



การควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

DC Motor Control



โดย

นาย วิฑูล พุทธบาล

นาย ศรารุช ต้าแสง

วัน เดือน ปี.....5.ค.ค.2541
เลขทะเบียน.....038522
เลขเรียกหนังสือ.....T.400937531

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038522

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2540
ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมการขับมอเตอร์กระแสตรง
(DC Motor Control)



นาย วิฑูล พุทธบาล 38012116

นาย ศรารุช คำแสง 38012119

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ไสว เหล่ไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor Control)

โดย นาย วิฑูล พุทบาท 38012116
นาย ศรารุช คำแสง 38012119
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ไสว เหล่าไม้

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการประยุกต์ใช้ การควบคุมพีไอดี มาควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงโดยการควบคุมจะแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ การควบคุมแบบพี การควบคุมแบบพีไอ และการควบคุมแบบพีไอดี โครงสร้างหลักในการควบคุมประกอบไปด้วย มอเตอร์กระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้น ,เอช-ดีซีคอนเวอร์เตอร์, ตัวแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลและดิจิตอลเป็นอะนาล็อก, เทคโคเจนเนอเรเตอร์ ซึ่งเทคโคเจนเนอเรเตอร์จะใช้สำหรับวัดความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผลและติดตามความคลาดเคลื่อนด้วยซอฟต์แวร์ที่เขียนขึ้นจากโปรแกรมวิซวลเบสิกแล้วส่งค่าควบคุมที่เหมาะสมตามฟังก์ชันควบคุมไปควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงให้คงที่ตามความเร็วที่เราต้องการขณะที่มีโหลดและไม่มีโหลด

Abstract :

This project is the application of PID control. Which is used for control the speed of separately-excited direct current motor. The control can be classified into 3 modes. They are P control, PI control and PID control. The hardware consist of separately-excited direct current motor, AC to DC converter, A/D-D/A converter, Techogenerator. The Techogenerator is used to sense the speed of motor. The Output of Techogenerator is fed to Computer. The Computer sent the control signal to AC-DC converter for control DC motor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการงาน	2
บทที่ 2. ทฤษฎีการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	3
2.1 ชนิดของมอเตอร์กระแสตรง	3
2.2 ลักษณะสมบัติของมอเตอร์กระแสตรง	7
2.3 โหมดการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง	11
บทที่ 3. การ Interface	15
3.1 Input / Output Card	15
3.2 Analog to Digital Converter	16
3.3 Digital to Analog Converter	18
บทที่ 4. การควบคุมแบบพีไอดี	20
4.1 ธรรมชาติของการควบคุม	20
4.2 ความหมายของการควบคุมอัตโนมัติ	21
4.3 กริยาของการควบคุม	22
4.3.1 กริยาการควบคุมแบบ Proportional	23
4.3.2 กริยาการควบคุมแบบ Integral	25
4.3.3 กริยาการควบคุมแบบ Derivative	26
4.4 การรวมกริยาการควบคุม	27
4.4.1 กริยาการควบคุมแบบ Proportional Plus Integral	27
4.4.2 กริยาการควบคุมแบบ Proportional Plus Derivative	27
4.4.1 กริยาการควบคุมแบบ Proportional Plus Integral Plus Derivative	28
บทที่ 5. การออกแบบตัวคอนโทรลเลอร์	31
5.1 Input / Output Card	32
5.2 การ Decode Port Address	32
5.3 A/D Converter และ D/A Converter	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 วงจร Pulse Trigger	37
5.5 การเรียงกระแสเฟสเดียวแบบเต็มคลื่น	39
5.6 เทคโนโลยีจูนเนอร์	40
บทที่ 6. ผลการทดลอง	41
6.1 ลักษณะโดยทั่วไปของตัวคอนโทรลเลอร์	41
6.2 ผลการทดลองตัวคอนโทรลเลอร์	44
6.2.1 การทดลองในโหมด Proportional	44
6.2.2 การทดลองในโหมด Proportional Plus Integral	46
6.2.3 การทดลองในโหมด Proportional Plus Derivative	47
6.2.4 การทดลองในโหมด Proportional Plus Integral Plus Derivative	49
6.3 สรุปผลการทดลอง	55
ภาคผนวก ก. ตารางค่าทางการควบคุม	
ภาคผนวก ข. โฟลว์ชาร์ทของโหมดการควบคุม	
ภาคผนวก ค. ข้อกำหนดของไอซีเบอร์ 8255	
ภาคผนวก ง. ข้อกำหนดของไอซี A/D Converter และ D/A Converter	
ภาคผนวก จ. Connector Reference & Jumper Set Up ของ A/D Converter และ D/A Converter	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครคอมพิวเตอร์ทำให้มีการนำอุปกรณ์ทางด้านสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆเข้ามาใช้งานมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้ระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้การควบคุมและการนำไปใช้งานสะดวกและสามารถนำไปเชื่อมโยงกับระบบอื่นๆได้อย่างเหมาะสม การควบคุมป้อนกลับได้เข้ามามีบทบาทในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ กระบวนการควบคุมการป้อนกลับที่นิยมใช้กันมาก คือ กระบวนการควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งใช้มากในการควบคุมทางอุตสาหกรรมหลักและวิธีการดังกล่าวเราจึงนำเอาขบวนการควบคุมการป้อนกลับแบบพีไอดี มาประยุกต์ใช้ควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง โดยในการควบคุมนั้นสามารถจำแนกการควบคุมความเร็วได้เป็น 2 แบบ คือ ควบคุมมอเตอร์ให้มีความเร็วในการขับเคลื่อนคงที่ และควบคุมมอเตอร์ให้สามารถปรับความเร็วได้ตามความต้องการ โดยสามารถควบคุมความเร็วให้คงที่ได้ทุกสภาวะของภาระที่เปลี่ยนแปลงไปและยังสามารถขับเคลื่อนด้วยกำลังหรือแรงบิดที่คงที่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้แรงบิดเริ่มหมุนสูง การปรับแต่งความเร็วทำได้ง่ายราบเรียบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้น ดังนั้น เพื่อให้การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ดังกล่าวง่ายขึ้น โครงการนี้จึงเขียนฟังก์ชันการใช้งานและฟังก์ชันการควบคุมด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้นตลอดจนสามารถแสดงค่าต่างๆที่ต้องการควบคุมบนหน้าจอได้

