8237A - 5	Assigned to system board Components
020 - 021	Interrupt 8259A	
040 - 043	Timer 8253 - 5	
060 - 063	PPI 8255A - 5	
080 - 083	DMA page registers	
0Ax	NMI mark register	
0Cx	Reserved	
0Ex	Reserved	
100 - 1FF	Not usable	
200 - 20F	Game Control	
210 - 217	Expansion unit	
220 - 24F	Reserved	
278 - 27F	Reserved	
2F0 - 2F7	Reserved	
2F8 - 2FF	Asynchronous communications (2)	
300 - 31F	Prototype card *	
320 - 32F	Fixed disk	
378 - 37F	Printer	
380 - 389	SDLC communications	
3A0 - 3A9	Binary synchronous communications (2)	
3B0 - 3BF	Binary synchronous communications (1)	
3C0 - 3CF	Reserved	
3D0 - 3DF	Color / graphics	
3E0 - 3EF	Reserved	
3F0 - 3F7	Diskette	
3F8 - 3FF	Asynchronous communications(1)	

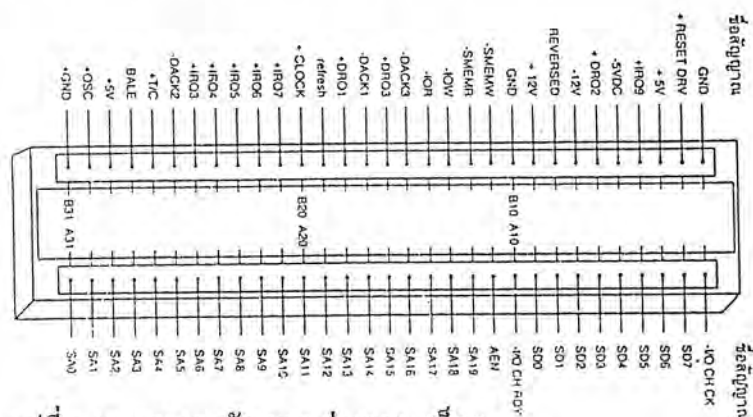
ตารางที่ 4.1 แสดงแอดเดรสพอร์ต I/O ของ IBM/PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมานั้น จะสรุปได้ว่าพอร์ตบน IBM/PC ทั้ง 1024 พอร์ต ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นกลุ่มของพอร์ตที่อยู่บนเมนบอร์ด และกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่จัดเตรียมไว้สำหรับพอร์ตที่อยู่บนการ์ดต่างๆ อย่างไรก็ตามสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ถ้าแอดเดรสที่เราเลือกให้กับพอร์ตนี้ตรงกับค่าแอดเดรสเดิมที่มีอยู่บนเมนบอร์ดแล้ว เมื่อเราทำการส่งข้อมูลให้กับพอร์ตที่อยู่บนเมนบอร์ดของแอดเดรสนี้ ก็เท่ากับเป็นการส่งข้อมูลให้กับทั้งพอร์ตที่อยู่บนเมนบอร์ด และพอร์ตที่อยู่บนการ์ดด้วย ซึ่งในกรณีนี้อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้เช่นกัน ดังนั้นในการกำหนดค่าแอดเดรสให้กับพอร์ตที่ถูกสร้างขึ้นบนการ์ดต่างๆ จึงควรใช้ค่าแอดเดรสที่แอดเดรสบิต A9 มีค่าเป็น “1” คือแอดเดรส 0FE00H จนถึง 0FFFFH เท่านั้น (แอดเดรสบิต A10 – A15 ไม่ถูกใช้ในการคิดค่าเพื่อความสะดวก จึงกำหนดให้มีค่าเป็น “1” ในฐานสองทั้งหมด แต่ในการใช้งานจริงอาจเปลี่ยนให้แอดเดรส A10 – A15 แต่ละบิตมีค่าเป็น “0” หรือ “1” ก็ได้)

4.9.2 การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตใน IBM/PC

1. ในกลุ่มแรกนี้เป็นกลุ่มของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตที่อยู่บนเมนบอร์ดของ IBM/PC ซึ่งจะมีแอดเดรสอยู่ในตำแหน่ง 0000H จนถึง 01FFH สำหรับแอดเดรสของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ในกลุ่มนี้จะถูกใช้ในการอ้างแอดเดรสของชิพซัพพอร์ตและอุปกรณ์ที่เป็นอินพุตเอาต์พุตต่างๆบนเมนบอร์ดของ IBM/PC
2. ในกลุ่มที่สองนี้ จะเป็นกลุ่มของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ที่ถูกใช้งานอยู่บนการ์ดที่ใช้เสียบสล็อตเสริมของ IBM/PC สำหรับแอดเดรสของพอร์ตเหล่านี้ จะเริ่มต้นจากแอดเดรส 0200H จนถึง 03FFH ซึ่งก็คือ แอดเดรสที่มีบิต A9 เป็น “1” นั่นเอง ดังนั้นก่อนที่จะทำการออกแบบวงจรอินเทอร์เฟสจำเป็นต้องใช้ค่าแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุตเอาต์พุต จึงควรตรวจสอบดูก่อนว่าการ์ดต่างๆที่ใช้อยู่ในระบบมีการ์ดใดบ้าง และการ์ดเหล่านั้นใช้งานแอดเดรสในบ้าง จากนั้นจึงทำการออกแบบวงจรอินเทอร์เฟสโดยเลือกใช้เฉพาะแอดเดรสที่ยังไม่ถูกใช้งาน ซึ่งในที่นี้ได้ใช้แอดเดรสช่วง 300H – 31FH ซึ่งเมื่อดูจากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า เป็นช่วงของ Prototype card มาใช้เป็นแอดเดรสสำหรับการอ้างถึงการ์ดอินเทอร์เฟส และส่วนของสล็อตที่ใช้สำหรับต่อกับการ์ดต่างๆนั้น แสดงดังรูปที่ 4.17



4.10 การเขียนโปรแกรมการอินเทอร์พรีต

ก่อนที่จะทำการอินเทอร์พรีต ต้องเข้าใจถึงโครงสร้างของระบบบดอสเสียก่อนซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับคือ

1. ระบบจัดการอินพุตและเอาต์พุตพื้นฐาน(Basic Input/Output System – BIOS) ซึ่งส่วนนี้จะประกอบไปด้วยโมดูลสำหรับติดต่อกับฮาร์ดแวร์ของระบบ ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลเข้าออก และควบคุมฮาร์ดแวร์ ให้ทำงานตามต้องการ ซึ่งส่วนนี้จะอยู่ใน file IO.SYS
2. ส่วนเคอร์เนล(Kernal) ประกอบด้วยโมดูลสำหรับติดต่อกับ โปรแกรมผู้ใช้ ซึ่งส่วนนี้จะอยู่ในไฟล์MSDOS.SYS
3. ส่วนเชลล์ (Shell or Oshell) ทำหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้เพื่อทำงานใดๆต่อไป ซึ่งส่วนนี้ก็คือโปรแกรม COMMAMD.COM นั่นเอง

ในส่วนของเชลล์จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนฝังตัว (Resident Portion)

เมื่อระบบปฏิบัติการถูกอ่านมาไว้ในหน่วยความจำหลัก ส่วนนี้จะถูกอ่านมาเก็บไว้ด้วย และยังคงอยู่ตลอดเวลาที่เครื่องเปิดอยู่ ประกอบไปด้วยโมดูลจัดการการทำงานเมื่อเกิดความผิดพลาดขึ้นในระบบ เช่นส่วนที่แสดงคำว่า Abort,Retry,Ignore,Fail? รวมทั้งส่วนรับการทำงานต่อจากโปรแกรมเมื่อโปรแกรมทำงานเสร็จสิ้น

2. ส่วนทำงานชั่วคราว (Transient Portion)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่แสดงคอสพรอมต์และรับคำสั่งของคอส ในการอ่านโปรแกรมขึ้นมาทำงาน ส่วนนี้อาจถูกถอดไปได้ถ้าโปรแกรมต้องการพื้นที่และจะถูกอ่านเข้ามาอีกครั้ง หากไม่สามารถอ่านไฟล์ Command.com ขึ้นมาได้ ระบบจะแสดงคำว่า Insert disk with Command.com เนื่องจากพื้นที่ระบบปฏิบัติการส่วนอื่นๆถูกทำลายไป หรือระบบจะแสดงคำว่า Cannot load Command.com,system halted... ก่อนที่จะหยุดการทำงาน

3. ส่วนติดตั้ง (Initialization Portion)

ทำหน้าที่ติดตั้ง 2 ส่วนแรกและอ่านไฟล์ AUTOEXEC.BAT ขึ้นมาทำงาน

เมื่อเข้าใจการทำงานของระบบปฏิบัติการคอสแล้ว จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการอินเทอร์พรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขัดจังหวะหรือการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt) คือการที่โปรเซสหนึ่งที่กำลังทำงานอยู่ ถูกสั่งให้หยุดการทำงานซึ่งอาจจะส่งมาจากโปรเซสอื่นจากฮาร์ดแวร์ หรือจากโปรเซสตัวเองก็ได้เพื่อกระทำการเริ่มต้นทำงานโปรเซสอีกโปรเซสหนึ่ง และเมื่อโปรเซสนี้ทำงานเสร็จแล้ว โปรเซสที่ถูกขัดจังหวะก็จะทำงานต่อไป

โปรแกรมบริการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt Service Routine- ISR) คือโปรเซสที่จะถูกเรียกมาทำงานเมื่อเกิดการร้องขอการอินเทอร์รัพต์

ตารางอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์ (Interrupt Vector Table – IVT) คือตารางที่เก็บค่าตำแหน่งหน่วยความจำเริ่มต้นของฟังก์ชันที่จะโปรเซสทำงานตอบสนองการร้องขอการอินเทอร์รัพต์

อินเทอร์รัพต์ฟังก์ชัน (Interrupt Function) เป็นอีกชื่อหนึ่งของโปรแกรมบริการอินเทอร์รัพต์ ซึ่งจะเริ่มการทำงานเมื่อได้รับการร้องขออินเทอร์รัพต์ (ตามหมายเลขที่ได้ติดตั้งอินเทอร์รัพต์ฟังก์ชันไว้)

ซึ่งแยกประเภทของการอินเทอร์รัพต์ตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิดคือ

1. ฮาร์ดแวร์ อินเทอร์รัพต์ (Hardware Interrupt)
2. ซอฟต์แวร์ อินเทอร์รัพต์ (Software Interrupt)

เมื่อมีการร้องขอการอินเทอร์รัพต์ไม่ว่าจะมาจากแหล่งใดๆก็ตามจะมีการแจ้งหมายเลขอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์ มาด้วยเสมอ ค่าหมายเลขอินเทอร์รัพต์นี้จะถูกมาเปิดตารางอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์ และนำค่าในตารางที่ได้มาเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำเริ่มต้นของอินเทอร์รัพต์ฟังก์ชัน เพื่อใช้เป็นจุดกระโดดไปทำงานของระบบ

หลังจากที่ระบบทำงานตามอินเทอร์รัพต์ฟังก์ชันเสร็จแล้ว ที่คำสั่งสุดท้ายของการอินเทอร์รัพต์ฟังก์ชันจะมีคำสั่งที่ใช้กระโดดกลับไปยังจุดที่เรียกมา คำสั่งนี้จะทำให้ระบบกลับไปทำงานในโปรเซสที่ค้างอยู่

*****ข้อควรจำในการเขียน โปรแกรมที่มีการกำหนดอินเทอร์รัพต์ฟังก์ชัน*****

1.ขนาดของอินเทอร์รัพต์ฟังก์ชันควรจะเล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยยึดหลักว่าเวลาที่เสียไปในการจัดการอินเทอร์รัพต์ฟังก์ชันทั้งหมดในการร้องขอการอินเทอร์รัพต์ครั้งหนึ่งๆ จะต้องน้อยกว่าช่วงเวลาในการร้องขอแต่ละครั้ง เช่น อินเทอร์รัพต์หมายเลข ICh จะถูกร้องขอทุกๆ 18.2 ครั้งต่อวินาที ดังนั้นช่วงเวลาในการร้องขอแต่ละครั้งจะเท่ากับ 55 มิลลิวินาที เวลาในการทำงานของอินเทอร์รัพต์ฟังก์ชันทุกตัวที่จะถูกเรียกจากอินเทอร์รัพต์หมายเลขนี้จะต้องไม่เกิน 55 มิลลิวินาที มิฉะนั้นโปรเซสหลักจะไม่มีโอกาสได้ทำงานเลย เพราะจะเสียเวลาไปในการอินเทอร์รัพต์หมด หากเวลารวมมีค่าเกินกว่าช่วงเวลาที่ยังไม่จบการทำงานอินเทอร์รัพต์ จะเกิดการร้องขออินเทอร์รัพต์เดิมซ้ำในขณะที่ยังไม่จบการทำงานอินเทอร์รัพต์ ซึ่งถ้ายังคงเกิดอยู่อย่างนี้เรื่อยๆ จะทำให้ สแตกเต็มและระบบจะหยุดทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.อย่าลืมคืนค่าการชี้อินเทอร์เน็ตที่ฟังก์ชันเดิมให้แก่ตารางอินเทอร์เน็ตเวกเตอร์ก่อนออกจากโปรแกรม หากไม่คืนค่าให้การชี้แล้ว เมื่อมีการร้องขออินเทอร์เน็ตอีก ก็จะเกิดการกระโดดไปยังจุดที่เคยเป็นตัวโปรแกรม ซึ่งหลังจากนั้นอาจจะถูกใช้งานโดยโปรแกรมอื่น ทำให้ระบบเสียหายได้

การเขียนโปรแกรมเรซิเดนต์

โปรแกรมฝังตัวหรือโปรแกรมเรซิเดนต์(Resident Program) คือโปรแกรมที่ยังคงวางตัวอยู่ในหน่วยความจำหลัก แม้ว่าโปรแกรมจะโอนการทำงานกลับไปยังคอสแล้ว

โดยปกติเมื่อโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้ว ก็จะโอนการทำงานให้กับระบบปฏิบัติการ และคืนหน่วยความจำทั้งหมดที่โปรแกรมได้ใช้ให้แก่ระบบด้วย แต่ยังมีโปรแกรมอีกประเภทหนึ่ง เมื่อโปรแกรมโอนการทำงานให้กับระบบปฏิบัติการแล้ว ตัวโปรแกรมจะยังคงอยู่ในหน่วยความจำ และจะทำงานเมื่อได้รับการร้องขอการอินเทอร์เน็ต โปรแกรมประเภทนี้เรียกว่าโปรแกรมเรซิเดนต์ (Resident Program)

โครงสร้างของโปรแกรมเรซิเดนต์จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- 1.ส่วนติดตั้งอินเทอร์เน็ต และส่วนติดตั้งโปรแกรม
- 2.ส่วนอินเทอร์เน็ตฟังก์ชัน
- 3.ส่วนการถอดอินเทอร์เน็ต และส่วนถอดโปรแกรมออกจากหน่วยความจำ

4.11 บทสรุป

ในบทนี้ได้อธิบายถึงวงจรต่างๆที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นและลักษณะของซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์เน็ตที่จะนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อนำไปควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต่อไป ดังนั้นในบทต่อไปจะเป็นการทดลองและผลการทดลองของวงจรต่างๆ ที่ได้สร้างขึ้น

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การทดลอง แสดงผลการทดลอง แนวทางการแก้ไข และวิจารณ์ผลการทดลองวงจรต่างๆ ที่ได้สร้างขึ้น

5.2 รายละเอียดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเซนเซอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีรายละเอียดดังนี้คือ

ความเร็วรอบสูงสุด	1,200 RPM
แรงดันไฟฟ้าตรงสูงสุดที่เข้าวงจรอาร์เมเจอร์	220 V
แรงดันไฟฟ้าตรงที่วงจรสร้างสนามแม่เหล็ก	100 Vdc
ขนาดกำลังของมอเตอร์	1 kW
กระแสไฟฟ้าตรงที่ไหลเข้าวงจรอาร์เมเจอร์สูงสุด	10 A

และใช้เซนเซอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็น โทลคของมอเตอร์ ซึ่งเซนเซอร์นี้มีรายละเอียดดังนี้คือ

ความเร็วรอบสูงสุด	1,200 RPM
แรงดันไฟฟ้าตรงสูงสุดที่เข้าวงจรอาร์เมเจอร์	220 V
แรงดันไฟฟ้าตรงที่วงจรสร้างสนามแม่เหล็ก	100 Vdc
ขนาดกำลังของมอเตอร์	1 kW
กระแสไฟฟ้าตรงที่ไหลเข้าวงจรอาร์เมเจอร์สูงสุด	10 A

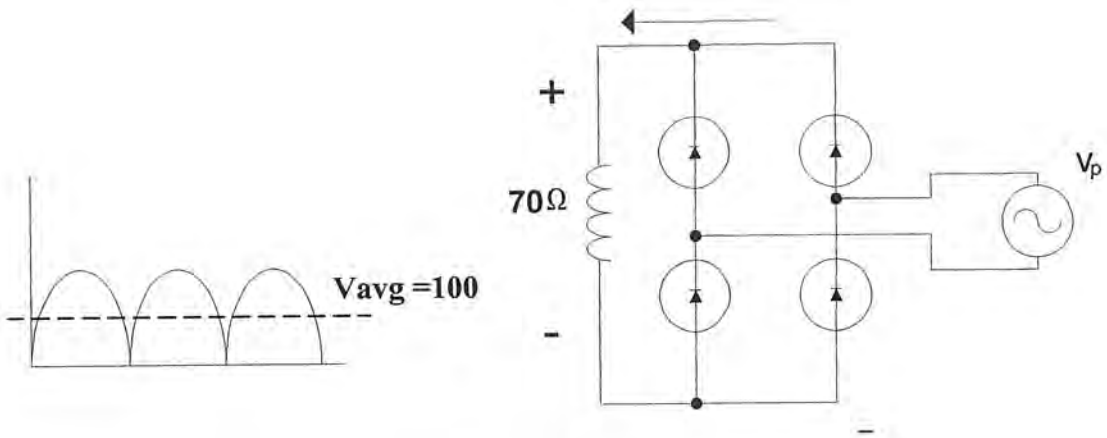
5.3 การทดลองการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรสร้างสนามแม่เหล็ก (Field)

จากรายละเอียดของมอเตอร์วงจรสนามแม่เหล็ก (Field) ต้องการไฟฟ้ากระแสตรง 100 Vdc และมีความต้านทาน 70 โอห์ม ดังนั้นจึงออกแบบวงจรดังรูป 7.1 ซึ่งจะใช้อุปกรณ์บริดจ์ (Bridge) เป็นตัวเรียงกระแส

และจากสูตรค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ผ่านวงจรบริดจ์คือ

$$V_{avg} = \int_0^{\pi} V_p(\sin \omega t) d\omega t \quad (5.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงวงจรป้อนกระแสไฟฟ้าให้หลอดฟลูออโรไลต์

$$= \frac{V_p(-\cos \omega t)}{\pi} \Big|_0^\pi$$

$$100 = \frac{V_p}{\pi} (1 + 1)$$

เพราะฉะนั้น

$$V_p = 157.08 \text{ volt}$$

และ

$$V_{\text{RMS}} = 110.7 \text{ volt}$$

เพราะฉะนั้นได้กระแสไหลผ่านฟลูออโรไลต์เท่ากับ

$$I_f = \frac{110.7}{70} = 1.586 \text{ A}$$

แต่มีขนาดของหม้อแปลงที่เหมาะสมที่สุดคือใช้หม้อแปลง 115 V_{RMS} ซึ่งจะได้กระแสฟลูออโรไลต์เท่ากับ

$$I_f = \frac{115}{70} = 1.64 \text{ A}$$

คำนวณกำลังของหม้อแปลง

$$P = I^2 R = 1.64^2 * 70 = 188.9 \text{ W}$$

เลือกหม้อแปลงที่มีขนาด 200 วัตต์

หมายเหตุ จากรูป 7.1 ** ไดโอดเบอร์ 1N5408 ** ศึกษารายละเอียดจากคู่มือของไดโอดเบอร์นี้ให้ดีก่อนนำไปใช้ เพราะไดโอดเบอร์นี้มีความทนทานสูงมาก ไม่ควรนำเอาไปใช้กับวงจรที่มีแรงดันสูงเกินไป หรือใช้กับวงจรที่มีกระแสไหลผ่านสูงเกินไป เพราะไดโอดเบอร์นี้มีความทนทานสูงมาก ไม่ควรนำเอาไปใช้กับวงจรที่มีแรงดันสูงเกินไป หรือใช้กับวงจรที่มีกระแสไหลผ่านสูงเกินไป

จากการทดลองนำหม้อแปลง 115 V_{RMS} ป้อนไฟเข้าวงจรบริดจ์ดังรูปที่ 5.1 จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.2 ซึ่งถูกต้องตามที่คำนวณได้

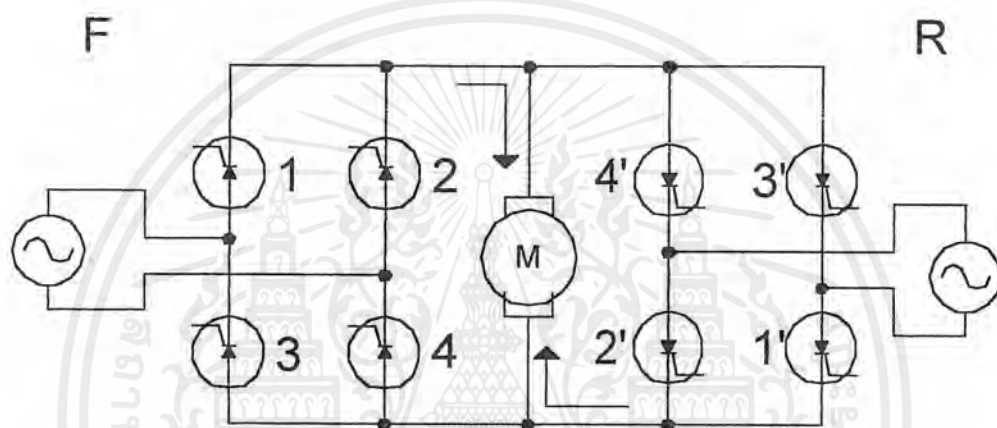


รูปที่ 5.2 แสดงผลการทดลองการป้อนกระแสไฟเข้าฟิลต์แล้ววัดแรงดันคร่อมขดลวดฟิลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ (เส้นเบอร์ 3) ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การทดลองและผลการทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

จากรายละเอียดของมอเตอร์ทำให้สามารถรู้ค่ากระแสไหลผ่านวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังมีค่าสูงสุด 10 A แต่จากการทดลอง เมื่อสั่งให้มอเตอร์เริ่มการทำงานจากหยุดนิ่ง จะเกิดกระแสพุ่งขึ้นเกินประมาณ 20 A (เพราะขณะมอเตอร์หยุดนิ่ง จะไม่มี back emf ทำให้มอเตอร์กินกระแสสูงมากในตอนเริ่มหมุน) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องใช้ไทรสเตอร์ ที่สามารถทนกระแสได้มากกว่า 20 A เพื่อความปลอดภัยซึ่งในที่นี้เลือกไทรสเตอร์ที่ทนได้ 25 A



รูปที่ 5.2 แสดงวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบ Controllable single-phase full wave rectifier

การทำงานของวงจรนี้จะทำงานได้เพียงที่ละข้างเท่านั้น ในที่นี้ (ยกตัวอย่างด้าน F (Forward)) สัญญาณต่างๆจะแสดงดังรูปที่ 5.3 โดยไทรสเตอร์ เบอร์ 1,4 จะทำงานพร้อมกัน (เบอร์ 2) และไทรสเตอร์ เบอร์ 2,3 จะทำงานพร้อมกัน (เบอร์ 3) จะสังเกตได้ว่าสัญญาณเบอร์ 2,3 นั้นจะเริ่มทำงานห่างกัน 180 องศาในช่วง 1 ลูกคลื่นเสมอ