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ

การออกแบบควบคุมเป็นงานที่ค่อนข้างจะยุ่งยากซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถสรุปการออกแบบระบบตัวควบคุมได้ด้วยคำถามสองข้อหลักคือเป้าหมายหลักของการควบคุม คืออะไร และเราจะดำเนินการอย่างไรเพื่อบรรลุเป้าหมาย ตัวควบคุมแบบ Analog PID Controller ซึ่งเคยถูกนำมาใช้แทนที่ Pneumatic PID Controller กำลังจะล้าสมัยไป การนำเอาคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในงานควบคุมได้ทวีจำนวนมากขึ้นทุกขณะ อย่างไรก็ตามหลักการควบคุม (Control - Law) ไม่ว่าจะเป็นแบบ Pneumatic Analog หรือ Digital ยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลงระบบควบคุมอาจมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ขนาดเล็กกลง ฯลฯ แต่ระบบควบคุมส่วนใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรมยังคงเป็นแบบ P-Only, PI, PD, PID ไม่เปลี่ยนแปลงขบวนการควบคุม การป้อนกลับตามหลักการของ PID โดยปกติจะนิยมใช้ใน การควบคุมลักษณะโปรเซสที่เป็นของเหลว เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การควบคุมและรักษาระดับน้ำ การควบคุมอุณหภูมิ จากหลักการดังกล่าวเราจึงนำมาประยุกต์ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชัน อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสารนี้

ใช้ในควบคุมมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งสามารถกระทำได้คือ การควบคุมที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field widening) และการควบคุมที่ขดลวดอาเมเจอร์ โดยจะเป็นการควบคุมขนาดกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ขดลวดอาเมเจอร์ด้วยค่าที่เหมาะสม การควบคุมและแสดงผลจะกระทำบนคอมพิวเตอร์ซึ่งเขียนขึ้นจากโปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic) โดยคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม นอกจากนี้ได้กล่าวมาแล้วยังได้ศึกษาการทำงานของวงจรเปลี่ยนสัญญาณจากดิจิทัลเป็นแอนะล็อก (Digital to Analog Converter) และแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) ซึ่งทำหน้าที่ติดต่อ (Interface) ระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก (Peripheral Device) เช่น วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง (AC-DC Converter) และตัววัดความเร็วรอบ (Speed Sensing) ซึ่งในที่นี้จะใช้ TechoGenerator เป็นต้น

สำหรับขอบเขตของโครงการครั้งนี้ เป็นการสร้างซอฟต์แวร์โดยใช้หลักการ PID ซึ่งมีอุปกรณ์ต่อร่วมต่าง ๆ เพื่อควบคุม ความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงให้รักษาความเร็วอย่างคงที่ได้