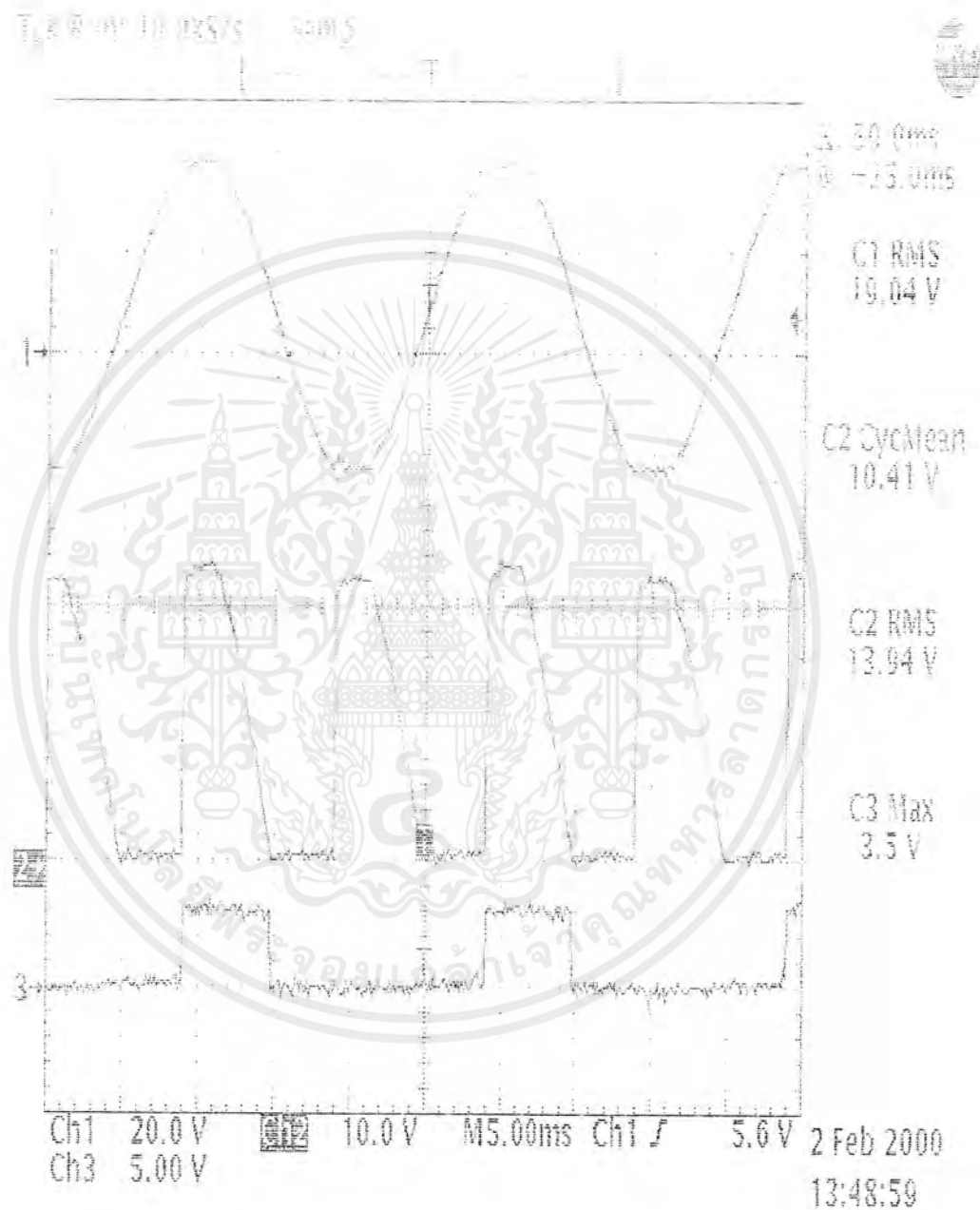
ต่อจากนั้นได้ทำการทดลองสั่งให้คอมพิวเตอรี่ป้อนสัญญาณกระตุ้นที่ 4 ms ของสัญญาณไซน์ แล้วต่อโหลดชนิดที่เป็นความต้านทาน(R)อย่างเดียว ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.4 ต่อจากนั้นได้ทำการเปลี่ยนโหลดเป็นมอเตอร์ซึ่งในมอเตอร์จะประกอบไปด้วย R , L , Source ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.5

76K Run: 5,00KS/s Sample



รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณกระตุ้นที่จะป้อนให้ทรานซิสเตอร์ที่ มุม $\alpha = 4$ ms
 เส้นเบอร์ 1 เป็นสัญญาณไซน์ที่ป้อนให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง
 เส้นเบอร์ 2 เป็นสัญญาณกระตุ้นที่จะออกไปยังขาเกตของทรานซิสเตอร์เบอร์ 1,4
 เส้นเบอร์ 3 เป็นสัญญาณกระตุ้นที่จะออกไปยังขาเกตของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2,3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงผลการต่อโหลดชนิดความต้านทาน (R) โดยให้สัญญาณกระตุ้นที่ 4ms
 เส้นเบอร์ 1 เป็นสัญญาณไซน์ที่ป้อนให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง
 เส้นเบอร์ 2 เป็นสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง
 เส้นเบอร์ 3 เป็นสัญญาณกระตุ้นที่จะออกไปยังขาเกตของไทรสเตอร์เบอร์ 1,4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงผลการต่อโหลดชนิดมอเตอร์โดยให้สัญญาณกระตุ้นที่ 4ms

เส้นเบอร์ 1 เป็นสัญญาณไซน์ที่ป้อนให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับค่าใด ๆ ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 เส้นเบอร์ 2 เป็นสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การทดลองและผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น

จากรูป 4.4 คือรูปวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น โดยวงจรนี้จะทำงานได้เมื่อทำการป้อนสัญญาณพัลส์จากคอมพิวเตอร์ให้กับวงจร แล้ววงจรนี้ก็จะสร้างสัญญาณกระตุ้นเป็นพัลส์ซึ่งมีค่าประมาณ 4 V ซึ่งเพียงพอในการที่จะทริกไทรสเตอร์ให้ไทรสเตอร์ทำงานตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งผลการทดลองจะได้ผลดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แสดงผลการวัดแรงดันเอาต์พุตของวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นที่ 4ms

เส้นเบอร์ 1 แสดงสัญญาณ ไซน์ที่เข้ามาในวงจร

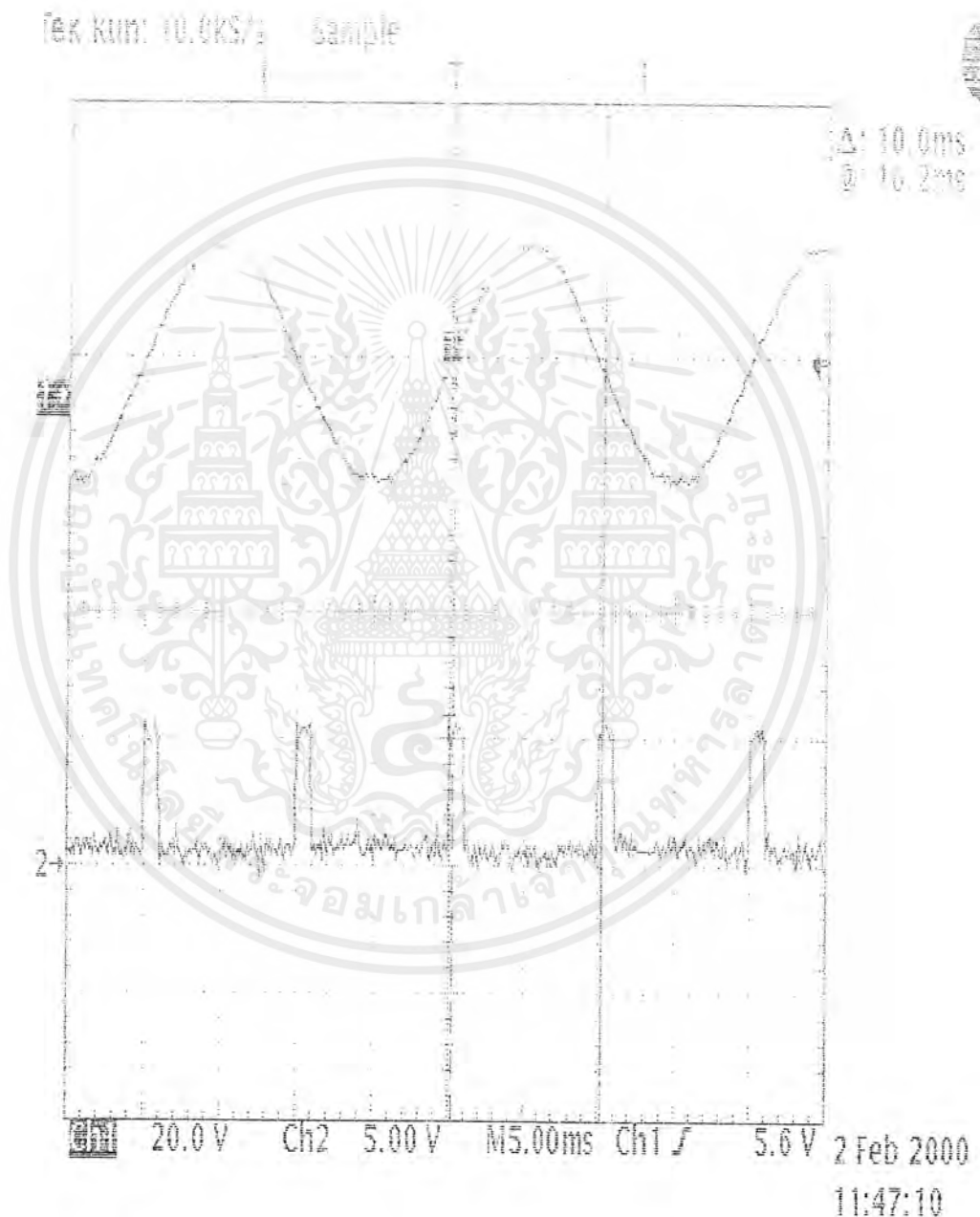
เส้นเบอร์ 2 แสดงสัญญาณที่ออกจากคอมพิวเตอรืไปทริกสัญญาณกระตุ้น

เส้นเบอร์ 3 แสดงสัญญาณที่ออกจากวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น ไปเข้าไทรสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การทดลองและผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์

กำหนดแรงดันสัญญาณไซน์ความถี่ 50 Hz เพราะฉะนั้นสัญญาณจะลงมาที่ 0 ทุกๆ 10 ms (Zero Crossing) จึงต้องทำการสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์ให้กับคอมพิวเตอร์ทุก ๆ 10 ms ซึ่งจากผลการทดลองเมื่อสัญญาณไซน์ผ่านวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์ ได้ผลดังรูปที่ 5.7

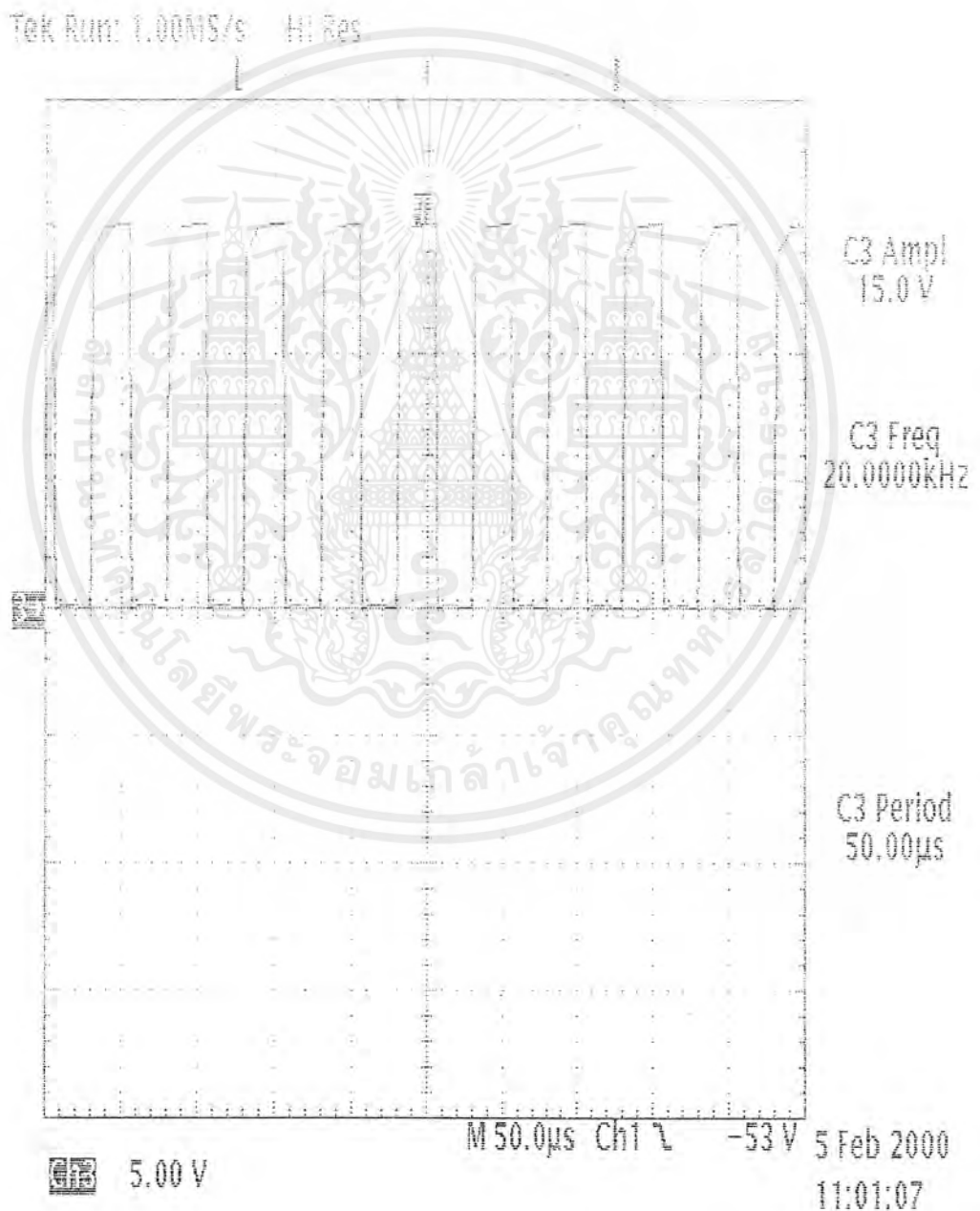


รูปที่ 5.7 แสดงผลการวัดแรงดันเอาต์พุตของวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์
 เส้นเบอร์ 1 แสดงสัญญาณไซน์ที่เข้าวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์
 เส้นเบอร์ 2 แสดงสัญญาณที่ออกจากวงจรสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์ไปเข้าขา IRQ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับของคอมพิวเตอร์การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การทดลองและผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

จากรูป 4.16 เมื่อทำการใช้ไอซี 555 เป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาให้ 8253 ด้วยความถี่ 20 kHz ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณนาฬิกาที่ออกจากไอซี 555 ด้วยความถี่ 20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 การทดลองและผลการทดลองวงจรวัตต์แรงดัน

ในที่นี้ได้ทำการป้อนแรงดันไฟฟ้า 50 Hz ,แรงดันสูงสุด 108 volt ,ให้สัญญาณกระตุ้นที่ 0 ms ได้แรงดันคร่อมมอเตอร์ = 100 volt และได้สัญญาณออกจากวงจรวัตต์แรงดัน = 4.9 volt ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 5.9 และ 5.10 และในรูปที่ 5.11 แสดงถึงความเป็นเส้นตรงของวงจรวัตต์แรงดัน

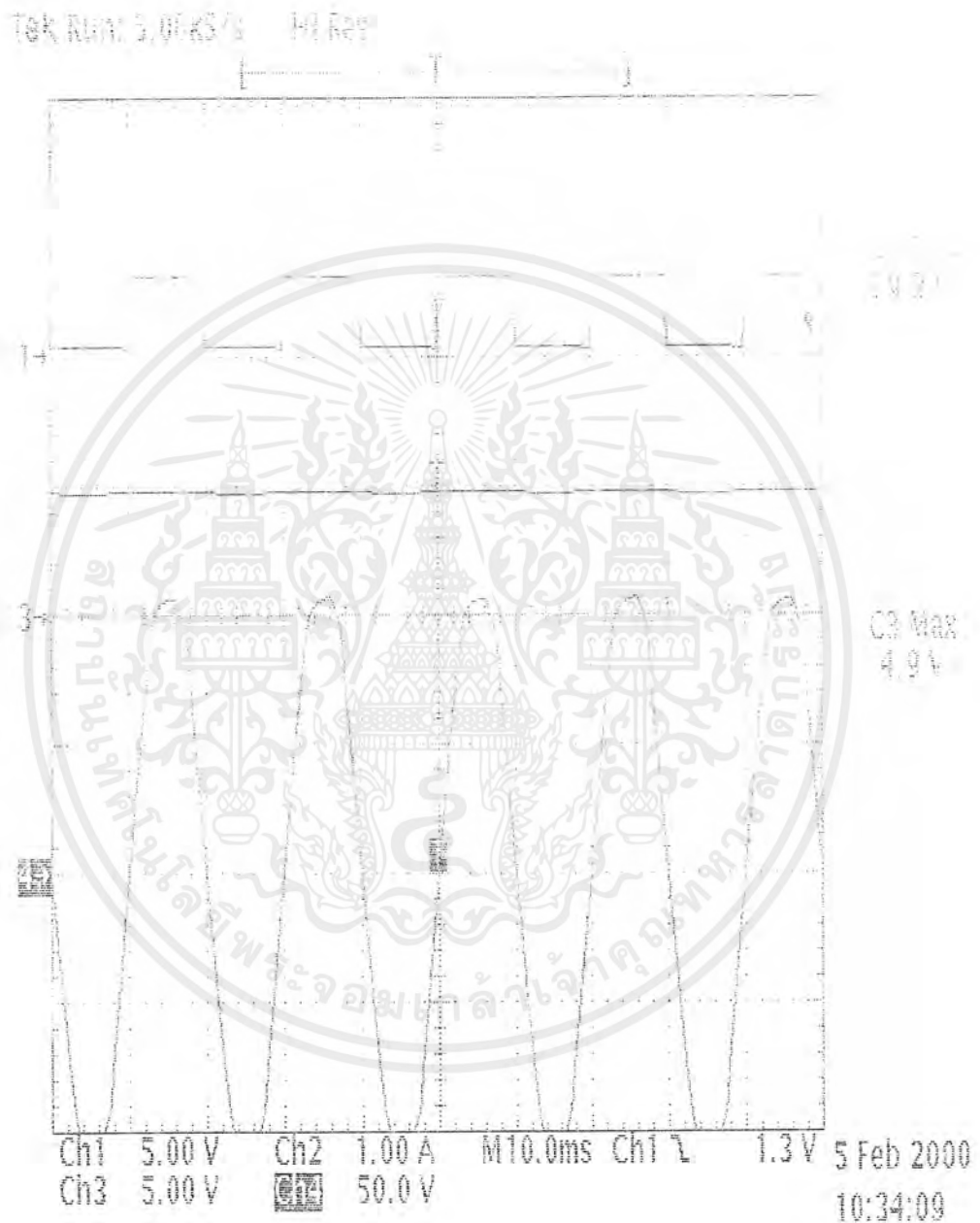


รูปที่ 5.9 แสดงแรงดันที่วัตต์คร่อมขั้วมอเตอร์ที่แรงดันเฉลี่ย 100 volt

เส้นเบอร์ 1 แสดงแรงดันที่วัตต์คร่อมขั้วมอเตอร์ (Vdc =100 volt)

เส้นเบอร์ 3 แสดงแรงดันที่ออกจากวงจรวัตต์แรงดัน (4.9 volt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



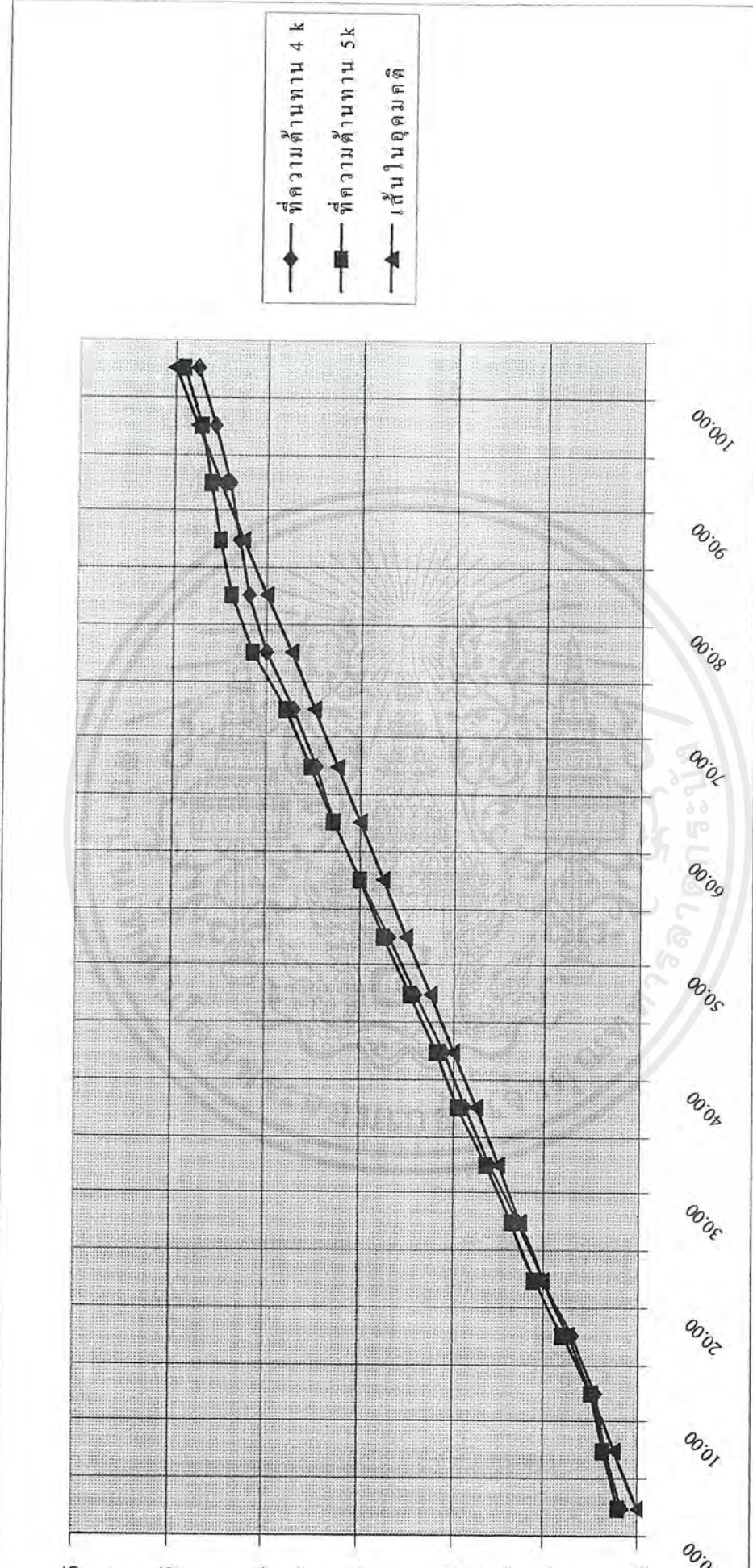
รูปที่ 5.10 แสดงแรงดันที่ออกจากวงจรวัดแรงดัน

เส้นเบอร์ 1 แสดงสัญญาณกระตุ้นที่มุม 0 องศาให้ไทรสเตอร์เบอร์ 1,4 ดังรูป 5.2

เส้นเบอร์ 3 แสดงสัญญาณที่ออกจากวงจรวัดแรงดัน โดยแรงดันที่ขั้วมอเตอร์เท่ากับ

100 Vdc ซึ่งจะวัดได้ 4.9 volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 เส้นเบอร์ 4 แสดงสัญญาณเซนเซอร์ที่ป้อนให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

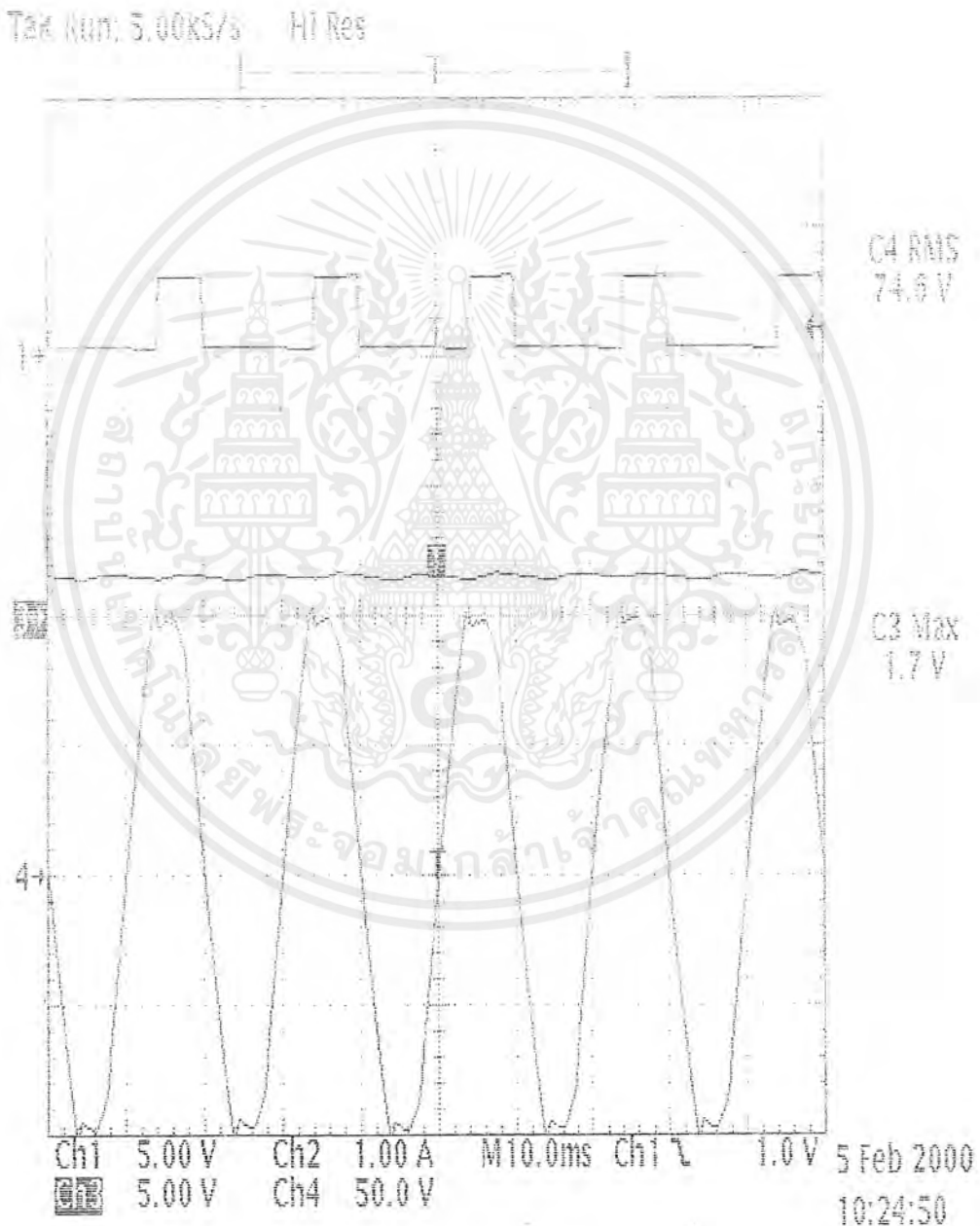


รูปที่ 5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตกับแรงดันเอาต์พุตของวงจรวัดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9 การทดลองและผลการทดลองระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในที่นี้ได้ทำการป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังด้วยแรงดันสูงสุด 106 volt แล้วกระตุ้นไทรสเตอร์ด้วยวงจรถ่ายสัญญาณกระตุ้นที่ 4 ms จากนั้นทำการวัดสัญญาณจากวงจรกระแส และวงจรวัดความเร็วรอบ ผลการทดลองจะได้ดังรูปที่ 5.12 และ 5.13 ตามลำดับ

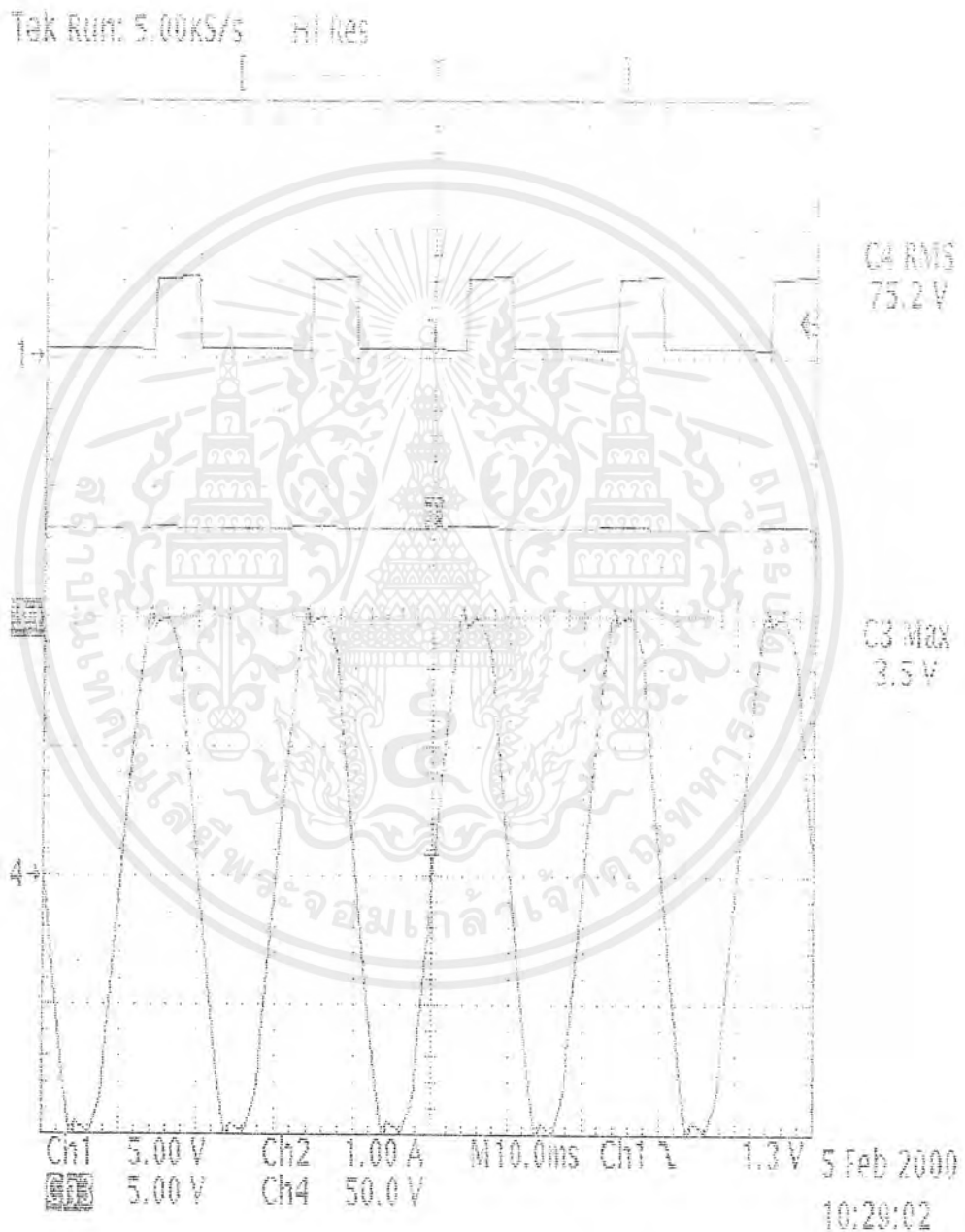


รูปที่ 5.12 แสดงผลการวัดแรงดันเอาต์พุตจากวงจรวัดกระแส

เส้นเบอร์ 1 แสดงสัญญาณกระตุ้นที่ 4ms ที่ป้อนให้กับวงจรถ่ายสัญญาณกำลัง(รูป 5.2 เบอร์ 1,4)

เส้นเบอร์ 3 แสดงแรงดันที่ออกจากวงจรวัดกระแส (1.79 A) ขณะ No-Load และให้เอาท์พุต=1.7 volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เส้นเบอร์ 4 แสดงแรงดันที่จ่ายให้กับวงจรถ่ายสัญญาณกำลังซึ่งมีแรงดันสูงสุด=106 volt
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 แสดงผลการวัดแรงดันเอาต์พุตจากวงจรวัดความเร็วรอบ

เส้นเบอร์ 1 แสดงสัญญาณกระตุ้นที่ 4ms ซึ่งป้อนให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง(รูป 5.2 เบอร์ 1,4)

เส้นเบอร์ 3 แสดงแรงดันที่ออกจากวงจรวัดความเร็วรอบ = 3.5 volt

เส้นเบอร์ 4 แสดงแรงดันที่จ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังซึ่งมีแรงดันสูงสุด=106 volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.10 การทดลองและผลการทดลองการเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยภาษาซี

ในที่นี้อธิบายโปรแกรมคร่าวๆว่ามีลักษณะการทำงานเป็นอย่างไร และมีโฟลชาทด์

(Flowchart) และตัวโปรแกรม อยู่ในภาคผนวก

ลักษณะของตัวโปรแกรมจะเริ่มจาก การสั่งให้มอเตอร์เดินหน้าหรือถอยหลัง (Forward or Reverse) และต้องการให้ส่งสัญญาณกระตุ้นให้ไทรสเตอร์ทำงานที่มุมเท่าไร เมื่อทำการป้อนค่าเปรียบหรือให้กด Enter ระบบก็ทำการสแตร์ตมอเตอร์ด้วยโปรแกรมสแตร์ตดังรูปที่ 5.14

```
***** DRIVE MOTOR *****
FORWARD OR REVERSE ( F,R)f
WANT DELAY..ms(0..9)5

----->FORWARD
DELAY 5 ms
now set interrupt vector
WAIT! STARTING 1
```

รูปที่ 5.14 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มการทำงาน

โปรแกรมสแตร์ตมีลักษณะการทำงานดังนี้คือ เมื่อทำการใส่ค่ามุมการทำงานของไทรสเตอร์ว่าให้ทำงานที่มุมเท่าไรแล้ว โปรแกรมจะทำการให้มอเตอร์ค่อยๆเริ่มหมุนจากช้า (มุมกระตุ้นมากๆ) ไปจนเร็วขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งค่ามุมกระตุ้นเท่ากับค่าที่ทำการป้อนในข้างต้น

จากนั้นจะเข้าสู่ปวงรอกการรับค่าจากคีย์บอร์ด โดยรอรับค่าตัวอักษรต่างๆที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งในที่นี้จะมีอยู่ 5 ตัวด้วยกัน คือ

- U (Up) คือ ตั้งให้วงจรถูกกระตุ้นทำการทริกที่มุมต่ำลง ทำให้แรงดันไหลเข้าวงจรถออิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น ทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น
- D (Down) คือ ตั้งให้วงจรถูกกระตุ้นทำการทริกที่มุมสูงขึ้น ทำให้แรงดันไหลเข้าวงจรถออิเล็กทรอนิกส์น้อยลง ทำให้มอเตอร์หมุนช้าลง
- P (Plot) คือ ให้คอมพิวเตอร์ทำการวาดกราฟโดยทำการรับค่าแรงดัน,กระแส และความเร็วรอบ กลับเข้ามา ซึ่งแสดงดังรูป 5.16
- C (Clear) คือ ทำการเคลียร์หน้าจอ
- Q (Quit) คือ ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการกด ' Q ' คอมพิวเตอร์จะเข้าสู่โปรแกรมสต่อป โดยโปรแกรมสต่อปนั้น จะทำการ
 ค่อยๆเพิ่มสัญญาณกระตุ้นเพื่อให้แรงดันที่เข้าวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังมีค่าลดลง ทำให้มอเตอร์หมุน
 ช้าลง จนกระทั่งหยุดในที่สุด ดังรูป 5.15

***** KEYWORD *****

PRESS (U) : INCREASE VOLTAGE
 PRESS (D) : DECREASE VOLTAGE
 PRESS (P) : PLOT GRAPH
 PRESS (C) : CLEAR SCREEN
 PRESS (Q) : QUIT PROGRAM

READY.....STOP

READY STOP

WANT TO EXIT PROGRAM:(y/n)

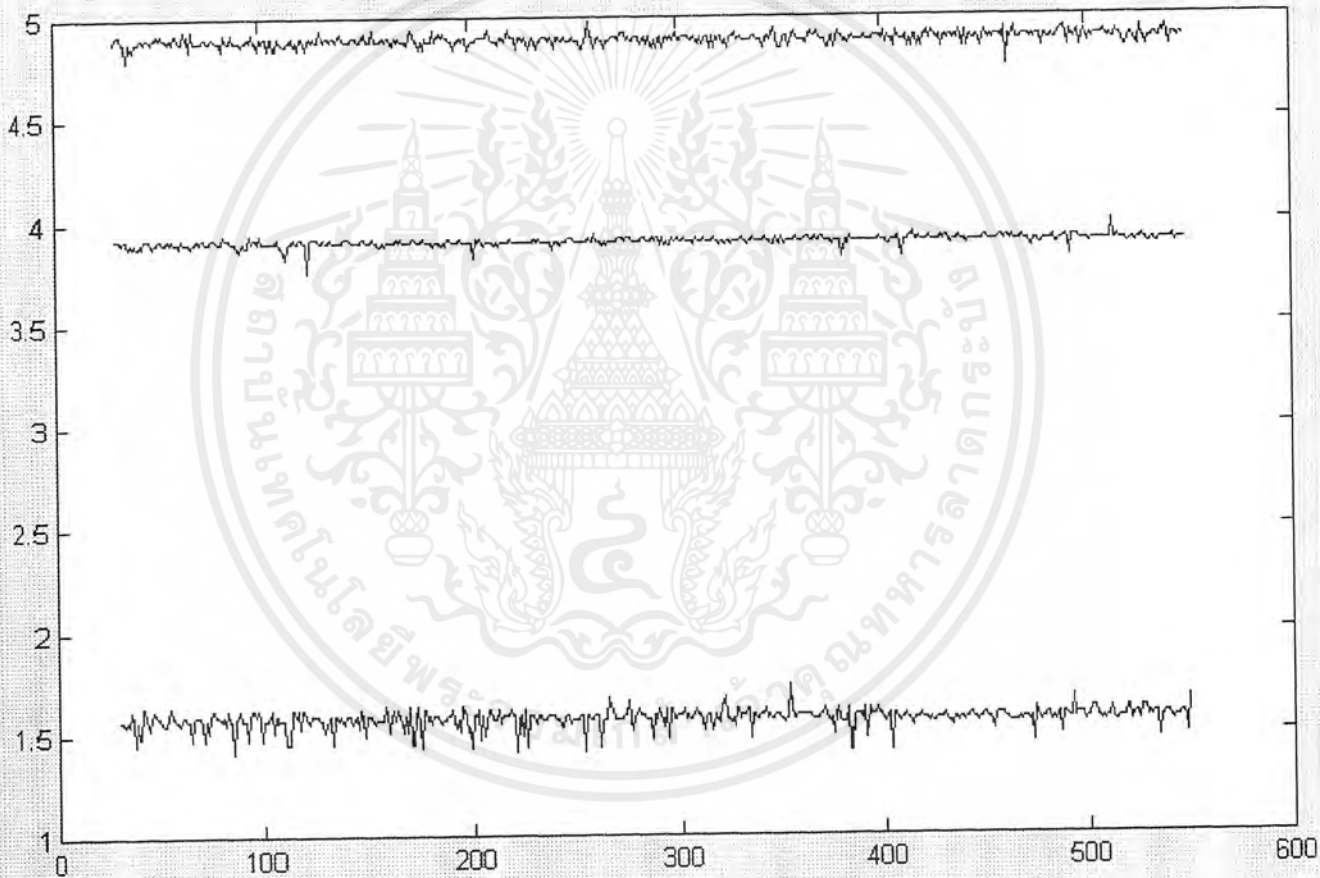
รูปที่ 5.15 แสดงหน้าจอเมื่อสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงานเรียบร้อยแล้ว

เหตุที่ต้องสร้าง โปรแกรมสตาร์ทและ โปรแกรมสต่อปขึ้นมานั้น เนื่องจากถ้าทำการสั่งให้
 มอเตอร์หมุนหรือหยุดอย่างทันทีทันใด จะเกิดการดึงกระแสอย่างมาก อาจทำความเสียหายให้กับ
 มอเตอร์และตัววงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังได้ จากการทดลองเมื่อสั่งให้มอเตอร์เริ่มหมุนอย่างทันทีทันใด
 จะพบว่ากระแสได้พุ่งขึ้นไปสูงถึง 20 A ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีโปรแกรมนี้ทุก
 ครั้งในการเริ่มสตาร์ทมอเตอร์

***** KEYWORD *****

PRESS (U) : INCREASE VOLTAGE
 PRESS (D) : DECREASE VOLTAGE
 PRESS (P) : PLOT GRAPH
 PRESS (C) : CLEAR SCREEN
 PRESS (Q) : QUIT PROGRAM

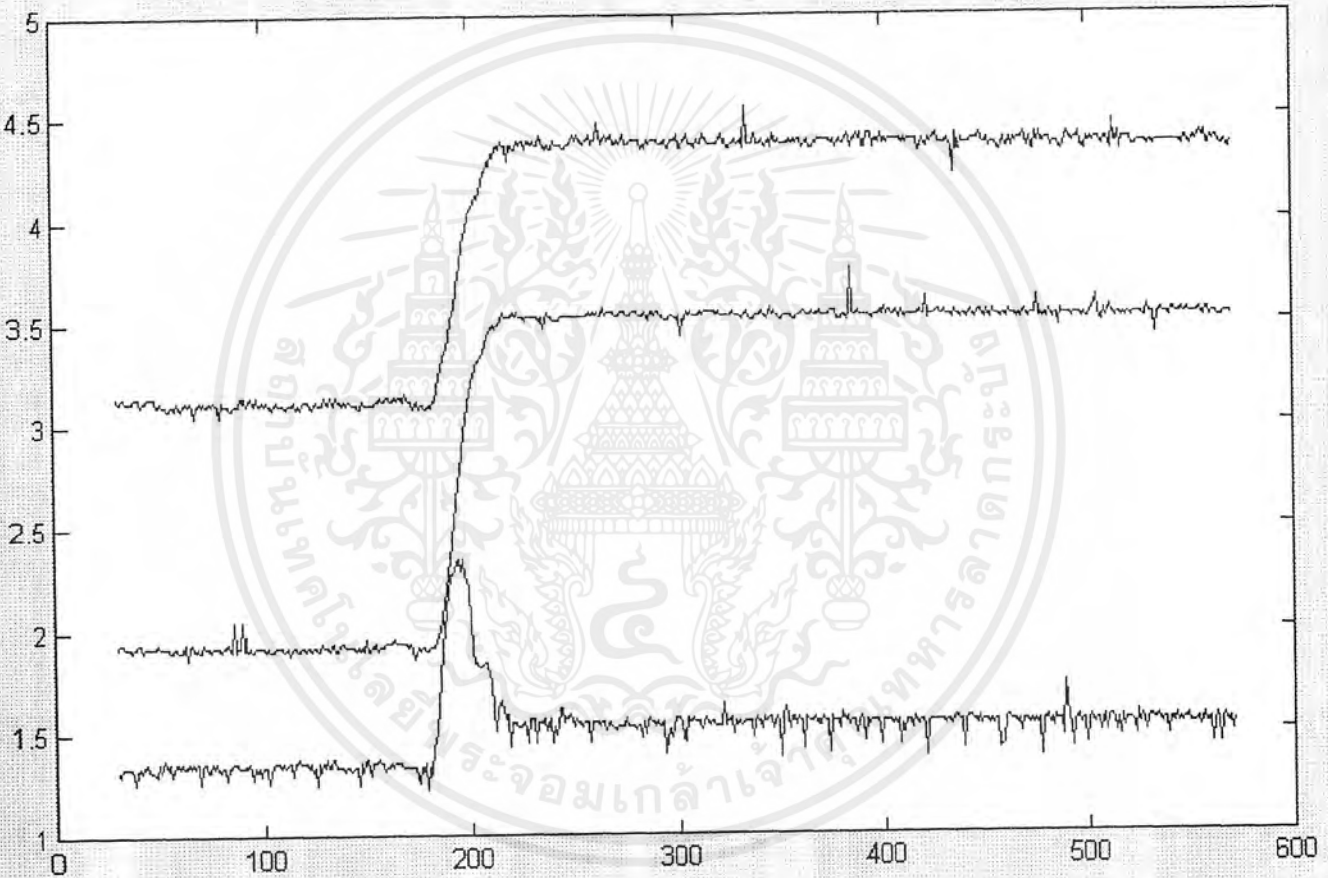
รูปต่อไปนี้จะแสดงผลการรันมอเตอร์ด้วยมุมกระตุ้น 0 องศาที่แรงดันตกคร่อม 100 Vdc ,1.76 A และ 1186.4 rpm ค่าเหล่านี้จะถูกรับกลับเข้ามาแล้วแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 5.17



รูปที่ 5.17 แสดงหน้าจอเมื่อรันมอเตอร์ที่แรงดัน 100 Vdc , 1.76 A และ 1186.4 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปต่อไปนี้แสดงผลการรันมอเตอร์โดยให้ค่ามุมกระตุ้นที่ 7ms แล้วทำการเปลี่ยนมุมกระตุ้นมาที่ 5 ms ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.18

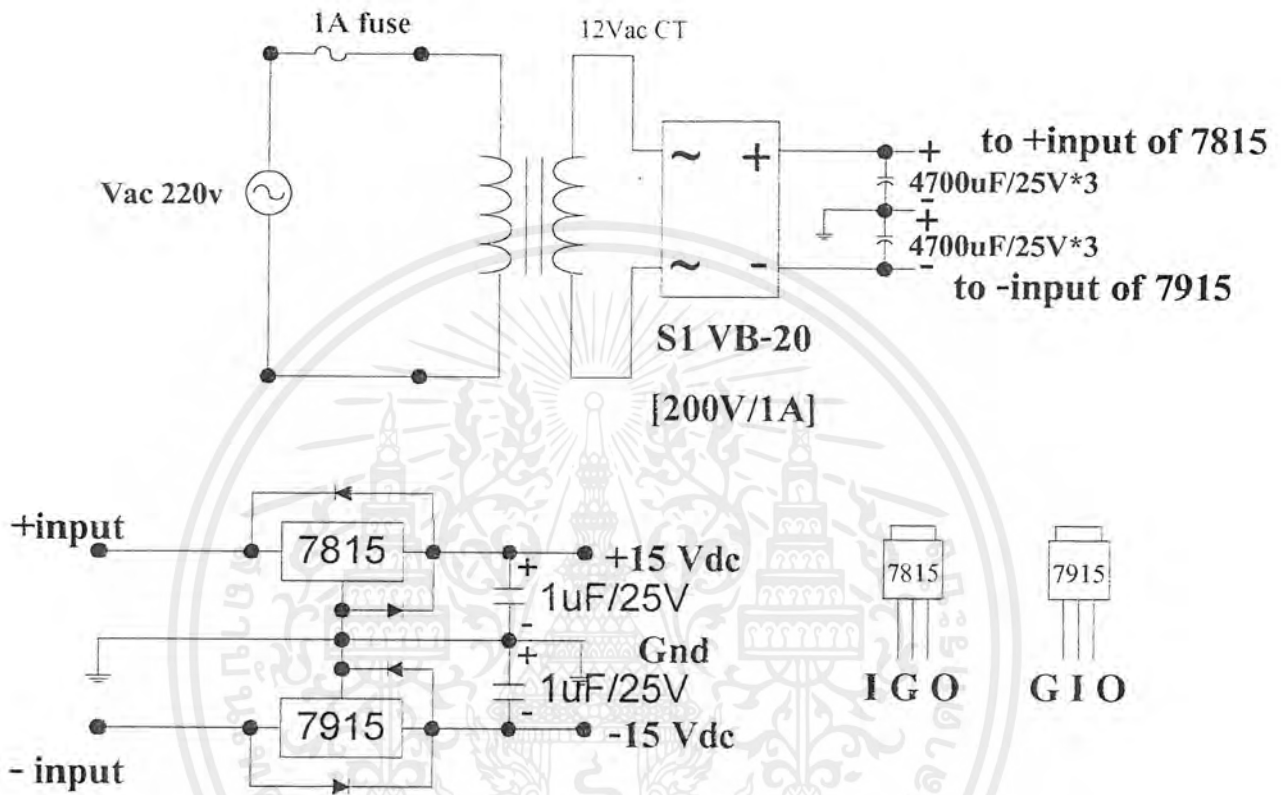


รูปที่ 5.18 แสดงหน้าจอกอมพิวเตอร์ ขณะทำการเปลี่ยนมุมกระตุ้นจาก 7ms เป็น 5 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายกำลังกระแสตรงสภาพชั่วแรงดันทางออกค่าบวกและลบ

สร้างแหล่งจ่ายกำลัง +15,-15V ขึ้นเพื่อที่จะ ไปป้อนให้กับวงจร Analog Multiplex



รูปที่ 5.19 แสดงวงจรแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง +15 V,-15 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทวิจารณ์และสรุป

6.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงปัญหาต่างๆที่พบขณะทำวิทยานิพนธ์ และวิธีการหรือแนวทางการแก้ไขปัญหา และตอนท้ายของบทนี้จะเป็นการสรุปวิทยานิพนธ์ที่ได้ทำขึ้น

6.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

แบ่งเป็นปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์และทางด้านซอฟต์แวร์