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

ในยุคก่อนที่เราจะนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานควบคุมการควบคุมมักถูกจำกัดให้ใช้ในการควบคุมธรรมดา (On-Off) หรือการควบคุมแบบง่าย ๆ ตัวอย่างที่เราพบเห็นในชีวิตประจำวันบ่อย ๆ เช่น เครื่องซักผ้า ไฟจราจร ไฟนีออนโฆษณา ลิฟท์ การนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานในยุคปัจจุบันทำให้ทำการควบคุมแบบซับซ้อนได้สะดวกยิ่งขึ้น ประยุกต์การใช้ซอฟต์แวร์ (Visual Basic) ซึ่งเป็นโปรแกรมลักษณะ Even Driven รับสัญญาณจากอุปกรณ์การวัด (TechoGenerator) กำหนดหาขนาดสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมตามกฎเกณฑ์ที่ได้รับการ “กำหนดไว้ล่วงหน้า” แล้วส่งสัญญาณควบคุมไปยังชุด Pulse Trigger สามารถออกแบบระบบ Interface ระหว่างคอมพิวเตอร์กับมอเตอร์ได้ สามารถนำไปประยุกต์เลือกแบบการควบคุมที่เหมาะสมในโรงงานอุตสาหกรรมที่ปัจจุบันมีการแข่งขันกันมากขึ้น

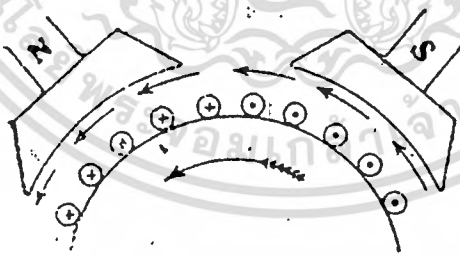
บทที่ 2

ทฤษฎีการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

แม้ว่าในปัจจุบันระบบการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำได้มีการพัฒนารุดหน้าไปมากแล้วก็ตามแต่ก็ยังประสบกับปัญหาอยู่หลายๆด้านด้วยกัน โดยเฉพาะระบบควบคุมที่ยุ่งยากและสลับซับซ้อนมากดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าระบบควบคุมและขับเคลื่อนมอเตอร์อุตสาหกรรมส่วนใหญ่ยังเป็นระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้น (Separately - excited motor) ทำให้สามารถกำหนดปริมาณของสนามแม่เหล็กใน Air gap ได้โดยการควบคุมขนาดของไฟกระแสตรงในขดลวดสนามแยกอิสระจากระบบควบคุมในขดลวดอาร์มาเจอร์ดังนั้นการออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์กระแสตรงจึงทำได้ง่ายกว่า อีกทั้งยังมีความละเอียด และ ไดนามิกส์ในการทำงานสูงกว่า

2.1 ชนิดของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์ก็คือตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลเพื่อนำพลังงานที่ได้ไปขับเคลื่อนสิ่งต่างๆตามที่ต้องการอาการทางกลที่เกิดขึ้นนี้คืออาศัยหลักการที่ว่าเมื่อมีกระแสไหลในตัวนำซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กนั้นย่อมทำให้เกิดแรงขึ้น



รูป 2.1 หลักการของมอเตอร์

รูป 2.1 แสดงส่วนหนึ่งของมอเตอร์กระแสไฟตรงที่มีหลายขั้วแม่เหล็กเมื่อใส่ไฟเข้าไปที่สนามกระตุ้นย่อมทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นที่ขั้วแม่เหล็กและเมื่อป้อนกระแสให้ไหลผ่านในตัวนำที่อาร์มาเจอร์ก็จะทำให้เกิดแรงขึ้นในตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กนั่นคือทำให้อาร์มาเจอร์หมุนในที่นี้ได้กำหนดให้กระแสที่ไหลในตัวนำของอาร์มาเจอร์ที่อยู่ภายใต้ขั้วเหนือ N มีทิศของกระแสพุ่งเข้าไปข้าง ในคังทางลูกศรที่เป็นกาะบาดส่วนตัวนำที่อยู่ภายใต้ขั้วใต้นั้นให้กระแสพุ่งออกมาข้างนอกคังหัวลูกศรที่เป็นจุดเมื่อเป็นเช่นนี้จึงหาทิศทางของการเคลื่อนของตัวนำทุกๆตัวที่อยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็ก