6.2.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขทางด้านฮาร์ดแวร์

-จากการทดลองเมื่อทำการตั้งให้มอเตอร์ทำงานขณะมีโหลด ทำให้กระแสที่ผ่านเข้ามาในวงจรนั้นสูงถึง 10 A ทำให้แผ่นวงจรไหม้ ซึ่งจะแก้ไขโดยทำ ลายวงจรให้กว้างขึ้น แล้วใช้ตะกั่วบัดกรีเพิ่มพื้นที่ให้กระแสไหลได้มากยิ่งขึ้น และทำการติดพัดลมเพื่อช่วยในการระบายความร้อนอีกที่หนึ่งด้วย ซึ่งจากการแก้ไขดังกล่าว สามารถลดความร้อนของแผ่นวงจรลงได้เป็นอย่างดี

-การรับค่าของตัว Analog Multiplex นั้นทำงานตามความเร็วของคอมพิวเตอร์ไม่ทัน ทำให้ผลของการรับค่า แรงดัน กระแส และความเร็วรอบนั้นไม่ถูกต้อง ซึ่งจะแก้ไขโดยการเขียนโปรแกรมให้หน่วงเวลาขณะที่รับค่าต่างๆ เข้ามาซึ่งแนวทางการแก้ไขนี้เกิดขึ้นคือทำให้คอมพิวเตอร์เสียเวลาในการทำงานนี้เป็นอย่างมาก ซึ่งอาจมีผลต่อระบบโดยรวมได้ ดังนั้นแนวทางการแก้ไขที่คาดว่าจะดีกว่าก็คือ หาตัว Analog Multiplex ที่มีประสิทธิภาพมากกว่านำมาใช้แทน

-การทำงานของวงจรวัดแรงดัน กระแส และความเร็วรอบนั้น ทำงานได้ขณะที่มอเตอร์เดินหน้าเพียงอย่างเดียว ทำให้เมื่อเวลาสั่งให้มอเตอร์ทำงานหมุนกลับ คอมพิวเตอร์ไม่สามารถรับค่ากลับมาได้ ซึ่งแนวทางการแก้ไขก็คือ ต้องสร้างวงจร Absolute ขึ้นมารับค่าแรงดัน กระแส และความเร็วรอบ

-การทำงานของวงจรวัดกระแส ซึ่งในที่นี้ใช้หม้อแปลงกระแส (Current Transformer) จากการทดลองจะได้รูปกระแสเป็นลูกคลื่น ทำให้เมื่อคอมพิวเตอร์ทำการสุ่มค่าออกมา 1 ค่าใน 1 ลูกคลื่น อาจจะไม่ใช่ค่าเฉลี่ยที่ต้องการ ทำให้ได้ผลการวัดคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ซึ่งแนวทางการแก้ไขคือ ใส่คาปาซิเตอร์ (Capacitor) คร่อมเอาที่พุดของวงจรวัดกระแส ทำให้ได้ค่าที่เรียบขึ้น แต่จากการแก้ไขดังกล่าวจะเกิดผลเสียคือการที่ใส่คาปาซิเตอร์เข้าไปนั้น จะทำให้ผลตอบสนองของระบบช้าขึ้น ยิ่งถ้าต้องการให้ค่าที่ออกมาจากวงจรวัดกระแสเรียบเท่าไร ก็ต้องใส่คาปาซิเตอร์ค่ามากขึ้น ทำให้ผลตอบสนองยิ่งช้ามากขึ้น หรืออาจแก้โดยการใส่ตัวเหนี่ยวนำ (L) เข้าไปต่ออนุกรมกับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดัดไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าอาร์เมเจอร์ไหลอย่างต่อเนื่อง แต่ข้อเสียคือ ตัวเหนี่ยวนำจะมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก

6.2.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขทางด้านซอฟต์แวร์

การอินเทอร์รัพต์คอมพิวเตอร์ ช่วงแรกของการเขียนโปรแกรมได้มีการเขียนให้มีอินเทอร์รัพต์เวกเตอร์ 2 ตัว คือ อินเทอร์รัพต์จากวงจร 1 ตัว และ อินเทอร์รัพต์ทางคีย์บอร์ดอีก 1 ตัว ทำให้มีการเกิดสแตกโอเวอร์โฟล (Stack Overflow) ทำให้เครื่องแฮงค์บ่อยมาก การแก้ไขคือทำให้มีอินเทอร์รัพต์จากวงจรเพียงตัวเดียว ส่วนทางคีย์บอร์ดจะใช้การวน (Pooling) แทน ทำให้ไม่เกิดสแตกโอเวอร์โฟลขึ้นอีกเลย

6.3 แนวทางการพัฒนา

จากบทที่ 3 ได้พูดถึงเทคนิค Identification ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การประมาณแบบ Recursive Least Square (RLS) นั้น เหมาะกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดังที่ได้กล่าวเหตุผลไปแล้ว ซึ่งสามารถนำหลักการดังกล่าว ไปทำการเขียน โปรแกรมเทคนิค Identification ได้ ซึ่งจะทำให้ระบบควบคุมชนิดนี้สามารถควบคุมมอเตอร์ได้โดยไม่ต้องทราบ โมเดลภายในของมอเตอร์

6.4 บทสรุป

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แสดงการออกแบบ และสร้างระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก โดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังทำหน้าที่ขับมอเตอร์ และมีระบบควบคุมโดยใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมระบบแทนที่จะใช้ PID เหมือนแบบสมัยเก่า การสร้างสัญญาณอินเทอร์รัพต์จากภายนอก จะทำให้คอมพิวเตอร์ซึ่ง โคร ในซึ่กับระบบภายนอกได้และจากการใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมทำให้สามารถนำเทคนิค Identification มาทำการคำนวณหาพารามิเตอร์ของระบบได้ ทำให้ระบบควบคุมชนิดนี้สามารถใช้ควบคุมมอเตอร์ที่ไม่ทราบ โมเดลของมอเตอร์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. นนทวัฒน์ จุลเดชะ เป็นอย่างสูง ที่ได้สละเวลามาให้คำสอน คำแนะนำ และช่วยแก้ปัญหาต่างๆมาโดยตลอด ขอขอบคุณ อาจารย์ ชรินทร์ ที่ได้ช่วยในการเตรียมตัวฟรีเซนต์ ขอขอบคุณ พี่เบ๊ ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำ อธิบายหลักการต่างๆ ตลอดเวลาที่ทำโปรเจกต์ แล้วยังเปิดห้องให้อยู่ศึกษาได้ ขอขอบคุณพี่ยอซ์ที่ช่วยอธิบายเรื่องเทคนิค Identification ให้ ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้แก่ผู้เขียนมาโดยตลอด ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจให้ โดยเฉพาะ โน้ตที่ให้คำแนะนำด้านการเขียน MathLab และมีลัคี่ที่ช่วยในการพิมพ์วิทยานิพนธ์ และนอกจากนี้แล้วขอขอบคุณ คุณแม่ของข้าพเจ้าที่ได้ให้กำลังใจและทุนในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. จิติ หนูแก้ว, "เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC กับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อประยุกต์ใช้งาน
ต่างๆ , ซีไอเคยูเคชั่น ,2534
2. รัชนา ศรีประโม่ง, " การเขียน โปรแกรมภาษาซี สำหรับวิศวกรรม" ,โครงการตำราวิชา
การมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.2538
3. คู่มือการใช้การ์ด ET-DIO ของบริษัท อีทีที จำกัด
4. Cyril W. Lander , "Power Electronics" , McGraw-Hill book Company (UK) LTD,
1981
5. Ioan Dore LANDAU,"System Identification and Control Design using
P.I.M.+software ",Prentice Hall
6. Lennart Ljung ,," System Identification : Theory for the User ",Prentice-
Hall,Inc.,1987
7. Muhammad Harunur Rashid, Power Electronics circuits.Devices ,and Applications ,
Prentice-Hall,1988
8. Muhammad Ali Mazidi and Janice Gillispie Mazidi ,," The 80x86 IBM
PC&Compatible computers volumn II :Design and Interfacing of the IBM PC,PS
and compatibles, Prentice-Hall ,1988
9. S.B. Dewan and A. Stranughen, "Power semiconductor circuits" ,John Wily & Sons
,Inc.,1975
10. Sen,P.C.,Thyristor DC Drives. New york: John Wiley&Sons,Inc.,1965
11. Suty,George, " Programmer 's Guide to the EGA/VGA ". Simon &
Schuster,Inc.,1988

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



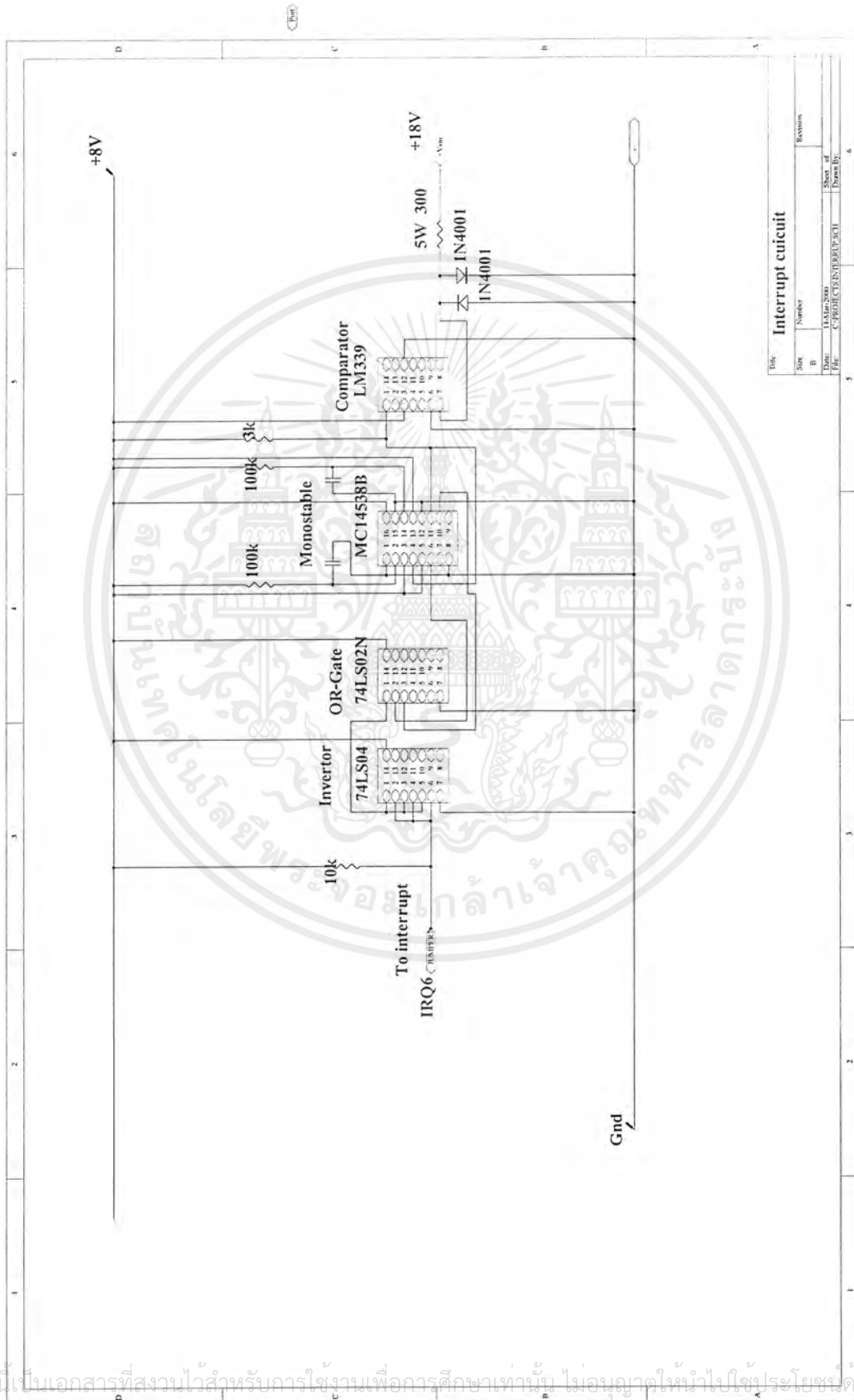
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Drive Motor

Size	Number	Revision
B		
Date:	14 Mar 2009	Sheet of
File:	C:\PROJ\CS\BRIJ3.SCH	Drawn By:

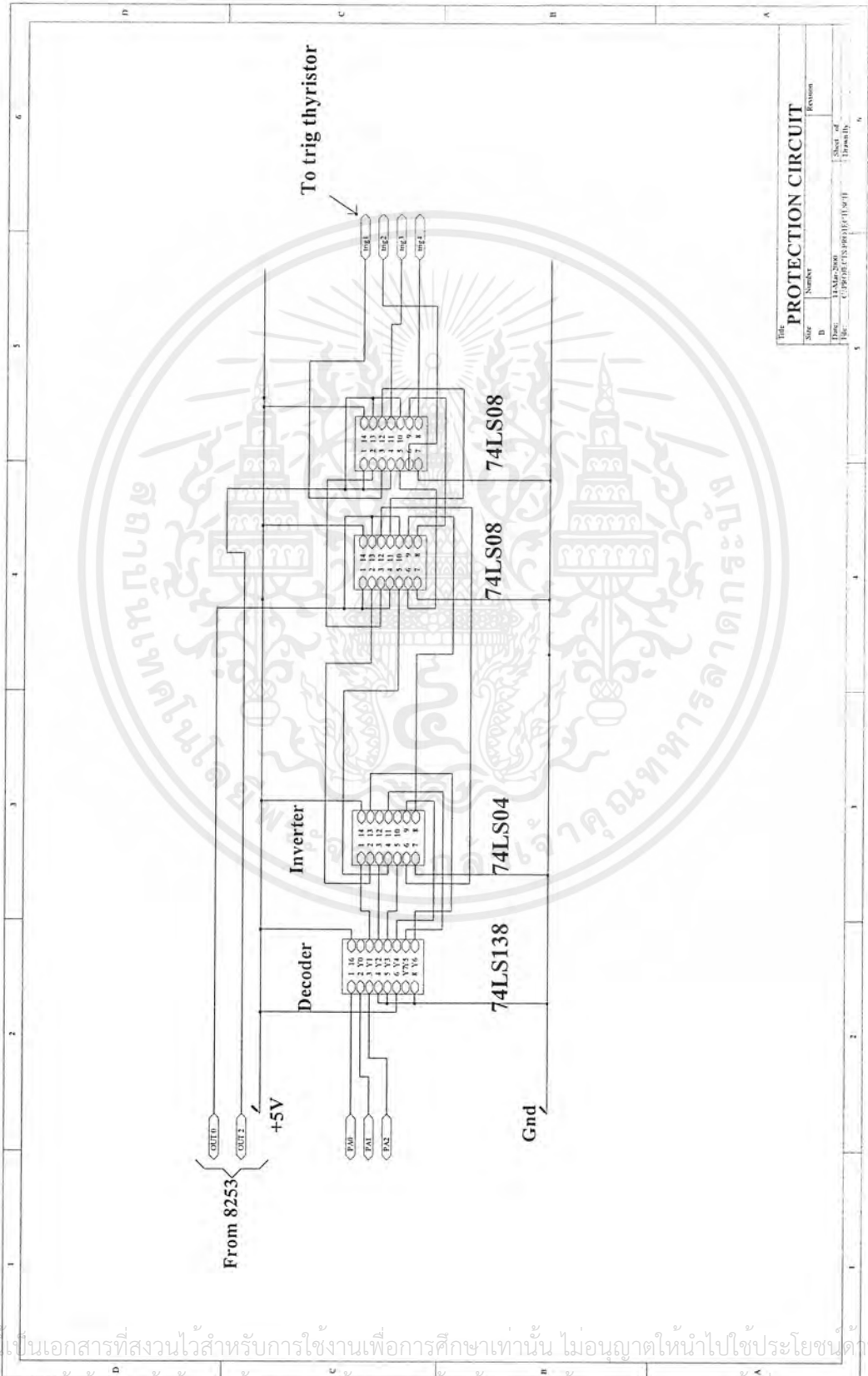
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title			
Size	Number	Revision	
B			
Date: 14/06/2000			
File: C:\PROFECTS\INTERUPC01			
Sheet of		Drawn By:	
6			

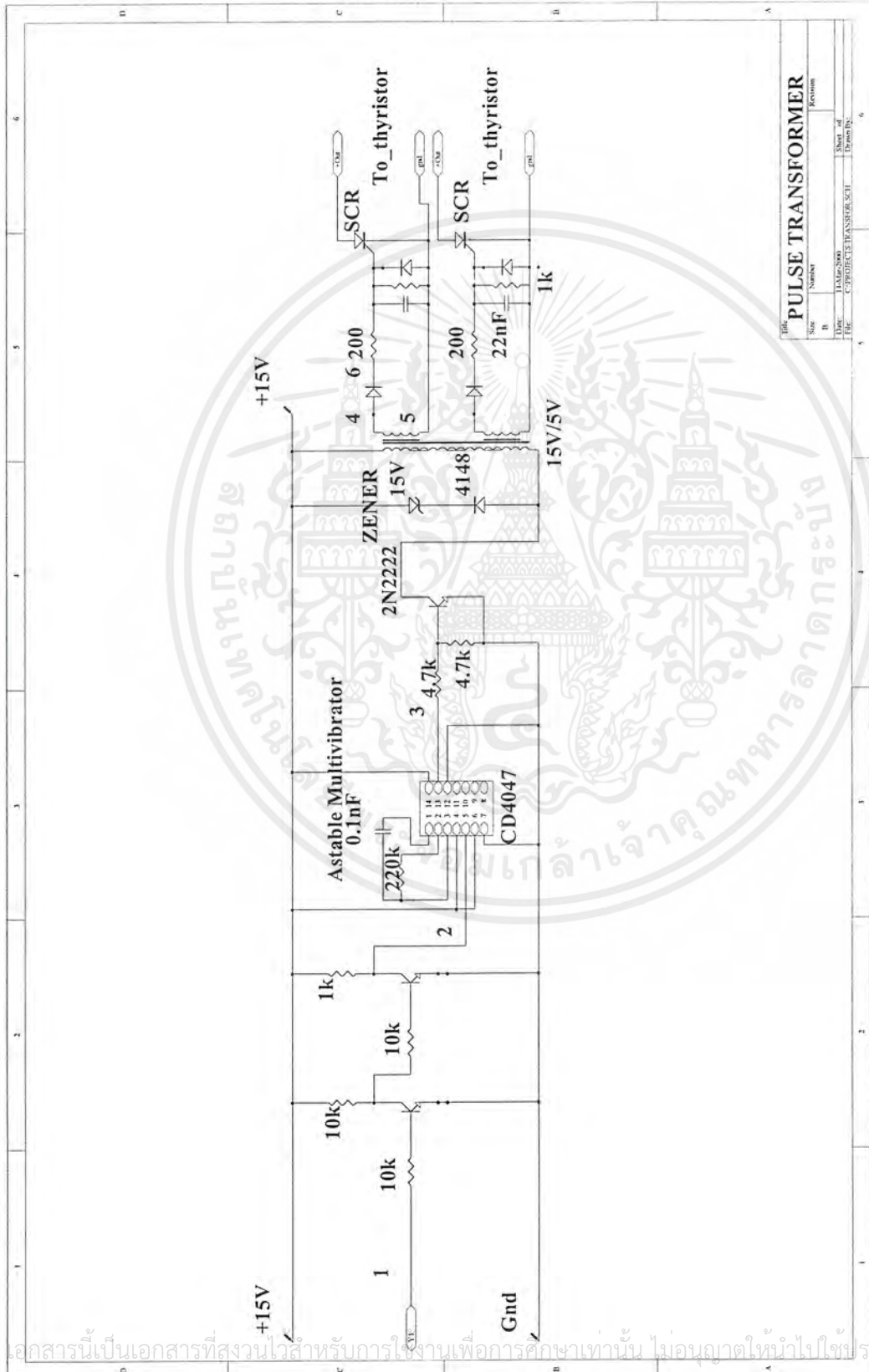
Interrupt cuicuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



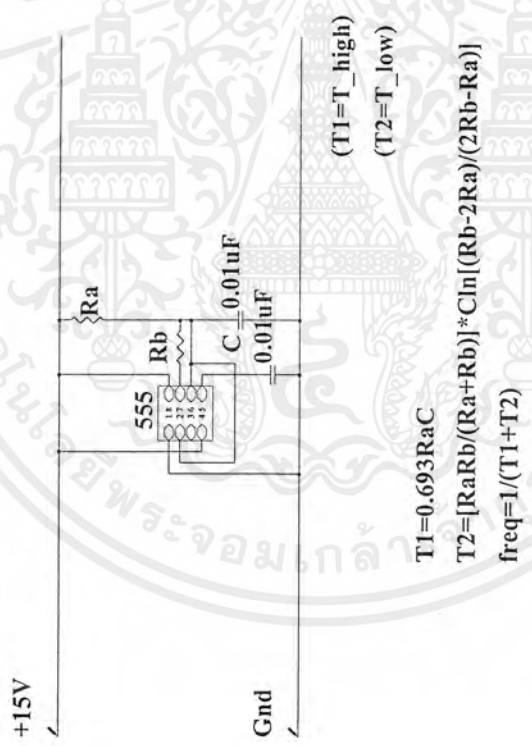
Title		PROTECTION CIRCUIT	
Size	Number	Revision	
D	11AM-2008		
Doc. No.		Sheet of	
CPEP11551017(1/01)		1	
		Threatly	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title: PULSE TRANSFORMER			
Size	Number	Revision	
B			
Date:	14/06/2008	Sheet of	6
File:	C:\PROJECTS\TRANSFORMER.SCH	Drawn by:	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$(T1 = T_{high})$
 $(T2 = T_{low})$

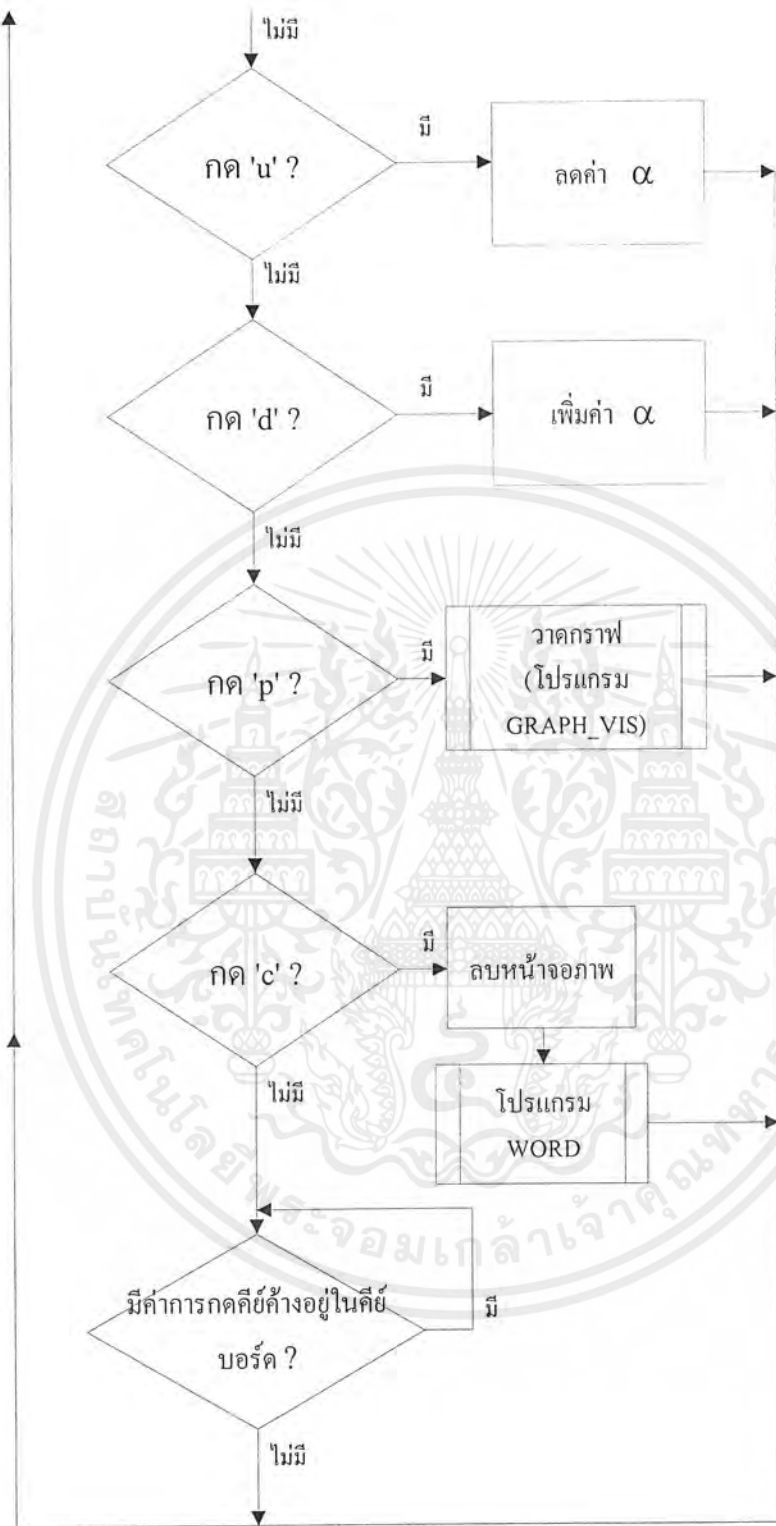
วงจรร่างกายสัญญาณพิก			
Title	Number	Revision	
Size			
II			
Date:	15/Jan/2001	Sheet of	6
File:	C:\PROB\CE100\LA1.ECT	Drawn By:	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมMAIN

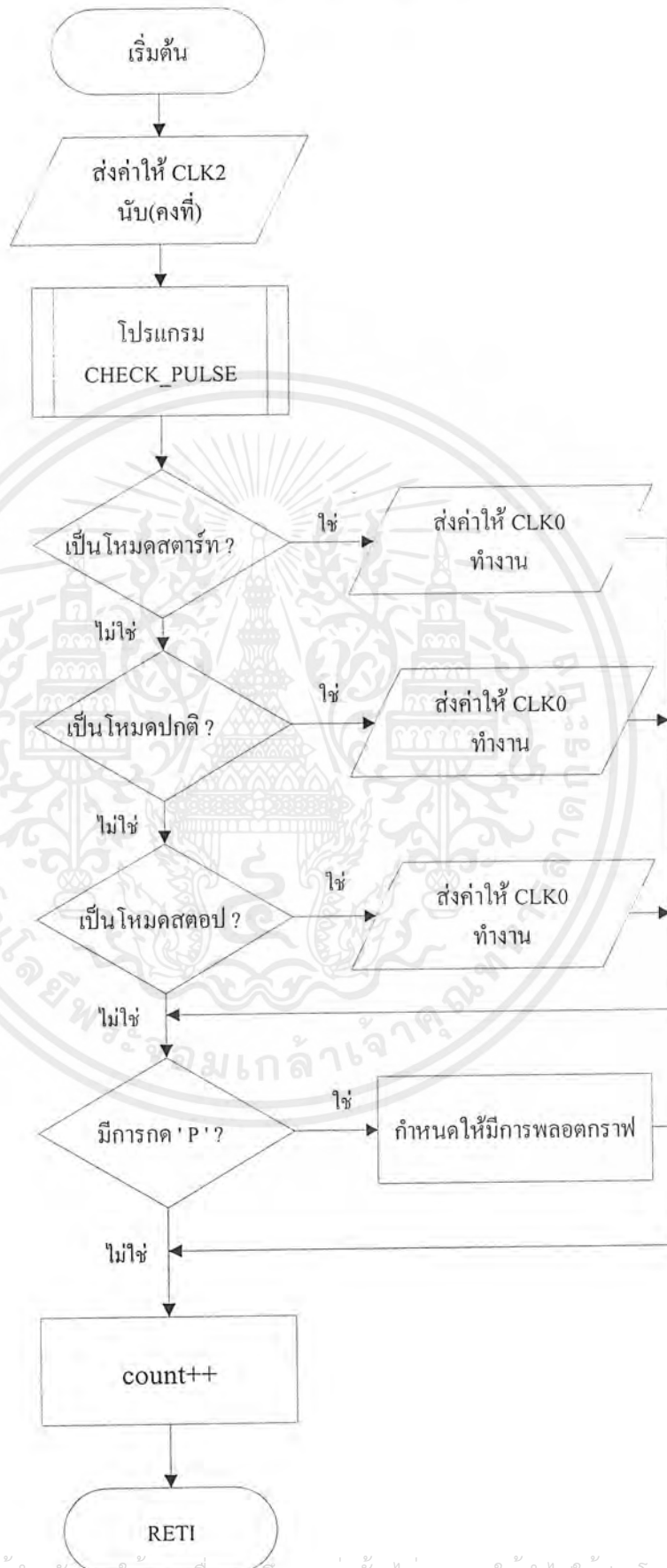


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



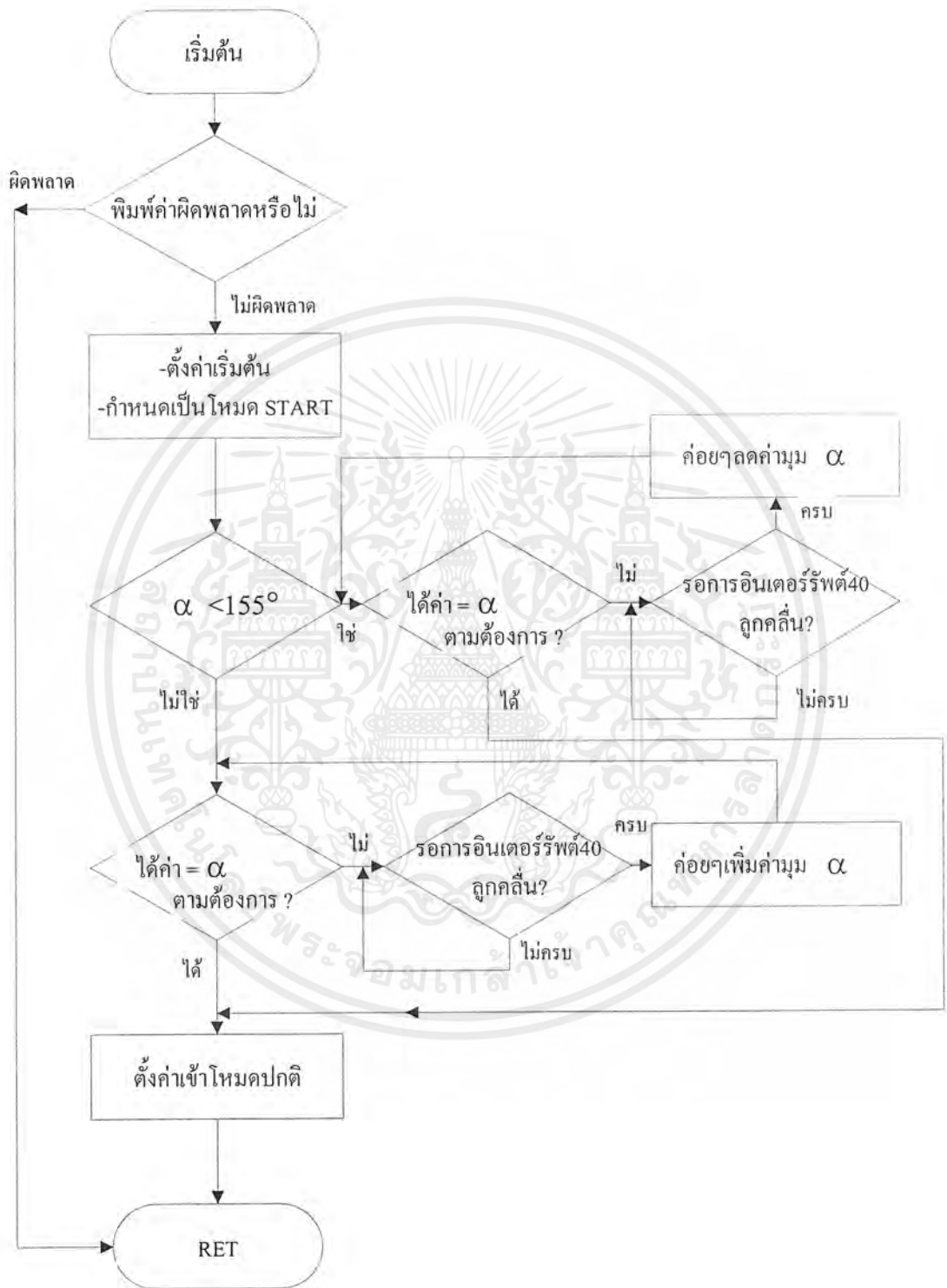
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MYINTERRUPT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

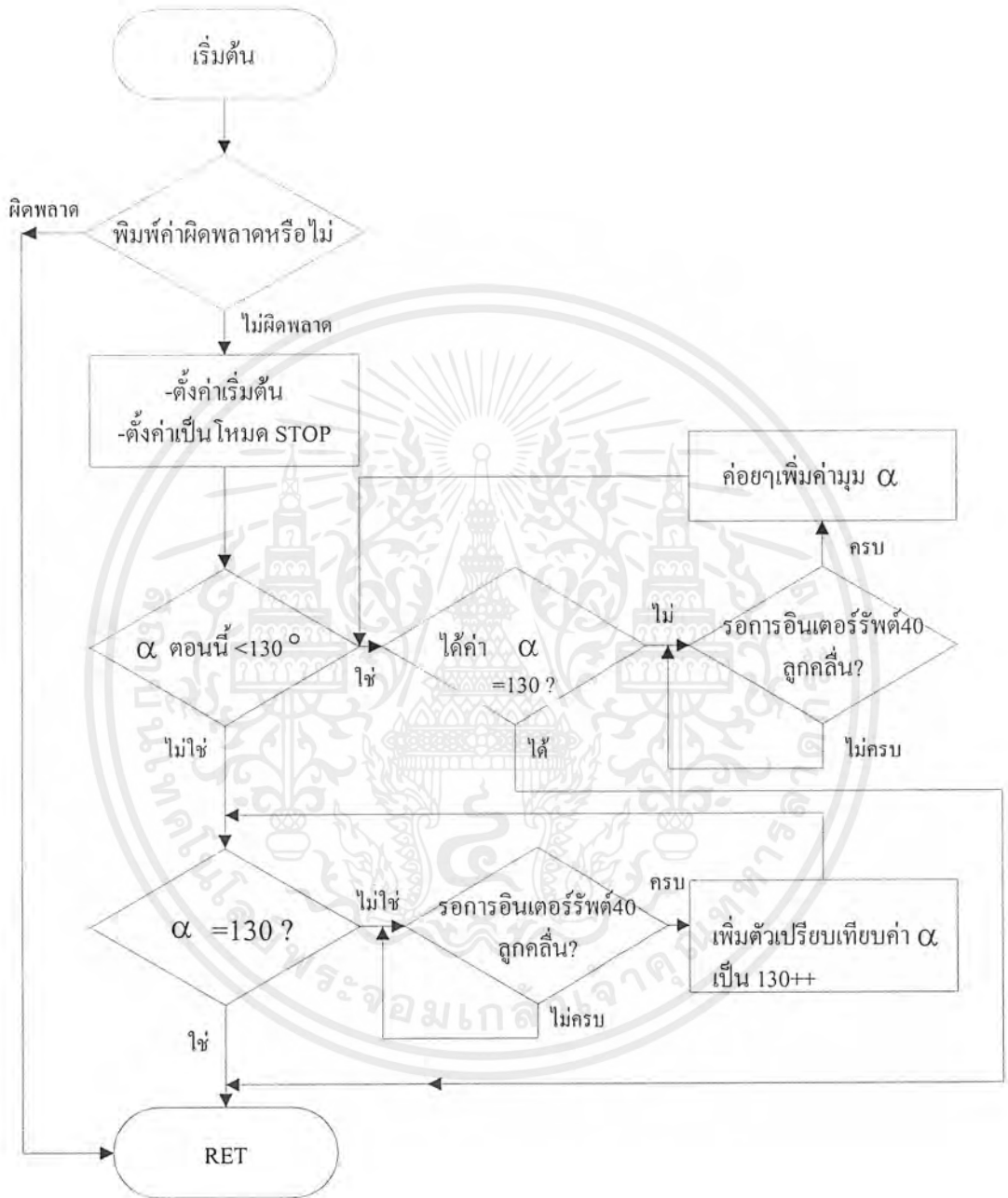
โปรแกรม START



*มุม 155 เป็นมุมเริ่มแรกของการสตาร์ทมอเตอร์

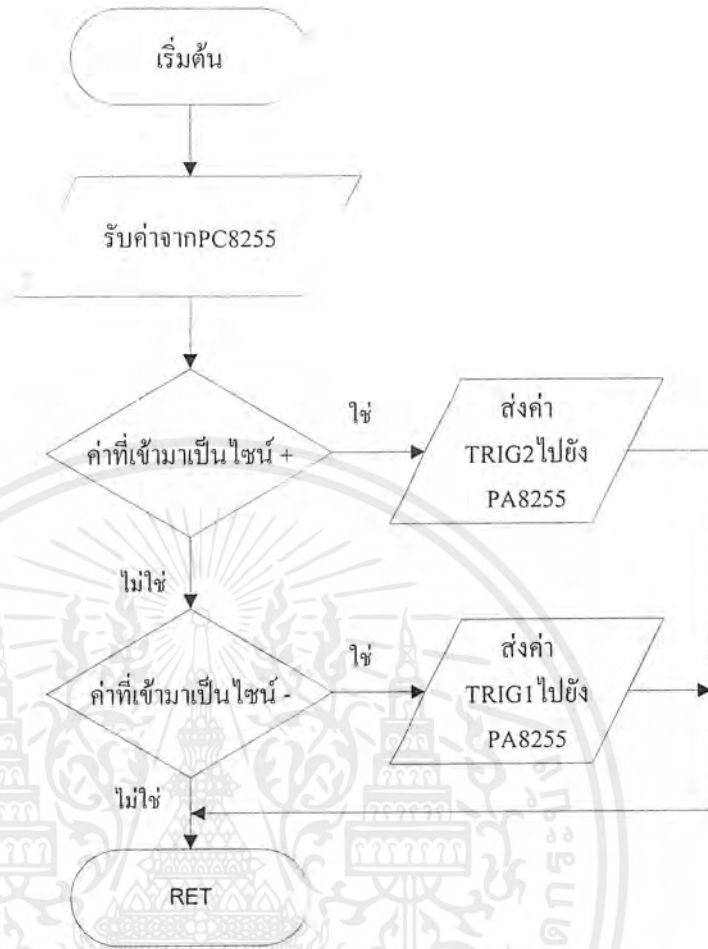
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม STOP

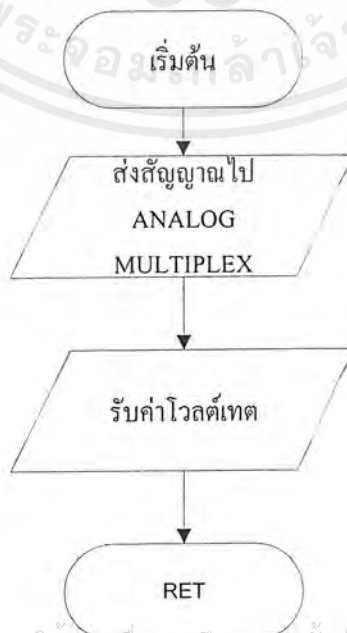


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม CHECK_PULSE

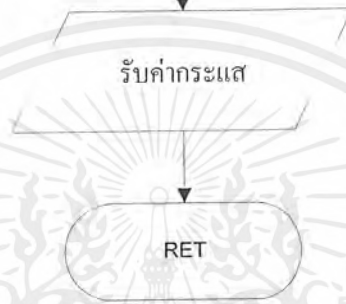
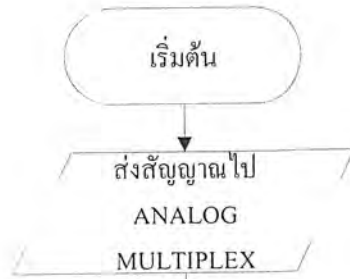


โปรแกรม RECIEVE_V

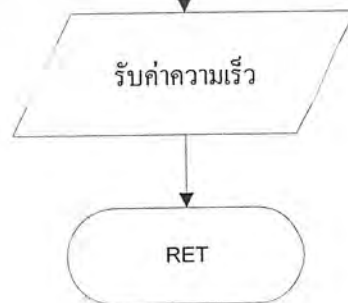


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม RECIEVE_I

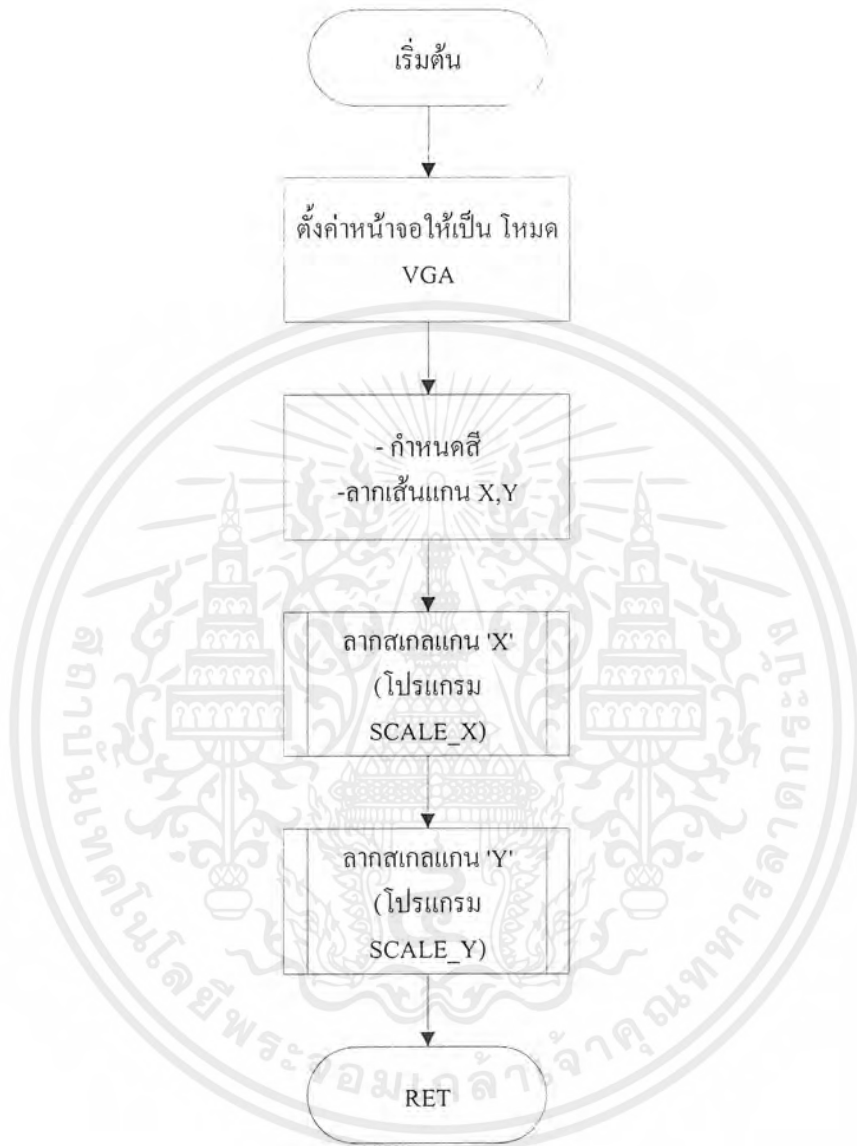


โปรแกรม RECIEVE_S



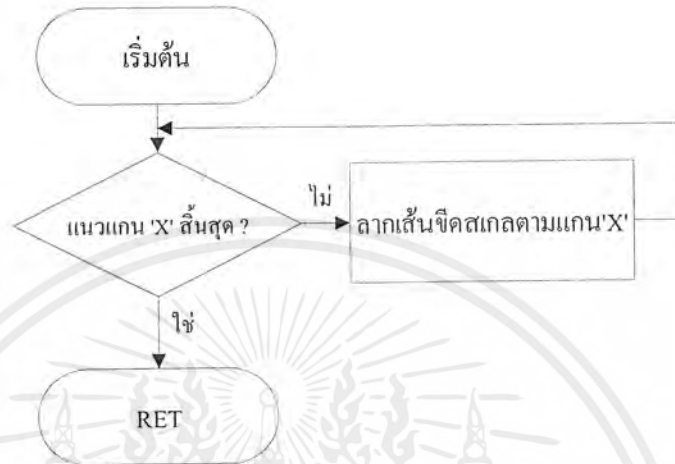
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม GRAPH_VIS

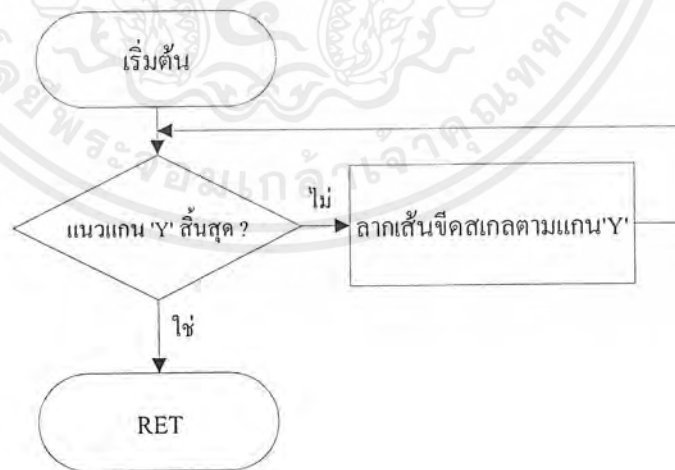


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม SCALE_X

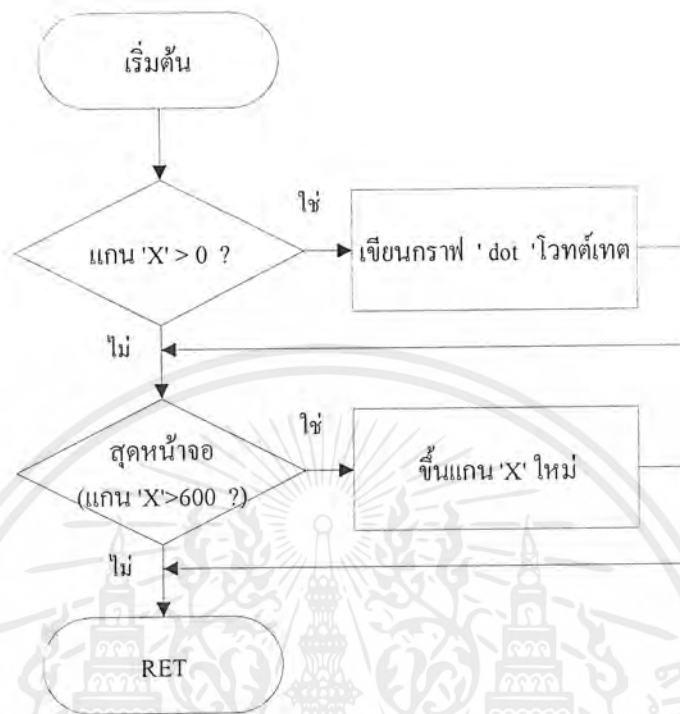


โปรแกรม SCALE_Y

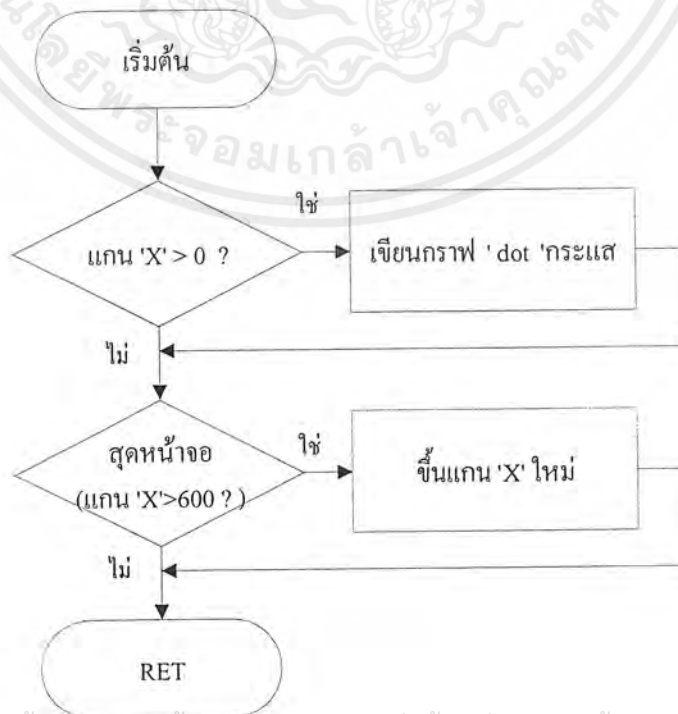


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม PLOT_RECVIEEVOLTAGE

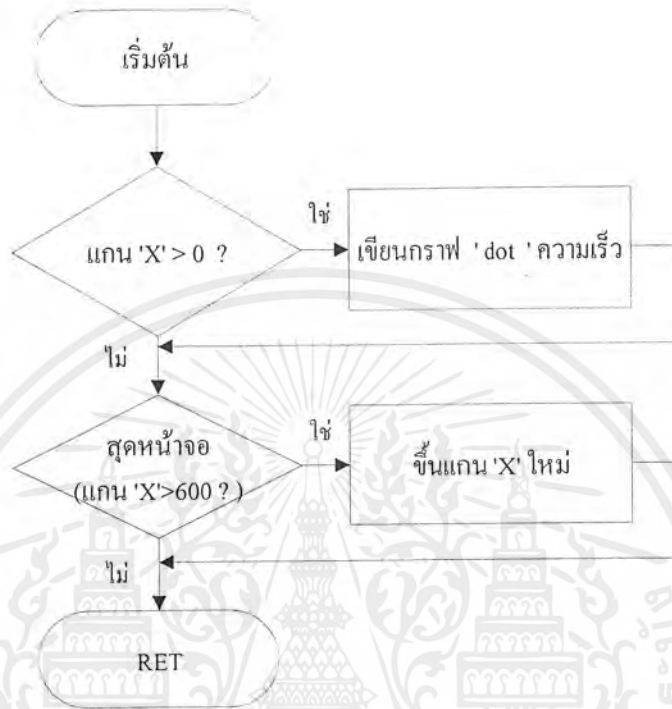


โปรแกรม PLOT_RECVIEVECURRENT

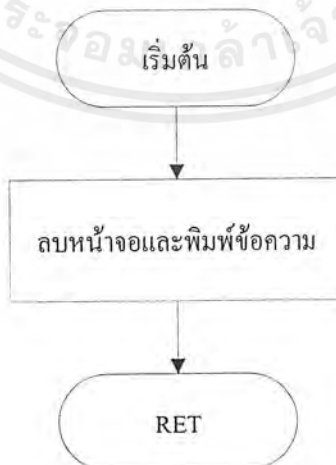


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม PLOT_RECIEVESPEED



โปรแกรม WORD



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include<stdio.h>
#include<dos.h>
#include<stdlib.h>
#include<conio.h>
#include<graphics.h>
#include<alloc.h>
#include<process.h>
#include<time.h>
#include<math.h>