ทั้ง N และ S ได้โดยไขกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่งวิธีหาที่คือกางมือซ้ายออกโดยให้นิ้วหัวแม่มือชี้ไปทางทิศของสนามแม่เหล็กคือชี้จากขั้ว N ไป S ให้นิ้วกลางชี้ไปตามทิศทางการไหลของกระแสที่ตัวนำที่ต้องการหาทิศทางการเคลื่อนที่นั่นๆนั่นคือนิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางการเคลื่อนที่ตัวนำนั้นๆจะพบว่าแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำทุกๆตัวภายใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกันและจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์มเจอร์นั้นๆและพบว่าแรงที่เกิดขึ้นภายใต้ขั้วแม่เหล็กทุกขั้วที่สลับกันไปในนั้นจะมีทิศทางไปทางเดียวกันทั้งสิ้น โดยแต่ละแรงจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์มาเจอร์นั้นคือภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้วก็จะมีแรงเกิดขึ้นหนึ่งจะนั้นเมื่อมีหลายขั้วก็จะมีหลายแรงและทุกๆแรงต่างก็รวมกันเป็นแรงบิดขึ้นมาแรงหนึ่งจะนั้นเมื่อมีหลายขั้วก็จะมีหลายแรงและทุกๆแรงต่างก็รวมกันเป็นแรงบิดขึ้นมาแรงหนึ่งดังนั้นจึงทำให้มอเตอร์หมุนไปได้จากแรงนี้

การแบ่งชนิดของมอเตอร์กระแสตรงตามลักษณะการกระตุ้นจะสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

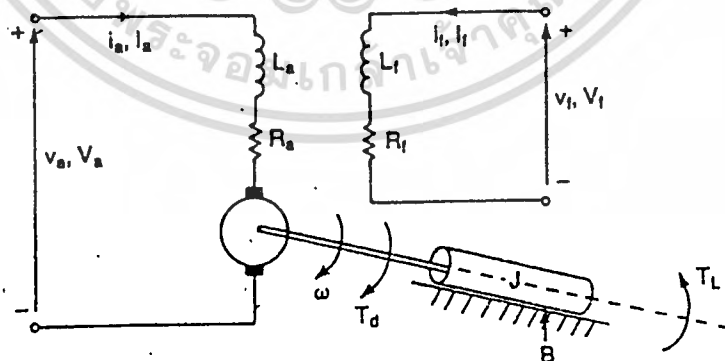
1. มอเตอร์กระแสตรงแบบแยกขั้วกระตุ้น (Separately Exited motor)
2. มอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self Exited motor) ซึ่งแยกออกได้เป็น 3

ลักษณะ คือ

- มอเตอร์กระแสตรงแบบ Shunt motor
- มอเตอร์กระแสตรงแบบ Series motor
- มอเตอร์กระแสตรงแบบ Compound motor

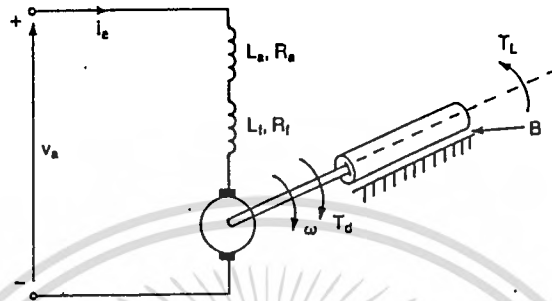
- ชนิด Short Shunt

- ชนิด Long Shunt

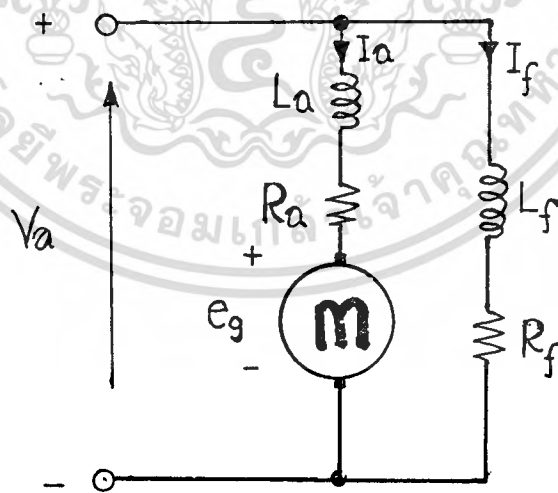


รูปที่ 2.2 มอเตอร์กระแสตรงแบบแยกขั้วกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

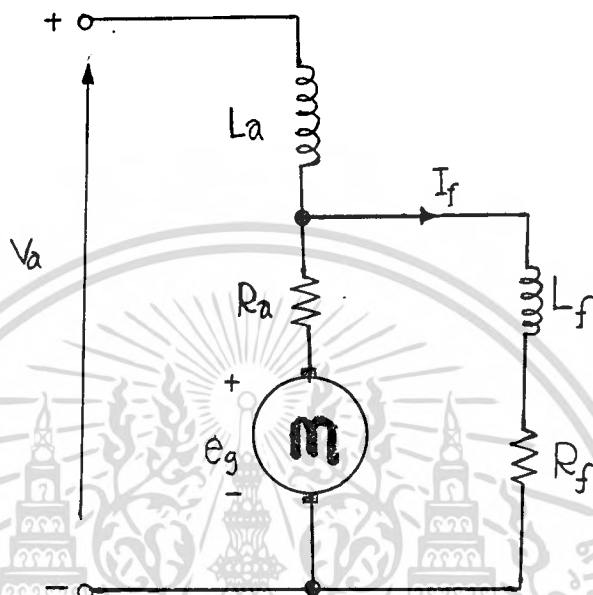


รูปที่ 2.3 มอเตอร์กระแสตรงแบบ Series

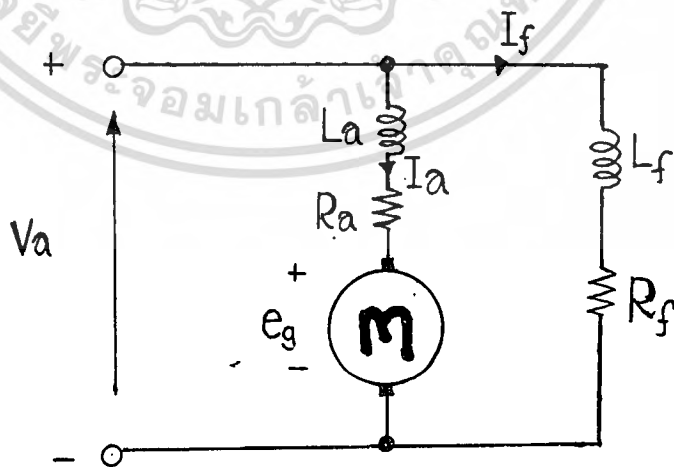


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.4 มอเตอร์กระแสตรงแบบ Shunt



รูป 2.5 มอเตอร์กระแสตรงแบบ Compound ชนิด Short Shunt



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลักษณะสมบัติของมอเตอร์กระแสตรง

วงจรสมมูลของมอเตอร์กระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้นแสดงดังใน รูปที่ 2.2 เมื่อมอเตอร์ มีการกระตุ้นด้วยกระแสฟิลด์(i_f)และกระแสอาร์มาเจอร์(i_a)มอเตอร์จะผลิตแรงดันต้านกลับ(Back - emf) e_g และทอร์ก (Torque) ที่เหมาะสมกับโพลกระแสฟิลด์ (i_f) ของมอเตอร์กระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้นจะไม่แปรผันตามกระแสอาร์มาเจอร์(i_a)และทุกๆการเปลี่ยนแปลงของกระแสอาร์มาเจอร์ (i_a) จะไม่มีผลต่อฟิลด์ กระแสฟิลด์มักจะมีค่าไม่มากกว่ากระแสอาร์มาเจอร์

สมการที่อธิบายคุณลักษณะสมบัติของมอเตอร์กระแสแบบแยกขดกระตุ้นสามารถคำนวณ จากรูปที่ 2.2 กระแสฟิลด์ช่วงขณะ (i_f) คือ

$$V_f = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

กระแสอาร์มาเจอร์หาได้จาก

$$V_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt}$$

แรงดันกลับหรือที่เรียกว่า “ สปีดโวลต์เตจ ” (Speed Voltage)

$$e_g = K_v \omega i_f$$

ทอร์กที่เพลลาของมอเตอร์คือ

$$T_d = K_t i_f i_a$$

ทอร์กที่เพลลาของมอเตอร์จะต้องเท่ากับ โทลคทอร์กตั้งสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง $T_d = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_L$ ไปถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ω = ความเร็วของมอเตอร์

B = viscous friction constant, N•m/rad/s

K_v = ค่าคงที่ของแรงดัน (Voltage Constant), V/A- rad/s

$K_t = K_v$ = ค่าคงที่ของทอร์ก

L_a = ค่าเหนี่ยวนำของอาร์มาเจอร์, H

L_f = ค่าเหนี่ยวนำของฟิลด์, H

R_a = ค่าความต้านทานของอาร์มาเจอร์, Ω

R_f = ค่าความต้านทานของฟิลด์, Ω

T_L = ทอร์กของโหลด (N•m)