#define BBB 0x0a                /* SET INTERRUPT VECTOR */

#define PA8255 0x300
#define PB8255 0x301
#define PC8255 0x302
#define PCON8255 0x303

#define PCOUNT0 0x304
#define PCOUNT1 0x305
#define PCOUNT2 0x306
#define PCON8253 0x307

#define PORT_AD1 0x30A

#define KBD 0x09                /* SET INTERRUPT KEYBOARD */
#define KBD_PORT 0x60
#define HWINT_PORT 0x20
#define HWINT_EOI 0x20

void clrscr(void);

void interrupt myintfunction(void);
void interrupt (*oldintfunction)(void);

float recieve_V(void);
float recieve_I(void);
float recieve_S(void);
float plot_recievecurrent(void);
float plot_recievecurrent(void);
float plot_recievespeed(void);
float feedback_voltage;
float feedback_current;
float feedback_speed;

float graph_VIS(void);
float graph_current(void);
float graph_speed(void);
char word(void);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int scalex(int x1,int x2);
int scaley(int y1,int y2);
int xscale=0;
int yscale=0;
int org_scalex;
int org_scaley;

int checkpulse(void);
unsigned int start(void);
unsigned int stop(void);
int count,fpulse,value,gate0,f_start,n_start,n_stop,chk_graph,flag_graph,
    num_v,num_i,num_s,count_graph,flag_V,flag_I,flag_S,key_right;
int loop;
int exit_program;

volatile int c=0;

unsigned int trig1;
unsigned int trig2;
unsigned int value1;
unsigned int value2;
unsigned int oldvalue1;
unsigned int oldvalue2;
unsigned int init_start1;
unsigned int init_start2;
unsigned int init_stop1;
unsigned int init_stop2;
unsigned int sp_value1;
unsigned int sp_value2;

char direction;
char key;
FILE *v,*i,*s;

void main(void)
{
    char quit;
    exit_program=0;

    while (exit_program<100)
    {
        v=fopen("v.dat","w");
        i=fopen("i.dat","w");
        s=fopen("s.dat","w");
        chk_graph=0;
        count_graph=0;
        flag_graph=0;
        key_right=0;
        flag_V=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

flag_l=0;
flag_S=0;

outp(PCON8255,0x89); /* PA,PB OUT PC IN */
outp(PA8255,0x00);
loop=0;
count=1;
clrscr();
printf("***** DRIVE MOTOR *****\n");
printf("FORWARD OR REVERSE (F,R)");
direction=getche();
printf("\nWANT DELAY..ms(0..9)");
scanf("%x",&value);
switch (direction) {
    case 'F':printf("\n----->FORWARD\n");
        trig1=0x01;
        trig2=0x04;
        break;
    case 'f':printf("\n----->FORWARD\n");
        trig1=0x01;
        trig2=0x04;
        break;
    case 'R':printf("\n<-----REVERSE\n");
        trig1=0x02;
        trig2=0x03;
        break;
    case 'r':printf("\n<-----REVERSE\n");
        trig1=0x02;
        trig2=0x03;
        break;
    default: clrscr();
        printf("\n !WRONG! You must press 'F' or 'R'\n");
        key_right=1;
        break;
}

switch (value) {
    case 0:printf("DELAY 0 ms\n");
        value1=0x01;
        value2=0x00;
        break;
    case 1:printf("DELAY 1 ms\n");
        value1=0x14;
        value2=0x00;
        break;
    case 2:printf("DELAY 2 ms\n");
        value1=0x28;
        value2=0x00;
        break;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

case 3:printf("DELAY 3 ms\n");
value1=0x3C;
value2=0x00;
break;
case 4:printf("DELAY 4 ms\n");
value1=0x50;
value2=0x00;
break;
case 5:printf("DELAY 5 ms\n");
value1=0x64;
value2=0x00;
break;
case 6:printf("DELAY 6 ms\n");
value1=0x78;
value2=0x00;
break;
case 7:printf("DELAY 7 ms\n");
value1=0x8C;
value2=0x00;
break;
case 8:printf("DELAY 8 ms\n");
value1=0xA0;
value2=0x00;
break;
case 9:printf("DELAY 9 ms\n");
value1=0xB4;
value2=0x00;
break;
default: break;
}

```

```

printf("now set interrupt vector\n");
oldintfunction=getvect(BBB); /* SET INTERRUPT ZERO CROSSING */
setvect(BBB,myintfunction);
start();
word();

/* LOOP MAIN */
while (loop<10000)
{
if ((flag_graph==1)&&(count_graph==20)) /* count_graph-->freq int t
he plot */
{
feedback_voltage=recieve_V();
plot_recievevoltage();
feedback_current=recieve_I();
plot_recievecurrent();
feedback_speed=recieve_S();
plot_recievespeed();
flag_graph=0; /* CLEAR flag_graph */
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        count_graph=0; /* CLEAR count_graph */
    }

while(kbhit()          /* WHEN PRESS ANY KEY */
{ key=getch();
  switch(key)
  {
  case 'q': chk_graph=0;
            closegraph();
            loop=10001; /* PRESS 'q'-->QUIT */
            count=1;
            break;
  case 'u': /* PRESS 'UP'-->UP SPEED */
            flag_graph=1;
            if ((value1>1)&&(value1<=180))
                { gotoxy(1,24);
                  printf("UP   %.2x\r",value1);
                  value1=value1-1;
                } else {
                  gotoxy(1,24);
                  printf("SPEED MAX\r");
                }
            break;
  case 'd': /* PRESS 'DOWN'-->DOWN SPEED */
            flag_graph=1;
            if ((value1>=1)&&(value1<180))
                { gotoxy(1,24);
                  printf("DOWN  %.2x\r",value1);
                  value1=value1+1;
                } else {
                  gotoxy(1,24);
                  printf("SPEED MIN\r");
                }
            break;
  case 's': printf("WANT SPEED\n"); /*PRESS 'S'-->WANT SP
EED */
            flag_graph=1;
            break;
  case 'p': chk_graph=1;          /* ON CHECK GRAPH */
            count_graph=0;
            num_v=0;              /* COUNT FOR GRAPH */
            num_i=0;
            num_s=0;
            graph_VIS();         /* GRAPH LINE */
            break;
  case 'c': chk_graph=0;          /* CLEAR SCREEN */
            closegraph();
            word();
            break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        default: break;
    } /* END SWITCH */
    while (kbhit()) getch();
} /* END WHILE(KBHIT) */
} /* END WHILE(LOOP) */
chk_graph=0;
stop();
outp(PCON8253,0xB6);
outp(PCOUNT2,0x00);
outp(PCOUNT2,0x00);
outp(PA8255,0x00);
setvect(BBB,oldintfunction);
printf(" READY STOP\n");
fclose(v);
fclose(i);
fclose(s);
printf("WANT TO EXIT PROGRAM:(y/n)");
quit=getche();
if (quit=='n') { printf("\nCONTINUE.....\n");
    delay(3000);
} else {
    printf("\nEXIT PROGRAM\n");
    exit_program=101;
}
outp(PCON8253,0xB6);
outp(PCOUNT2,0x00);
outp(PCOUNT2,0x00);
outp(PA8255,0x00);
} /* END WHILE MAIN LOOP */
} /* END MAIN */

void interrupt myintfunction(void)
{ flag_V=1; /* START GRAPH */
  flag_I=1;
  flag_S=1;

  outp(PCON8253,0xB6); /* CLK 2 (FIX) IN MODE 3(SQUARE WAVE) */
  /
  outp(PCOUNT2,0x88);
  outp(PCOUNT2,0x01);

  checkpulse(); /* CHECK LOW-HIGH */
  switch (f_start) { /* CLK0 IN MODE 0(INTERRUPT MODE) */
    case 1: outp(PCON8253,0x30); /* FOR STARTING */
            outp(PCOUNT0,init_start1);
            outp(PCOUNT0,init_start2);
            break;
    case 2: outp(PCON8253,0x30); /* CLK 0 */
            outp(PCOUNT0,value1);
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        outp(PCOUNT0,value2);
        break;
    case 3: outp(PCON8253,0x30);          /* FOR STOP */
        outp(PCOUNT0,sp_value1);
        outp(PCOUNT0,sp_value2);
        break;

    default: break;
}

if (chk_graph==1)          /* SET WHEN PRESS 'P' */
{
    count_graph++;
    flag_graph=1; /* ON DRAWING GRAPH */
}

count++;
oldintfunction();
}

int checkpulse(void)      /* CHECK HIGH OR LOW (ZERO-CRESSING)*/
{
    fpulse=inp(PC8255);
    fpulse=(fpulse&0x01);
    switch (fpulse)
    {
        case 0: outp(PA8255,trig1);
            break;
        case 1: outp(PA8255,trig2);
            break;
        default:break;
    }
    return fpulse;
}

float recieve_V(void)     /* FOR RECIEVE VOLTAGE */
{
    outp(PB8255,0x01);
    delay(1);
    feedback_voltage=inport(PORT_AD1);
    feedback_voltage=((feedback_voltage)/13107*100);
    return feedback_voltage;
}

float recieve_I(void)     /* FOR RECIEVE CURRENT */
{
    outp(PB8255,0x03);
    delay(1);
    feedback_current=inport(PORT_AD1);
    feedback_current=((feedback_current)/13107*100);
    return feedback_current;
}

float recieve_S(void)     /* FOR RECIEVE SPEED */
{
    outp(PB8255,0x05);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    delay(1);
    feedback_speed=inport(PORT_AD1);
    feedback_speed=((feedback_speed)/13107*100);
    return feedback_speed;
}
unsigned int start(void)          /* FOR START MOTOR */
{ if (key_right==1) {           /* CHECK key_right */
    value1=0xAF;
    loop=10001;
    }
    init_start1=0xAF;          /* SET INITIAL START */
    init_start2=0x00;
    f_start=1;
    n_start=1;
    if (init_start1>value1) {
        while (init_start1>value1) /*FOR DELAY 0..7*
        { printf("WAIT! STARTING %d\r",n_start);
          while (count<20);
          n_start++;
          init_start1--;
          count=1;
        }
        }else
        {while (init_start1<value1) /*FOR DELAY 8..9*
        { printf("WAIT! STARTING %d\r",n_start);
          while (count<20);
          n_start++;
          init_start1++;
          count=1;
        }
        }
    printf("READY.....START.\n");
    f_start=2;
    return f_start,n_start,count,init_start1;
}
unsigned int stop(void)         /* FOR STOP MOTOR */
{
    sp_value1=value1;
    sp_value2=value2;
    init_stop1=0x90;
    init_stop2=0x00;
    f_start=3;
    n_stop=1;
    if (key_right==1) sp_value1=0x90;
    if (init_stop1>sp_value1) {
        while (init_stop1>sp_value1)
        { printf("STOPING %d\r",n_stop);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        while (count<10);
        n_stop++;
        count=1;
        sp_value1++;
    }
}
else
{
    while (init_stop1<sp_value1)
    { printf("STOPING %d\r",n_stop);
      while (count<10);
      n_stop++;
      count=1;
      sp_value1--;
    }
}
printf("READY.....STOP\n");
f_start=4;
return sp_value1,sp_value2,f_start;
}
float graph_VIS(void)
{
    int gdriver=DETECT,gmode;          /* SET MONITOR */
    initgraph(&gdriver,&gmode,"");
    clrscr();
    xscale=0;
    yscale=0;
    org_scalex=30;
    org_scaley=350;
    setcolor(9);                       /* LIGHT BLUE */
    outtextxy(540,10,"---VOLTAGE");
    setcolor(2);                       /* GREEN */
    outtextxy(540,20,"---CURRENT");
    setcolor(14);                      /* YELLOW */
    outtextxy(540,30,"---SPEED");
    setcolor(5);                       /* LINE MAGENTA */
    line(org_scalex,20,org_scalex,org_scaley); /* VERTICAL */
    line(org_scalex,org_scaley,630,org_scaley); /* HORIZONTAL */
    outtextxy(250,380,"===GRAPH===");
    outtextxy(30,10,"VOLTAGE (V)");
    outtextxy(550,370,"time(*10s)");
    scalex(80,630);
    scaley(50,350);
    return org_scalex,org_scaley;
}

int scalex(int x1,int x2)             /* MAKE SCALE X */
{ int scale,x;
  char scale1[5];
  scale=1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

x=x1;
while (x<x2)
{ line(x,347,x,353);
  sprintf(scale1,"%d",scale); /* MAKE IT STRING */
  outtextxy(x,355,scale1);
  x=x+50;          /* VALUE SCALE X */
  scale++;
}
return x1,x2;
}

int scaley(int y1,int y2)      /* MAKE SCALE Y */
{ int scale,y;
  char scale1[5];
  scale=0;
  y=y2;
  while (y1<=y)
  { line(28,y,32,y);
    sprintf(scale1,"%d",scale); /* MAKE IT STRING */
    outtextxy(5,y,scale1);
    y=y-60;          /* VALUE SCALE Y */
    scale++;
  }
  return y1,y2;
}

float plot_recievevoltage(void)
{
  int x=0;
  int y=0;
  int x_scale=30;
  int y_scale=350;
  if (x>=0) {
    x=x_scale+num_v;
    y=y_scale-(feedback_voltage*3/5);
    putpixel(x,y,9);
    fprintf(v,"%d %.2f\n",x,feedback_voltage/100);
  }
  gotoxy(67,20);printf("voltage:%.2f\r",feedback_voltage/100);

  if (x>=600) {
    num_v=0;
  }
  num_v++;
  return num_v;
}

float plot_recievecurrent(void)
{
  int x=0;
  int y=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int x_scale=30;
int y_scale=350;
if (x>=0) {
    x=x_scale+num_i;
    y=y_scale-(feedback_current*3/5);
    putpixel(x,y,2);
    fprintf(i,"%d %.2f\n",x,feedback_current/100);
}
gotoxy(67,21);printf("current:%.2f\r",feedback_current/100);
if (x>=600) {
    num_i=0;
}
num_i++;
return num_i;
}

float plot_recievespeed(void)
{ int x=0;
  int y=0;
  int x_scale=30;
  int y_scale=350;
  if (x>=0) {
      x=x_scale+num_s;
      y=y_scale-(feedback_speed*3/5);
      putpixel(x,y,14);
      fprintf(s,"%d %.2f\n",x,feedback_speed/100);
  }
  gotoxy(67,22);printf("speed:%.2f\r",feedback_speed/100);

  if (x>=600) {
      num_s=0;
  }
  num_s++;
  return num_s;
}

char word(void)
{ clrscr();
  gotoxy(10,2);printf("***** KEYWORD *****\n");
  gotoxy(10,4); printf("PRESS (U) :INCREASE VOLTAGE\n");
  gotoxy(10,5); printf("PRESS (D) :DECREASE VOLTAGE\n");
  gotoxy(10,6); printf("PRESS (P) :PLOT GRAPH\n");
  gotoxy(10,7); printf("PRESS (C) :CLEAR SCREEN\n");
  gotoxy(10,8); printf("PRESS (Q) :QUIT PROGRAM\n");
  if (key_right==1) clrscr();
  return ;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCR225-8FP, MCR225-10FP

Preferred Device

Silicon Controlled Rectifiers

Reverse Blocking Thyristors

Designed primarily for half-wave ac control applications, such as motor controls, heating controls and power supply crowbar circuits.

- Glass Passivated Junctions with Center Gate Fire for Greater Parameter Uniformity and Stability
- Small, Rugged, Thermowatt Constructed for Low Thermal Resistance, High Heat Dissipation and Durability
- Blocking Voltage to 800 Volts
- 300 A Surge Current Capability
- Insulated Package Simplifies Mounting
- **UL** Indicates UL Registered — File #E69369
- Device Marking: Logo, Device Type, e.g., MCR225-8FP, Date Code



ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

ISOLATED SCRs (UL)
25 AMPERES RMS
600 thru 800 VOLTS



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

Rating	Symbol	Value	Unit
Peak Repetitive Off-State Voltage ⁽¹⁾ ($T_J = -40$ to $+125^\circ\text{C}$, Sine Wave, 50 to 60 Hz, Gate Open) MCR225-8FP MCR225-10FP	V_{DRM} , V_{RRM}	600 800	Volts
On-State RMS Current ($T_C = +70^\circ\text{C}$) (180° Conduction Angles)	$I_T(\text{RMS})$	25	Amps
Peak Non-repetitive Surge Current (1/2 Cycle, Sine Wave 60 Hz, $T_C = +70^\circ\text{C}$)	I_{TSM}	300	Amps
Circuit Fusing ($t = 8.3$ ms)	I^2t	375	A^2s
Forward Peak Gate Power ($T_C = +70^\circ\text{C}$, Pulse Width ≤ 1.0 μs)	P_{GM}	20	Watts
Forward Average Gate Power ($T_C = +70^\circ\text{C}$, $t = 8.3$ ms)	$P_{G(AV)}$	0.5	Watt
Forward Peak Gate Current ($T_C = +70^\circ\text{C}$, Pulse Width ≤ 1.0 μs)	I_{GM}	2.0	Amps
RMS Isolation Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$, Relative Humidity $\leq 20\%$) (UL)	$V_{(ISO)}$	1500	Volts
Operating Junction Temperature Range	T_J	-40 to $+125$	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-40 to $+150$	$^\circ\text{C}$



ISOLATED TO-220 Full Pack
CASE 221C
STYLE 2

PIN ASSIGNMENT

Pin	Assignment
1	Cathode
2	Anode
3	Gate

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MCR225-8FP	ISOLATED TO220FP	500/Box
MCR225-10FP	ISOLATED TO220FP	500/Box

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCR225-8FP, MCR225-10FP

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.5	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Case to Sink	$R_{\theta CS}$	2.2 (typ)	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	60	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes 1/8" from Case for 10 Seconds	T_L	260	$^{\circ}\text{C}$

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	-----	------

OFF CHARACTERISTICS

Peak Repetitive Forward or Reverse Blocking Current ($V_D = \text{Rated } V_{DRM}, V_{RRM}; \text{ Gate Open}$)	I_{DRM}, I_{RRM}	—	—	10	μA
$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		—	—	2	mA
$T_J = 125^{\circ}\text{C}$		—	—		

ON CHARACTERISTICS

Peak Forward On-State Voltage ⁽¹⁾ ($I_{TM} = 50 \text{ A}$)	V_{TM}	—	—	1.8	Volts
Gate Trigger Current (Continuous dc) ($V_{AK} = 12 \text{ Vdc}, R_L = 100 \text{ Ohms}$)	I_{GT}	—	—	40	mA
Gate Trigger Voltage (Continuous dc) ($V_{AK} = 12 \text{ Vdc}, R_L = 100 \text{ Ohms}$)	V_{GT}	—	0.8	1.5	Volts
Gate Non-Trigger Voltage ($V_{AK} = 12 \text{ Vdc}, R_L = 100 \text{ Ohms}, T_J = 125^{\circ}\text{C}$)	V_{GD}	0.2	—	—	Volts
Holding Current ($V_{AK} = 12 \text{ Vdc}, \text{ Initiating Current} = 200 \text{ mA}, \text{ Gate Open}$)	I_H	—	20	40	mA
Turn-On Time ($I_{TM} = 25 \text{ A}, I_{GT} = 40 \text{ mAdc}$)	t_{gt}	—	1.5	—	μs
Turn-Off Time ($V_{DRM} = \text{Rated Voltage}$) ($I_{TM} = 25 \text{ A}, I_R = 25 \text{ A}$) ($I_{TM} = 25 \text{ A}, I_R = 25 \text{ A}, T_J = 125^{\circ}\text{C}$)	t_q	—	15	—	μs
		—	35	—	

DYNAMIC CHARACTERISTICS

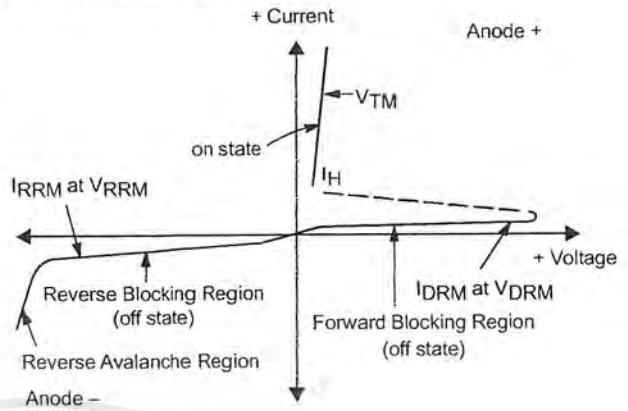
Critical Rate-of-Rise of Off-State Voltage (Gate Open, $V_D = \text{Rated } V_{DRM}, \text{ Exponential Waveform}$)	dv/dt	—	100	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
---	---------	---	-----	---	------------------------

(1) Pulse Test: Pulse Width = 1.0 ms, Duty Cycle $\leq 2\%$.

MCR225-8FP, MCR225-10FP

Voltage Current Characteristic of SCR

Symbol	Parameter
V_{DRM}	Peak Repetitive Off State Forward Voltage
I_{DRM}	Peak Forward Blocking Current
V_{RRM}	Peak Repetitive Off State Reverse Voltage
I_{RRM}	Peak Reverse Blocking Current
V_{TM}	Peak on State Voltage
I_H	Holding Current



TYPICAL CHARACTERISTICS

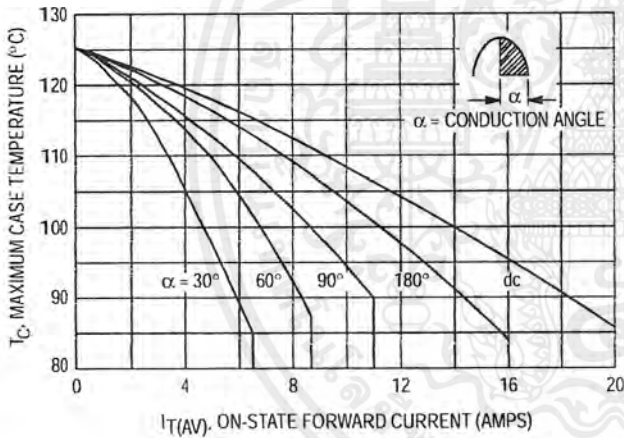


Figure 1. Average Current Derating

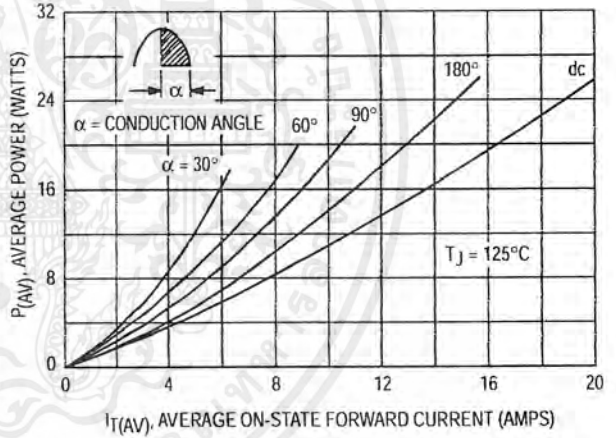


Figure 2. Maximum On-State Power Dissipation

MCR225-8FP, MCR225-10FP

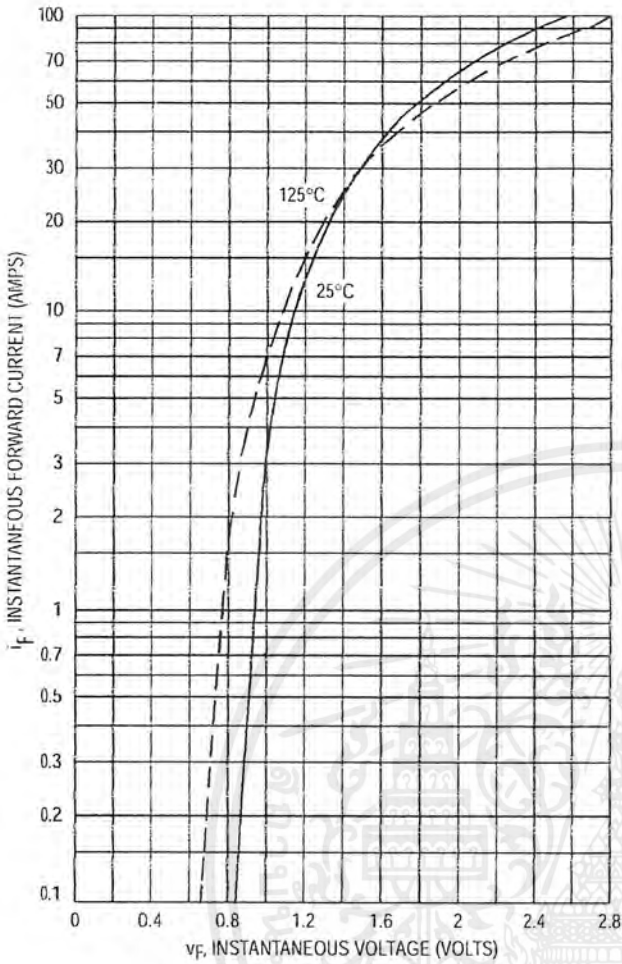


Figure 3. Maximum Forward Voltage

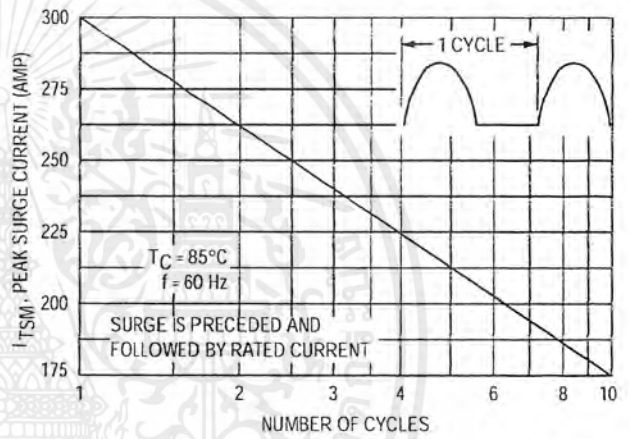


Figure 4. Maximum Non-Repetitive Surge Current

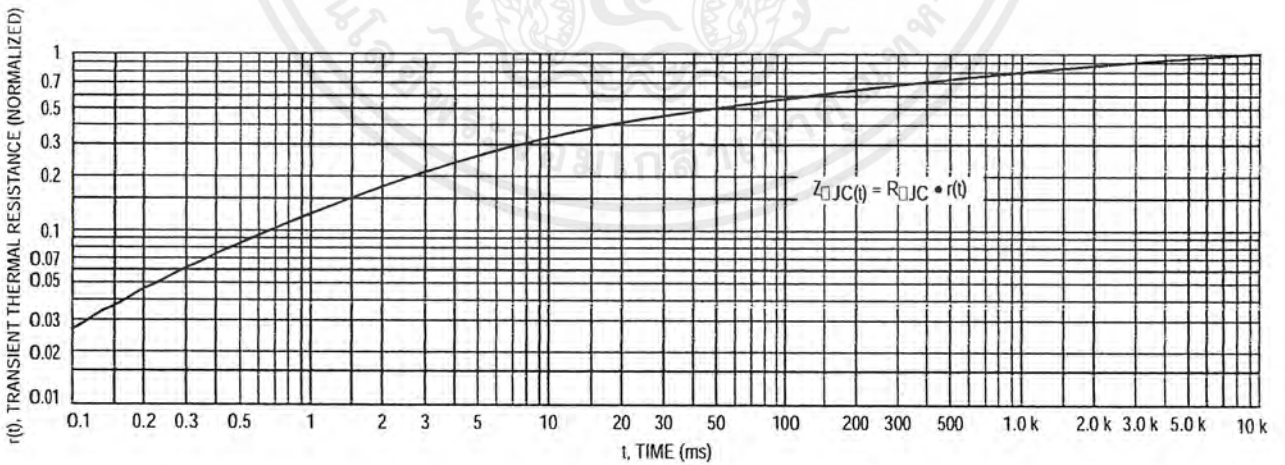


Figure 5. Thermal Response

MCR225-8FP, MCR225-10FP

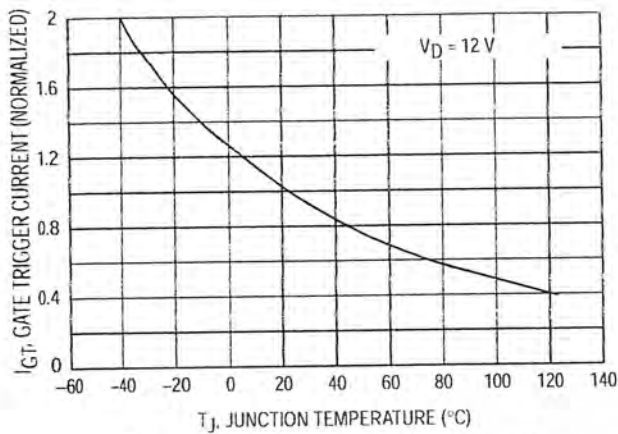


Figure 6. Typical Gate Trigger Current versus Temperature

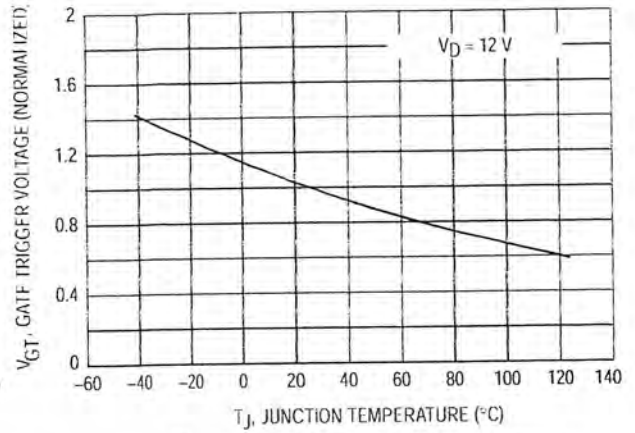


Figure 7. Typical Gate Trigger Voltage versus Temperature

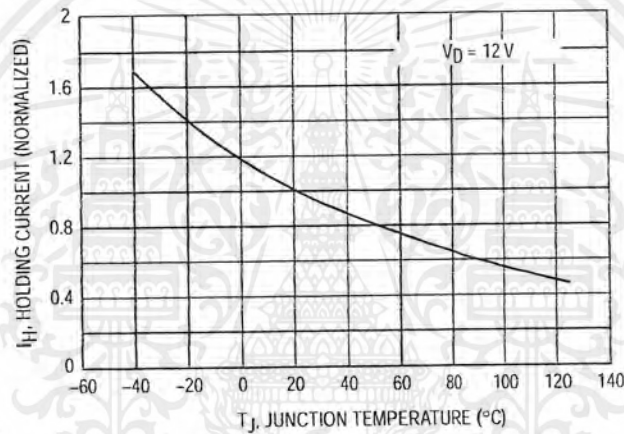
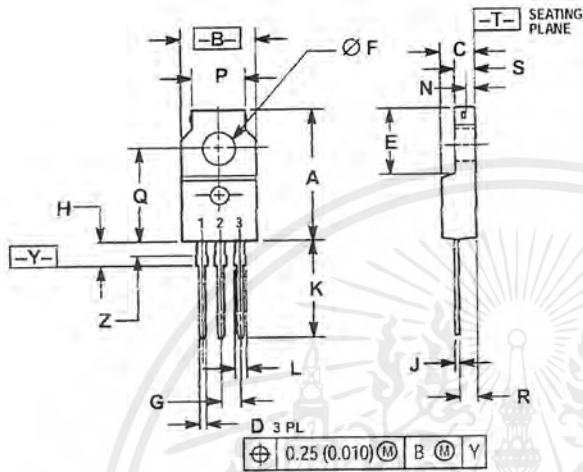


Figure 8. Typical Holding Current versus Temperature

MCR225-8FP, MCR225-10FP

PACKAGE DIMENSIONS

ISOLATED TO-220 Full Pack
CASE 221C-02
ISSUE C



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1992
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH
3. LEAD DIMENSIONS UNCONTROLLED WITHIN DIMENSION Z.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.680	0.700	17.28	17.78
B	0.388	0.408	9.86	10.36
C	0.175	0.195	4.45	4.95
D	0.025	0.040	0.64	1.01
E	0.340	0.355	8.64	9.01
F	0.140	0.150	3.56	3.81
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.110	0.155	2.80	3.93
J	0.018	0.028	0.46	0.71
K	0.500	0.550	12.70	13.97
L	0.045	0.070	1.15	1.77
N	0.049	---	1.25	---
P	0.270	0.290	6.86	7.36
Q	0.480	0.500	12.20	12.70
R	0.090	0.120	2.29	3.04
S	0.105	0.115	2.67	2.92
Z	0.070	0.090	1.78	2.28

STYLE 2:
PIN 1. CATHODE
2. ANODE
3. GATE

<http://onsemi.com>

Dual Precision Retriggerable/Resettable Monostable Multivibrator

The MC14538B is a dual, retriggerable, resettable monostable multivibrator. It may be triggered from either edge of an input pulse, and produces an accurate output pulse over a wide range of widths, the duration and accuracy of which are determined by the external timing components, C_X and R_X .

- Unlimited Rise and Fall Time Allowed on the A Trigger Input
- Pulse Width Range = 10 μ s to 10 s
- Latched Trigger Inputs
- Separate Latched Reset Inputs
- 3.0 Vdc to 18 Vdc Operational Limits
- Triggerable from Positive (A Input) or Negative-Going Edge (B-Input)
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Pin-for-pin Compatible with MC14528B and CD4528B (CD4098)
- Use the MC54/74HC4538A for Pulse Widths Less Than 10 μ s with Supplies Up to 6 V.

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

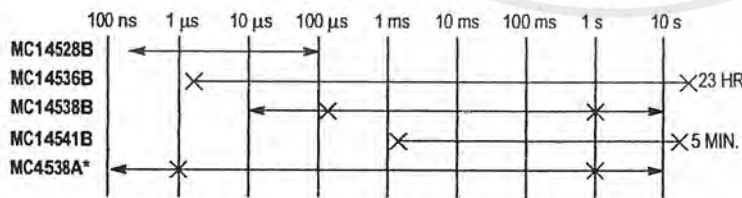
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage	-0.5 to +18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to +150	$^{\circ}$ C
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	$^{\circ}$ C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

† Temperature Derating:

Plastic "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/ $^{\circ}$ C From 65 $^{\circ}$ C To 125 $^{\circ}$ C
Ceramic "L" Packages: - 12 mW/ $^{\circ}$ C From 100 $^{\circ}$ C To 125 $^{\circ}$ C

ONE-SHOT SELECTION GUIDE



*LIMITED OPERATING VOLTAGE (2 - 6 V)

TOTAL OUTPUT PULSE WIDTH RANGE ← →
RECOMMENDED PULSE WIDTH RANGE × ×

MC14538B



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648



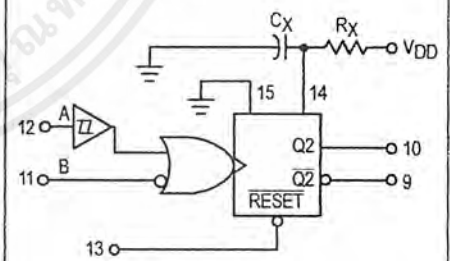
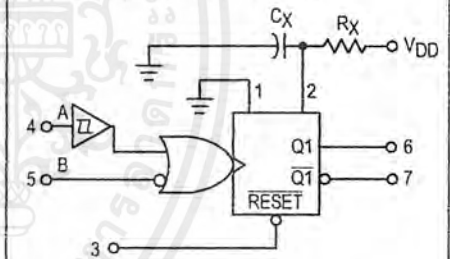
DW SUFFIX
SOIC
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
*MC14XXXBDW SOIC

$T_A = -55^{\circ}$ to 125° C for all packages.

BLOCK DIAGRAM



R_X AND C_X ARE EXTERNAL COMPONENTS.
 V_{DD} = PIN 16
 V_{SS} = PIN 8, PIN 1, PIN 15

* Consult factory for possible "D" suffix SOIC Case 751B.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	- 55°C		25°C			125°C		Unit	
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max		
Output Voltage $V_{in} = V_{DD}$ or 0	"0" Level V_{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc	
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
	"1" Level $V_{in} = 0$ or V_{DD}	V_{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
			10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
			15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Input Voltage ($V_O = 4.5$ or 0.5 Vdc) ($V_O = 9.0$ or 1.0 Vdc) ($V_O = 13.5$ or 1.5 Vdc)	"0" Level V_{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc	
		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0		
		15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0		
	"1" Level ($V_O = 0.5$ or 4.5 Vdc) ($V_O = 1.0$ or 9.0 Vdc) ($V_O = 1.5$ or 13.5 Vdc)	V_{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	Vdc
			10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
			15	11	—	11	8.25	—	11	—	
Output Drive Current ($V_{OH} = 2.5$ Vdc) ($V_{OH} = 4.6$ Vdc) ($V_{OH} = 9.5$ Vdc) ($V_{OH} = 13.5$ Vdc)	Source I_{OH}	5.0	-3.0	—	-2.4	-4.2	—	-1.7	—	mAdc	
		5.0	-0.64	—	-0.51	-0.88	—	-0.36	—		
		10	-1.6	—	-1.3	-2.25	—	-0.9	—		
		15	-4.2	—	-3.4	-8.8	—	-2.4	—		
	Sink I_{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc	
		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—		
15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	—			
Input Current, Pin 2 or 14	I_{in}	15	—	± 0.05	—	± 0.00001	± 0.05	—	± 0.5	μ Adc	
Input Current, Other Inputs	I_{in}	15	—	± 0.1	—	± 0.00001	± 0.1	—	± 1.0	μ Adc	
Input Capacitance, Pin 2 or 14	C_{in}	—	—	—	—	25	—	—	—	pF	
Input Capacitance, Other Inputs ($V_{in} = 0$)	C_{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF	
Quiescent Current (Per Package) $Q = \text{Low}, \bar{Q} = \text{High}$	I_{DD}	5.0	—	5.0	—	0.005	5.0	—	150	μ Adc	
		10	—	10	—	0.010	10	—	300		
		15	—	20	—	0.015	20	—	600		
Quiescent Current, Active State (Both) (Per Package) $Q = \text{High}, \bar{Q} = \text{Low}$	I_{DD}	5.0	—	2.0	—	0.04	0.20	—	2.0	mAdc	
		10	—	2.0	—	0.08	0.45	—	2.0		
		15	—	2.0	—	0.13	0.70	—	2.0		
**Total Supply Current at an external load capacitance (C_L) and at external timing network (R_X, C_X)	I_T	5.0 10	$I_T = (3.5 \times 10^{-2}) R_X C_X f + 4 C_X f + 1 \times 10^{-5} C_L f$ $I_T = (8.0 \times 10^{-2}) R_X C_X f + 9 C_X f + 2 \times 10^{-5} C_L f$ $I_T = (1.25 \times 10^{-1}) R_X C_X f + 12 C_X f + 3 \times 10^{-5} C_L f$ where: I_T in μ A (one monostable switching only), C_X in μ F, C_L in pF, R_X in k ohms, and f in Hz is the input frequency.							μ Adc	

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

** The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

SWITCHING CHARACTERISTICS* ($C_L = 50 \text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	All Types			Unit
			Min	Typ #	Max	
Output Rise Time $t_{TLH} = (1.35 \text{ ns/pF}) C_L + 33 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (0.60 \text{ ns/pF}) C_L + 20 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (0.40 \text{ ns/pF}) C_L + 20 \text{ ns}$	t_{TLH}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	200 100 80	ns
Output Fall Time $t_{THL} = (1.35 \text{ ns/pF}) C_L + 33 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.60 \text{ ns/pF}) C_L + 20 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.40 \text{ ns/pF}) C_L + 20 \text{ ns}$	t_{THL}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	200 100 80	ns
Propagation Delay Time A or B to Q or \bar{Q} $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.90 \text{ ns/pF}) C_L + 255 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.36 \text{ ns/pF}) C_L + 132 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.26 \text{ ns/pF}) C_L + 87 \text{ ns}$	t_{PLH}, t_{PHL}	5.0 10 15	— — —	300 150 100	600 300 220	ns
Reset to Q or \bar{Q} $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.90 \text{ ns/pF}) C_L + 205 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.36 \text{ ns/pF}) C_L + 107 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.26 \text{ ns/pF}) C_L + 82 \text{ ns}$		5.0 10 15	— — —	250 125 95	500 250 190	ns
Input Rise and Fall Times Reset	t_r, t_f	5 10 15	— — —	— — —	15 5 4	μs
B Input		5 10 15	— — —	300 1.2 0.4	1.0 0.1 0.05	ms
A Input		5 10 15	No Limit			—
Input Pulse Width A, B, or Reset	t_{WH}, t_{WL}	5.0 10 15	170 90 80	85 45 40	— — —	ns
Retrigger Time	t_{RT}	5.0 10 15	0 0 0	— — —	— — —	ns
Output Pulse Width — Q or \bar{Q} Refer to Figures 8 and 9 $C_X = 0.002 \mu\text{F}, R_X = 100 \text{ k}\Omega$	T	5.0 10 15	198 200 202	210 212 214	230 232 234	μs
$C_X = 0.1 \mu\text{F}, R_X = 100 \text{ k}\Omega$		5.0 10 15	9.3 9.4 9.5	9.86 10 10.14	10.5 10.6 10.7	ms
$C_X = 10 \mu\text{F}, R_X = 100 \text{ k}\Omega$		5.0 10 15	0.91 0.92 0.93	0.965 0.98 0.99	1.03 1.04 1.06	s
Pulse Width Match between circuits in the same package. $C_X = 0.1 \mu\text{F}, R_X = 100 \text{ k}\Omega$	100 [($T_1 - T_2$)/ T_1]	5.0 10 15	— — —	± 1.0 ± 1.0 ± 1.0	± 5.0 ± 5.0 ± 5.0	%

* The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C .

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

OPERATING CONDITIONS

External Timing Resistance	R_X	—	5.0	—	—	$\text{k}\Omega$
External Timing Capacitance	C_X	—	0	—	No Limit†	μF

* The maximum usable resistance R_X is a function of the leakage of the capacitor C_X , leakage of the MC14538B, and leakage due to board layout and surface resistance. Susceptibility to externally induced noise signals may occur for $R_X > 1 \text{ M}\Omega$.

† If $C_X > 15 \mu\text{F}$, use discharge protection diode per Fig. 11.

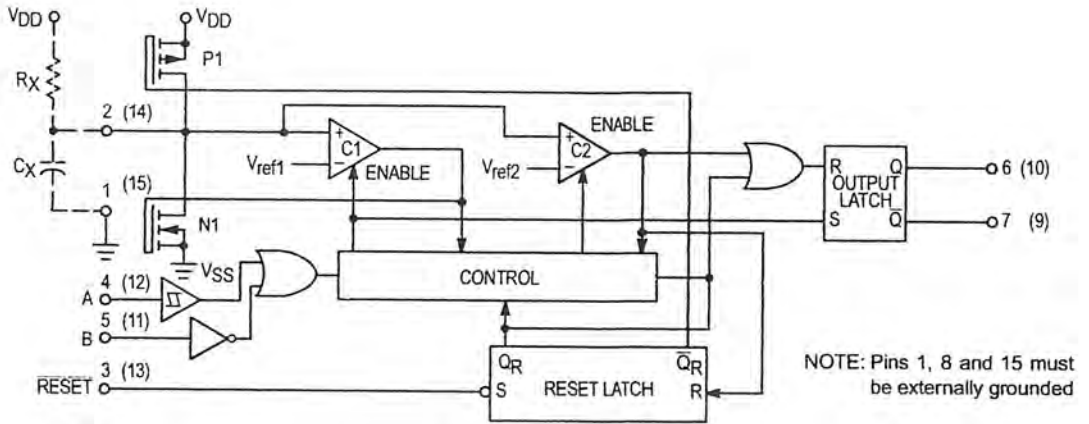


Figure 1. Logic Diagram
(1/2 of Device Shown)

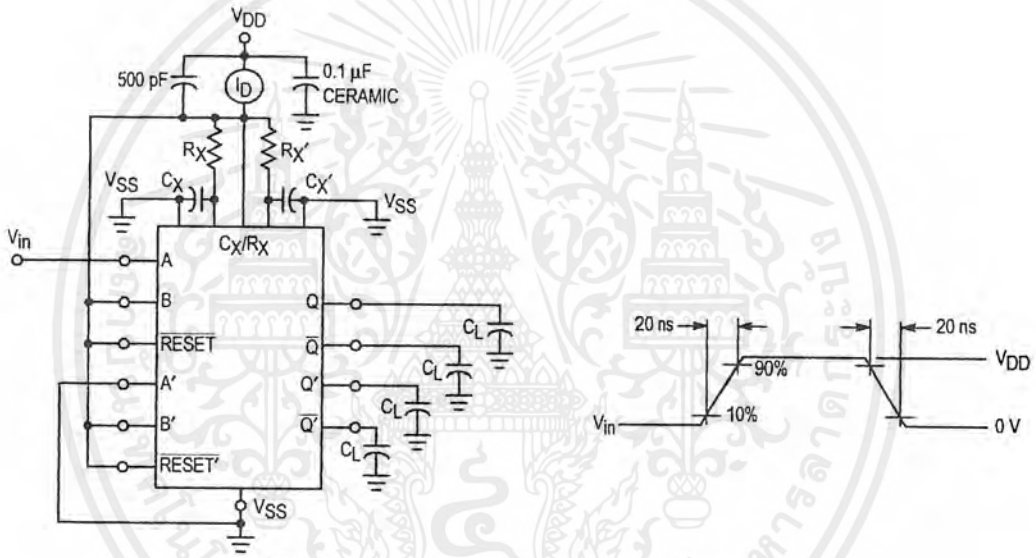


Figure 2. Power Dissipation Test Circuit and Waveforms

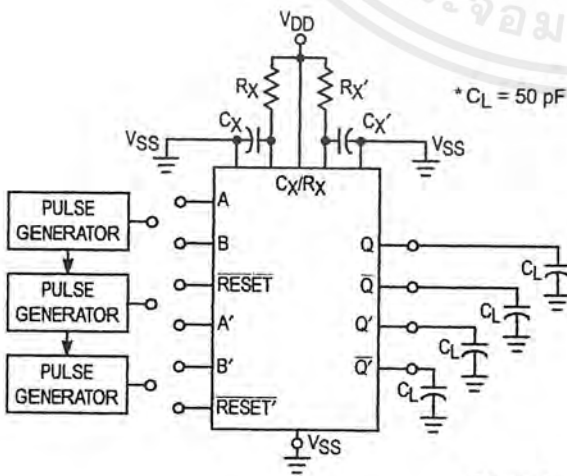


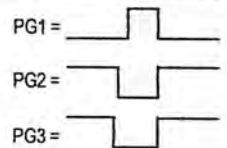
Figure 3. Switching Test Circuit

INPUT CONNECTIONS

Characteristics	Reset	A	B
t_{PLH} , t_{PHL} , t_{TLH} , t_{THL} , T , t_{WH} , t_{WL}	VDD	PG1	VDD
t_{PLH} , t_{PHL} , t_{TLH} , t_{THL} , T , t_{WH} , t_{WL}	VDD	VSS	PG2
$t_{PLH(R)}$, $t_{PHL(R)}$, t_{WH} , t_{WL}	PG3	PG1	PG2

* Includes capacitance of probes, wiring, and fixture parasitic.

NOTE: Switching test waveforms for PG1, PG2, PG3 are shown in Figure 4.