ภายใต้สภาวะอิมิตัวความแตกต่างทางเวลาของสมการที่ผ่านมาจะเท่ากับศูนย์และเฉลี่ยเมื่อ

$$V_f = R_f I_f$$

$$E_g = K_v \omega I_f$$

$$V_a = R_a I_a + E_g$$

$$= R_a I_a + K_v \omega I_f$$

$$T_d = K_t I_f I_a$$

$$= B\omega + T_L$$

สภาวะอิมิตัวจะเท่ากับ

สมการกำลัง (Power developed) หาได้จาก

$$P_d = T_d \omega$$

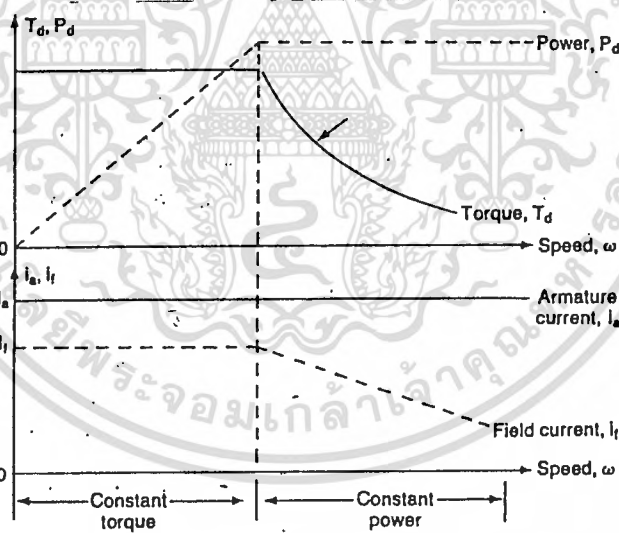
ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสของฟิลด์ I_f และแรงดันป้อนกลับ E_g จะไม่ลิเนียร์เนื่องจากการอิมิตัวสนามแม่เหล็ก ความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้นหาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ $\omega = \frac{V_a - R_a I_a}{K_v I_f}$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา $\frac{V_a - R_a I_a}{K_v I_f}$ อย่างไรก็ดีเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการดังกล่าวความเร็วของมอเตอร์สามารถปรับเปลี่ยนได้ดังต่อไปนี้

1. ควบคุมแรงเคลื่อนที่ป้อนให้กับอาร์มาเจอร์ (V_a)
2. ควบคุมกระแสฟีดล์ (I_f)
3. ควบคุมทอร์คได้ โดยการควบคุมกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสฟีดล์ให้คงที่ที่รู้จักกันในนามอัตราเร็วฐาน (base speed)

ในการควบคุมอัตราความเร็วฐานเมื่อต้องการทอร์คคงที่ จะต้องควบคุมกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสฟีดล์ให้คงที่และทำการปรับเปลี่ยนแรงดัน (V_a) ในการควบคุมความเร็ว สำหรับความเร็วที่สูงกว่าอัตราความเร็วฐานมักจะทำการควบคุมแรงดันอาร์มาเจอร์ให้เท่ากับแรงดันพิกัดและปรับเปลี่ยนกระแสฟีดล์เพื่อควบคุมความเร็ว



รูปที่ 2.7 คุณลักษณะของมอเตอร์กระแสตรงแบบแยกขดกระตุ้น

รูปที่ 2.7 จะแสดงคุณสมบัติของทอร์ค , กำลัง (P_d) , กระแสอาร์มาเจอร์ , กระแสฟีดล์เมื่อเทียบกับความเร็ว รูปที่ 2.3 แสดงถึงวงจรสมมูลของมอเตอร์กระแสตรงแบบ Series สมการที่สภาวะอิมิตัวหาได้จาก $E_g = K_v \omega I_a$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ $V_a = R_a i_a + E_g$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= R_a i_a + K_v \omega I_a$$

$$T_d = K_t I_a I_a$$

$$= B\omega + T_L$$

ความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบ Series หาได้จาก

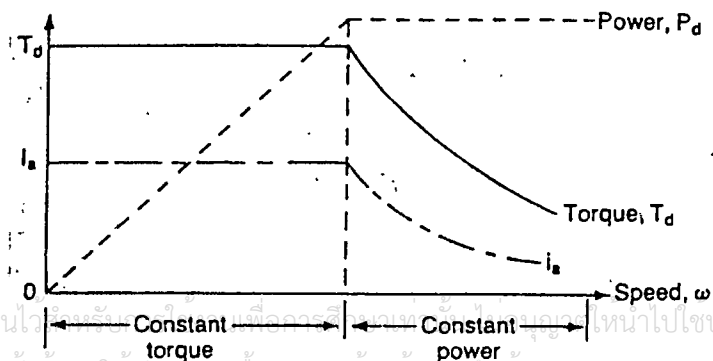
$$\omega = \frac{V_a - R_a I_a}{K_v I_a}$$