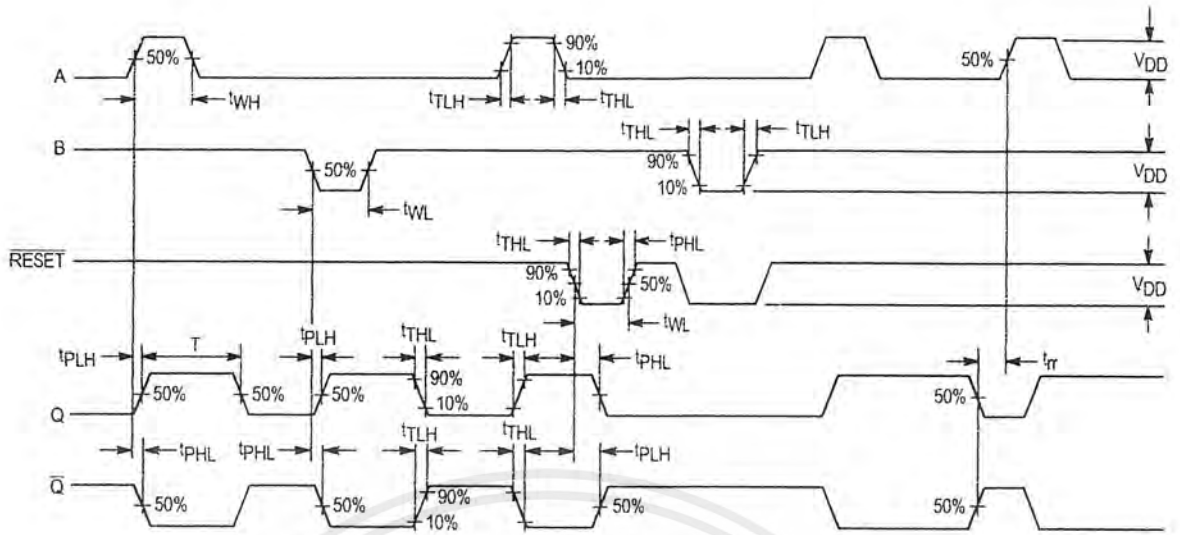


Figure 4. Switching Test Waveforms

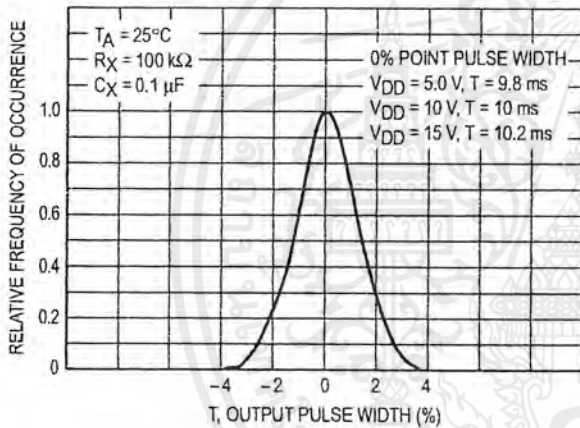


Figure 5. Typical Normalized Distribution of Units for Output Pulse Width

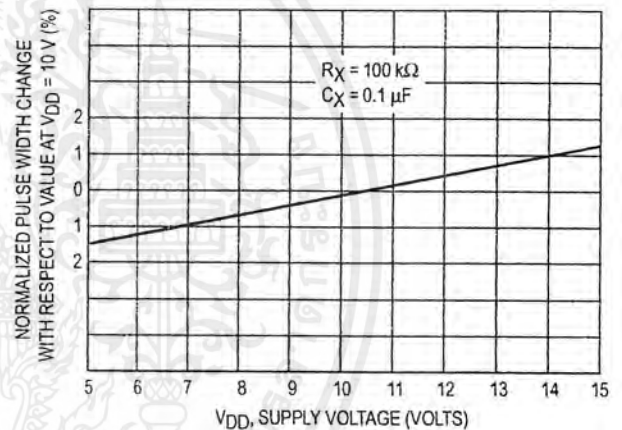


Figure 6. Typical Pulse Width Variation as a Function of Supply Voltage V_{DD}

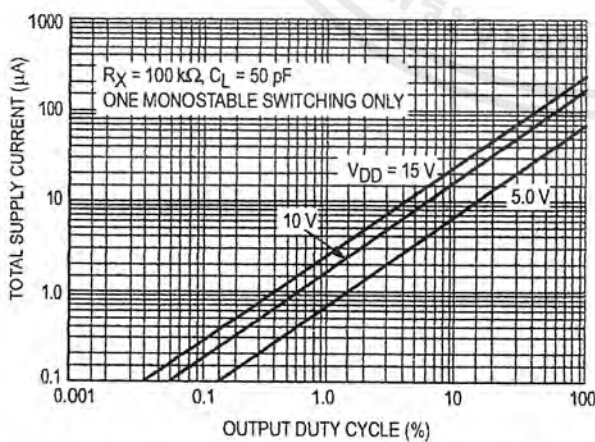


Figure 7. Typical Total Supply Current versus Output Duty Cycle

FUNCTION TABLE

Inputs		Outputs		
Reset	A	B	Q Q̄	
H		H		
H	L			
H		L	Not Triggered	Not Triggered
H	H		Not Triggered	Not Triggered
H	L, H,	H	Not Triggered	Not Triggered
H	L, H,	L, H,	Not Triggered	Not Triggered
L	X	X	L	H
	X	X	Not Triggered	Not Triggered

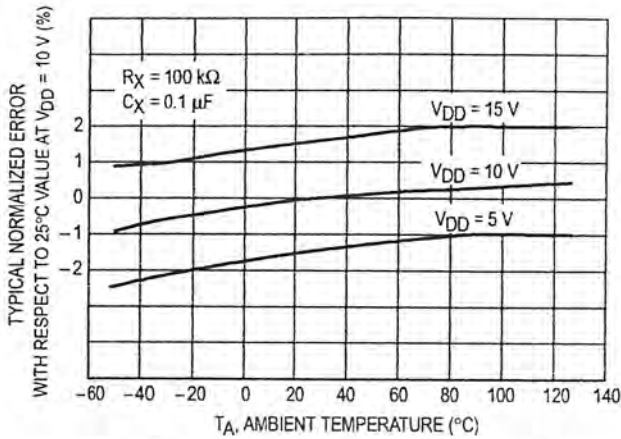


Figure 8. Typical Error of Pulse Width Equation versus Temperature

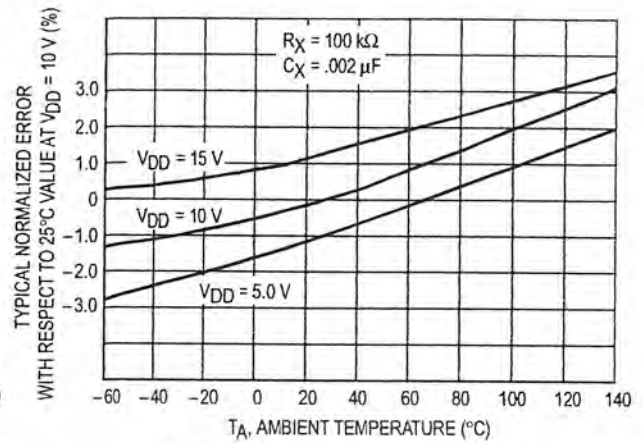


Figure 9. Typical Error of Pulse Width Equation versus Temperature

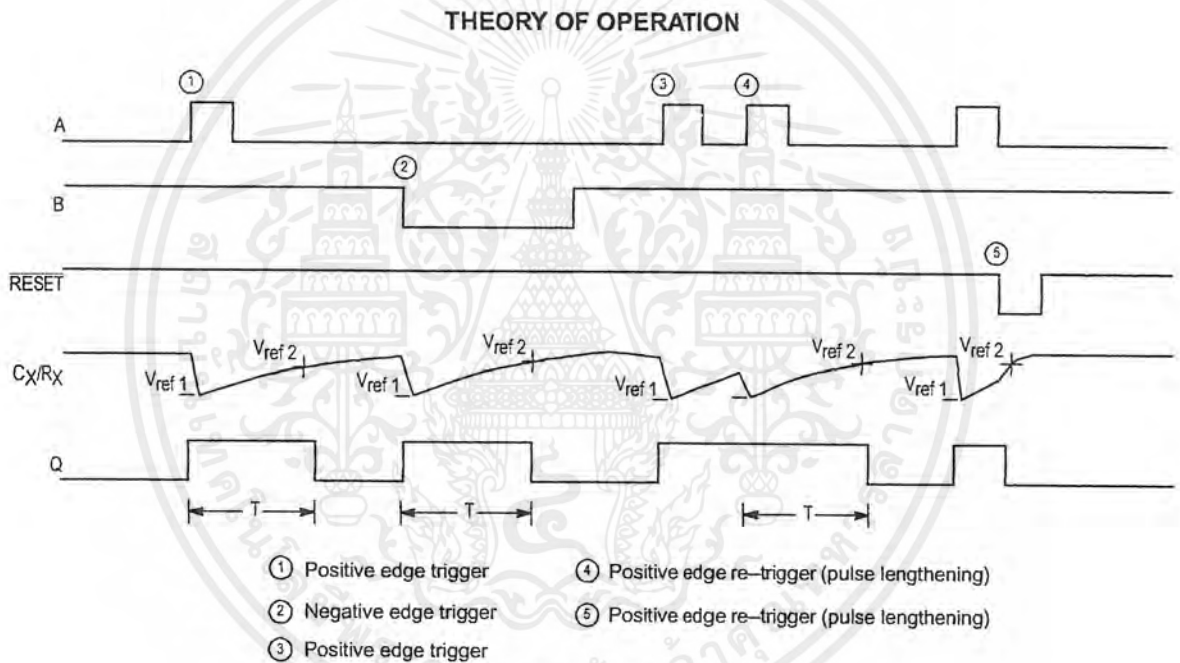


Figure 10. Timing Operation

TRIGGER OPERATION

The block diagram of the MC14538B is shown in Figure 1, with circuit operation following.

As shown in Figure 1 and 10, before an input trigger occurs, the monostable is in the quiescent state with the Q output low, and the timing capacitor C_X completely charged to V_{DD} . When the trigger input A goes from V_{SS} to V_{DD} (while inputs B and Reset are held to V_{DD}) a valid trigger is recognized, which turns on comparator C1 and N-channel transistor N1 ①. At the same time the output latch is set. With transistor N1 on, the capacitor C_X rapidly discharges toward V_{SS} until V_{ref1} is reached. At this point the output of comparator C1 changes state and transistor N1 turns off. Comparator C1 then turns off while at the same time

comparator C2 turns on. With transistor N1 off, the capacitor C_X begins to charge through the timing resistor, R_X , toward V_{DD} . When the voltage across C_X equals V_{ref2} , comparator C2 changes state, causing the output latch to reset (Q goes low) while at the same time disabling comparator C2 ②. This ends at the timing cycle with the monostable in the quiescent state, waiting for the next trigger.

In the quiescent state, C_X is fully charged to V_{DD} causing the current through resistor R_X to be zero. Both comparators are "off" with total device current due only to reverse junction leakages. An added feature of the MC14538B is that the output latch is set via the input trigger without regard to the capacitor voltage. Thus, propagation delay from trigger to Q is independent of the value of C_X , R_X , or the duty cycle of the input waveform.

RETRIGGER OPERATION

The MC14538B is retriggered if a valid trigger occurs ③ followed by another valid trigger ④ before the Q output has returned to the quiescent (zero) state. Any retrigger, after the timing node voltage at pin 2 or 14 has begun to rise from $V_{ref 1}$, but has not yet reached $V_{ref 2}$, will cause an increase in output pulse width T. When a valid retrigger is initiated ④, the voltage at C_X/R_X will again drop to $V_{ref 1}$ before progressing along the RC charging curve toward V_{DD} . The Q output will remain high until time T, after the last valid retrigger.

RESET OPERATION

The MC14538B may be reset during the generation of the output pulse. In the reset mode of operation, an input pulse on \overline{Reset} sets the reset latch and causes the capacitor to be fast charged to V_{DD} by turning on transistor P1 ⑤. When the voltage on the capacitor reaches $V_{ref 2}$, the reset latch will clear, and will then be ready to accept another pulse. If the \overline{Reset} input is held low, any trigger inputs that occur will be inhibited and the Q and \overline{Q} outputs of the output latch will not

change. Since the Q output is reset when an input low level is detected on the \overline{Reset} input, the output pulse T can be made significantly shorter than the minimum pulse width specification.

POWER-DOWN CONSIDERATIONS

Large capacitance values can cause problems due to the large amount of energy stored. When a system containing the MC14538B is powered down, the capacitor voltage may discharge from V_{DD} through the standard protection diodes at pin 2 or 14. Current through the protection diodes should be limited to 10 mA and therefore the discharge time of the V_{DD} supply must not be faster than $(V_{DD}) \cdot (C_X)/(10 \text{ mA})$. For example, if $V_{DD} = 10 \text{ V}$ and $C_X = 10 \mu\text{F}$, the V_{DD} supply should discharge no faster than $(10 \text{ V}) \times (10 \mu\text{F})/(10 \text{ mA}) = 10 \text{ ms}$. This is normally not a problem since power supplies are heavily filtered and cannot discharge at this rate.

When a more rapid decrease of V_{DD} to zero volts occurs, the MC14538B can sustain damage. To avoid this possibility use an external clamping diode, D_X , connected as shown in Fig. 11.



Figure 11. Use of a Diode to Limit Power Down Current Surge

TYPICAL APPLICATIONS

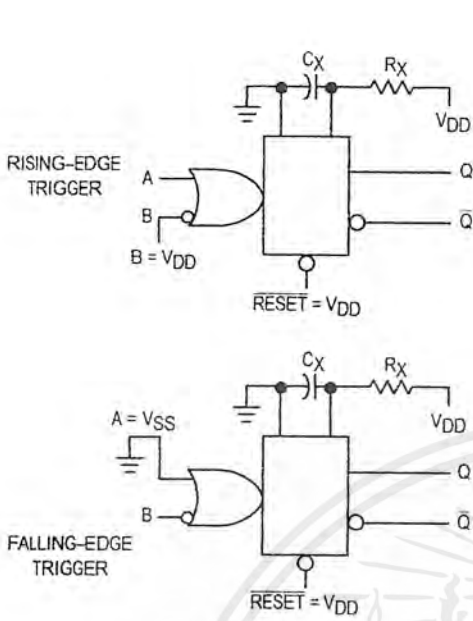


Figure 12. Retriggerable Monostables Circuitry

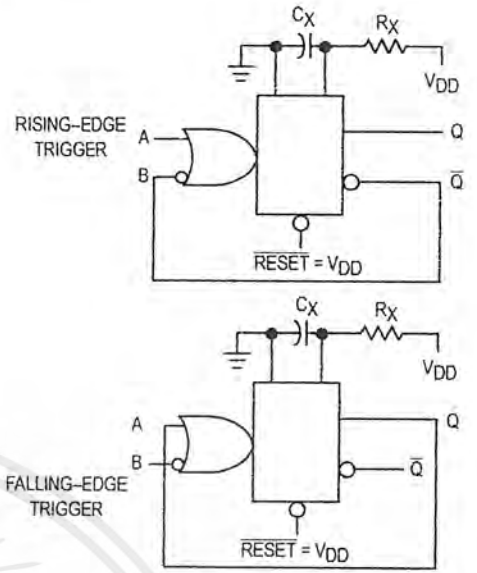


Figure 13. Non-Retriggerable Monostables Circuitry

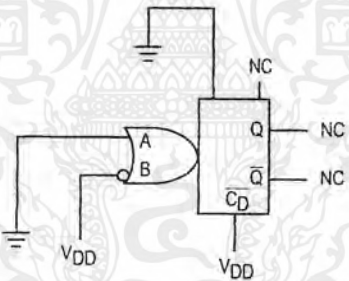


Figure 14. Connection of Unused Sections

主要スペック

※特に断りなき限り+25℃で、±15V電源(MV-808, MVD-409に限り他に+5V)使用、Rs<1K時の典型値。

絶対定格	MV-808	MV-1606	MVD-409	MVD-807
アナログ電源電圧	±20V	同左	同左	同左
デジタル電源電圧	+30V	—	+30V	—
アナログ入力電圧	± Vs + 2 V	同左	同左	同左
デジタル入力電圧	±Vs	± Vs + 4 V	±Vs	± Vs + 4 V
ケース放熱、max.	780mW	1200mW	780mW	1200mW
アナログ入力				
チャンネル数	8 S.E. ※1	16 S.E. ※1	4 (差動)	8 (差動)
入力電圧範囲	±10V	同左	同左	同左
チャンネルON抵抗	250Ω	180Ω	250Ω	180Ω
チャンネルON抵抗 max.	500Ω	400Ω	500Ω	400Ω
チャンネルOFF入力リーク電流	20pA	30pA	20pA	30pA
チャンネルOFF出力リーク電流	100pA	1.0nA	50pA	1.0nA
チャンネルONリーク電流	100pA	1.0nA	50pA	1.0nA
チャンネルOFF入力容量	4 pF	同左	同左	同左
チャンネルOFF出力容量	20pF	44pF	10pF	22pF
デジタル入力 (アドレスおよびインビット入力)				
ロジック "0" max.	+0.4V	+0.8V	+0.4V	+0.8V
ロジック "1" min. ※2	+4.0V ※2	+2.4V	+4.0V ※2	+2.4V
入力電流、max. HI、LO共	1μA	5μA	1μA	5μA
チャンネルアドレスコード	3ビット	4ビット	2ビット	3ビット
インビット ロジック	"1"	"0"	"1"	"0"
性 能				
伝達誤差、max.	.01%	同左	同左	同左
クロストーク	-86dB@10KHz	同左	同左	同左
セットリング時間、20V対、1%	1.1μSec	1.2μSec	1.1μSec	1.2μSec
同上、20V対、0.1%	2.8μSec	2.4μSec	2.8μSec	2.4μSec
ターンON時間	350nSec	300nSec	350nSec	300nSec
ターンOFF時間	250nSec	220nSec	250nSec	220nSec
INHIBIT/ENABLE 遅れ	300nSec	同左	同左	同左
Break-Before-Make 遅れ	25nSec	80nSec	25nSec	80nSec
所要電源				
供給電源電圧	±15VDC	同左	同左	同左
供給電源電流 max.	+0.5, -1mA	+3, -1mA	+0.5, -1mA	+3, -1mA
デジタル供給電源 max.	+5V/1mA	—	+5V/1mA	—
消費電力、10KHz サンプル時	—	—	—	—
周辺条件等				
動作温度範囲、標準品	0 ~ +70℃	同左	同左	同左
保存温度範囲	-65℃ ~ +150℃	同左	同左	同左
パッケージ	16ピンDIP	28ピンDIP	16ピンDIP	28ピンDIP

(注) ※1. S.E.はシングルエンドの略。

※2. MV-808, MVD-409およびMXシリーズ全タイプは、DTL/TTL駆動の場合1KΩのプルアップ抵抗を置いて+5Vに吊ります。
MX-1606, MXD-807のピン13はオープンのまま使用します。

※3. +6Vスレッシュホールドの場合は、ピン13を+10Vに結びます。

※4. 負荷インピーダンス>100MΩ // 2pFのとき。

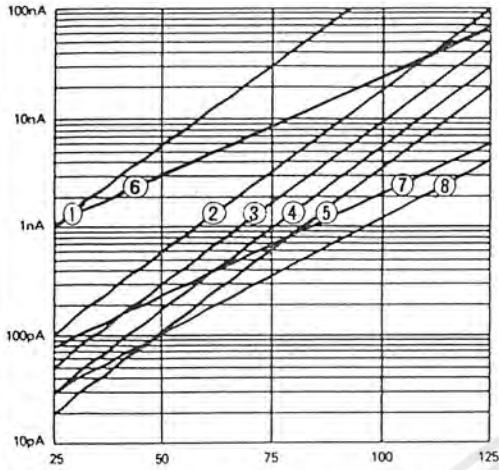
※5. 動作電源電圧範囲は±5V~±20V。

MXシリーズは注記の電源電圧範囲で動作しますが、低い電源電圧では、アクセス時間が著しく劣化することがあります。なるべく±8V以上の電源を使用することをおすすめします。

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

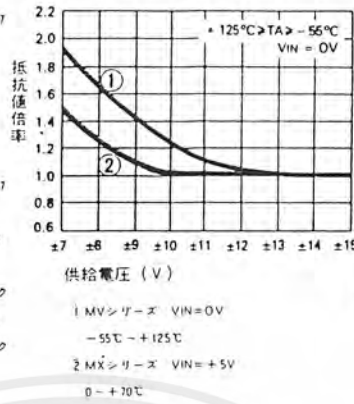
MV, MX共通 (図6)

●リーク電流対温度(6a)

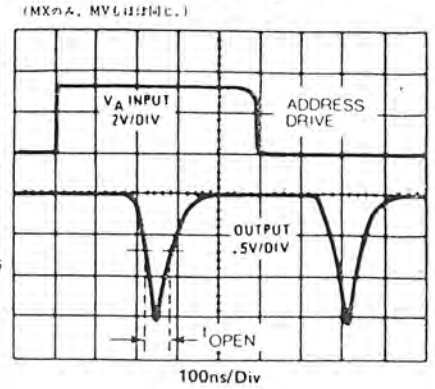


- 1 MV-1606, MVD-807
OFF出力リーク
- 2 MV-808
OFF出力リーク
- 3 MVD-409
OFF入力リーク
- 4 MV-1606, MVD-807
OFF入力リーク
- 5 MV-808, MVD-409
OFF入力リーク
- 6 MX OFF出力リーク
- 7 MX ON出力リーク
- 8 MX OFF入力リーク

●ON抵抗対供給電源電圧(6b)

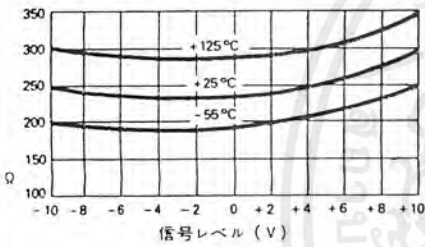


●ブレイクビフォアメイク遅れ(6c)

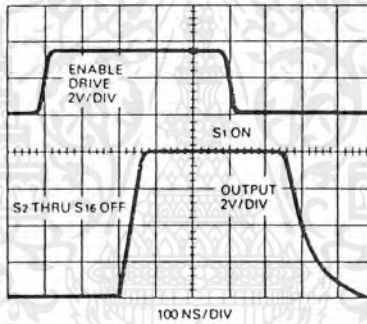


MVシリーズ (図7)

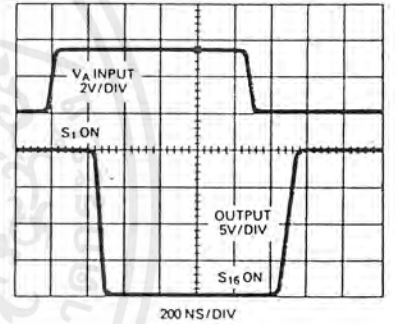
●ON抵抗対温度(7a)



●エネイブル遅れ(7b)

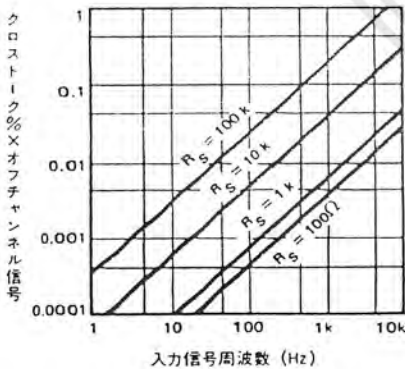


●アクセスタイム(7c)

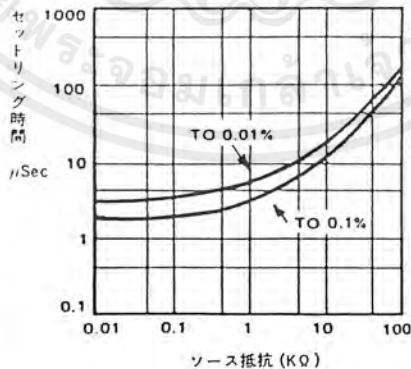


MXシリーズ (図8)

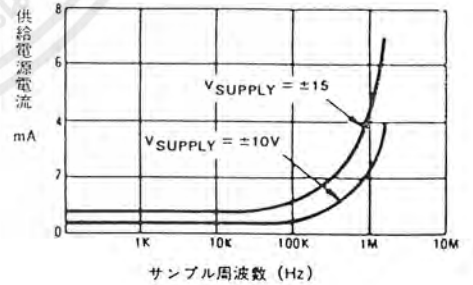
●クロストーク対周波数(8a)



●セッティング時間対ソース抵抗(20Vステップ) (8b)



●供給電源電流対サンプル周波数(8c)



デイトル株式会社

本 社 / 千141 東京都品川区西五反田2-27-4 明治生命ビル ☎03(3779)1031 FAX03(3779)1030
営業所 / 千530 大阪市北区天神橋2-北1-21 八千代ビル東館 ☎06(354)2025 FAX06(354)2064

このカタログは、デイトル株式会社の製品に関するものです。製品の仕様や価格等は、変更される場合があります。ご了承ください。

94/12 /2K/ 29.5