ความเร็วสามารถปรับเปลี่ยนได้ 2 ลักษณะคือ

- 1 ควบคุมแรงดันที่ป้อนให้กับอาร์มาเจอร์, V_a
- 2 ควบคุมกระแสอาร์มาเจอร์, I_a

แบบ Series มีทอร์กที่สูงในขณะสตาร์ท

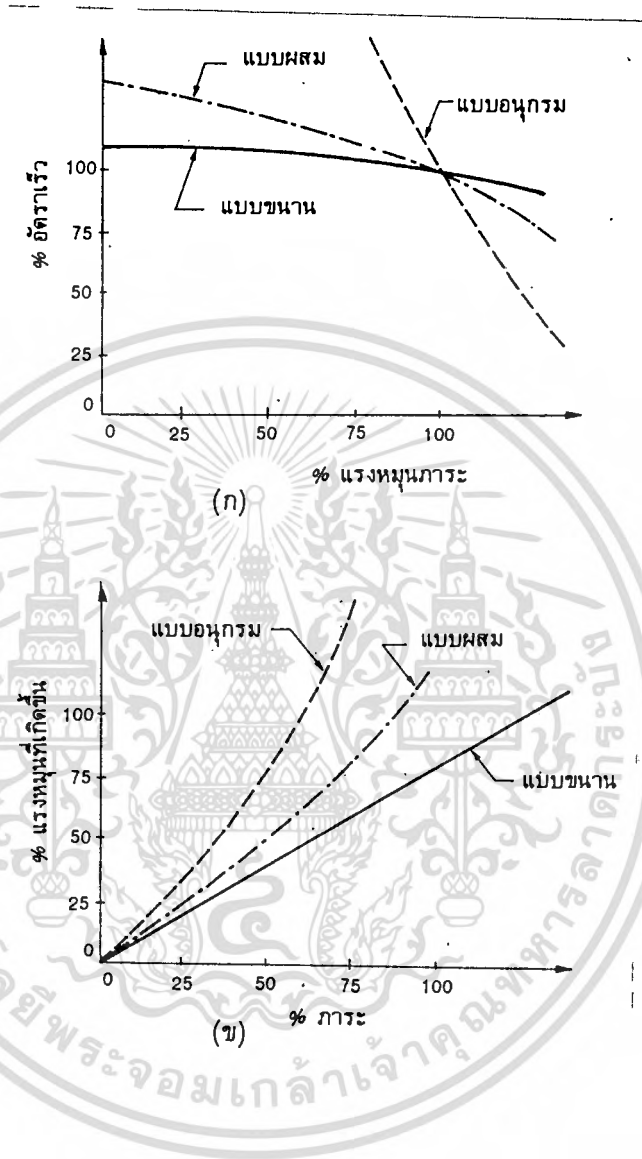
สำหรับการควบคุมอัตราความเร็วฐานจะปรับเปลี่ยนแรงดันที่ป้อนให้อาร์มาเจอร์เพื่อควบคุมให้ทอร์กคงที่ที่แรงดันพิกัดของอาร์มาเจอร์ความสัมพันธ์ของความเร็วและทอร์กจะเป็นไปตามคุณสมบัติทางธรรมชาติซึ่งกำลังของมอเตอร์ (ทอร์ก • ความเร็ว) จะคงที่ซึ่งทอร์กจะเพิ่มขึ้นการทำงานที่โหลดน้อยๆมอเตอร์กระแสตรงแบบ Series จะให้ความเร็วที่สูงมากซึ่งมอเตอร์แบบ Series จะต้องไม่ทำงานเมื่อปราศจากโหลด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการใช้งานเฉพาะเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.8 แสดงคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงแบบ Series



รูปที่ 2.9 ก) เส้นโค้งลักษณะสมบัติอัตราเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบ ขนาน อนุกรม และผสม , ข) เส้นโค้งลักษณะแรงหมุนแบบ ขนาน อนุกรม ผสม กระแสตรง

2.3 โหมดการทำงานของมอเตอร์

ในการเปลี่ยนความเร็วมอเตอร์กระแสตรงอาจจะทำงานในโหมดเดียวหรือหลายๆโหมดก็ได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 โหมดการทำงาน

2.4. โหมดมอเตอร์รีจ(Motoring)แรงดันต้านกลับ (back emf) E_g จะมีค่าน้อยกว่าแรงดันที่จ่ายให้(V_a) ทั้งกระแสอาร์มาเจอร์และกระแสฟิวด์มีค่าเป็นบวกทอร์คของมอเตอร์จะมีค่าใกล้เคียงกับโหลด

2.4.2 โหมด Regenerative braking มอเตอร์มีสถานะเป็น Generator และจะสร้างแรงดันต้านกลับ (E_g) จ่ายให้กับแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ V_a ,กระแสอาร์มาเจอร์จะเป็นลบ (Negative) แต่กระแสฟิวด์จะเป็นบวก (Positive) พลังงานจลน์จะจ่ายกลับไปสู่ส่วนที่จ่าย (Supply) มอเตอร์แบบ Series จะจ่ายแรงดันให้กับตัวเอง

2.4.3 โหมด Dynamic Braking มีการทำงานเหมือนกับโหมด Regenerative Braking แรงดัน V_a จะมีความต้านทาน Braking , R_b และจะมีการสูญเสียพลังงานในควาทาน R_b

2.4.4 โหมด Plugging โหมดนี้เป็นการ Braking ชนิดหนึ่งจุดต่อของอาร์มาเจอร์มีการกลับขั้วขณะหมุนแรงดัน V_a และแรงดัน E_g จะมีขั้วในทิศทางเดียว กันกระแสอาร์มาเจอร์จะมีการกลับขั้วซึ่งก็คือมอเตอร์จะมีการ Brake Torque กระแสฟิวด์จะมีค่าเป็นบวก สำหรับมอเตอร์แบบ Series ขั้วของอาร์มาเจอร์หรือขั้วของฟิวด์จะมีการกลับขั้วแต่จะไม่มีเกิดการเกิดขึ้นพร้อมกัน

2.4.5 โหมดสี่ควอดแดรนต์ (Four Quadrants) จากรูปแสดงถึงขั้วของ Supply Voltage , V_a แรงดันต้านกลับ E_g , กระแสอาร์มาเจอร์ I_a , ของมอเตอร์กระแสแบบแยกขดกระตุ้นในควอดแดรนต์ที่ 1, V_a , E_g , และ I_a จะมีค่าเป็นบวก (Positive) ส่วน Torque และความเร็วก็จะเป็นบวกระหว่าง Forward Braking (ควอดแดรนต์ที่ 2)มอเตอร์หมุนในทิศทางเดียวกันและสร้างแรงดันต้านกลับ E_g ซึ่งจะเป็นค่าบวกสำหรับ Torque จะเป็นค่าลบและทิศทางกำลังงานจะตรงกันข้ามซึ่งกระแสอาร์มาเจอร์จะเป็นลบแรงดัน V_a จะมีค่าน้อยกว่าแรงดัน E_g ในช่วง Reverse (ควอดแดรนต์ที่ 3), V_a , E_g , I_a เป็นลบ Toque และความเร็วจะเป็นลบเหมือนกันพลังงานจะมีการจ่ายให้กับมอเตอร์แรงดันต้านกลับ E_g จะอยู่ในสภาวะ $|V_a| > |E_g|$ ซึ่งขั้วของ E_g จะกลับข้างโดยการเปลี่ยนทิศทางของกระแสฟิวด์หรือโดยการกลับขั้วของอาร์มาเจอร์ช่วง Reverse Braking (ควอดแดรนต์ที่ 4) มอเตอร์หมุนในทิศทางตรงข้าม V_a และ E_g จะยังเป็นลบ Toque เป็นบวกและพลังงานจะจ่ายจากมอเตอร์ไปสู่แหล่งจ่ายกระแสอาร์มาเจอร์จะต้องเป็นบวกแรงดันต้านกลับ E_g จะอยู่ในสภาวะ $|V_a| < |E_g|$

ข้อดีของมอเตอร์กระแสตรง

มีคุณสมบัติเหมาะสมในการควบคุมอัตราเร็วของการขับเคลื่อน โดยมีพิสัยของอัตราเร็วกว้างมากซึ่งเราสามารถเพิ่มอัตราเร็วให้สูงหรือให้ต่ำกว่าอัตราเร็วปกติ

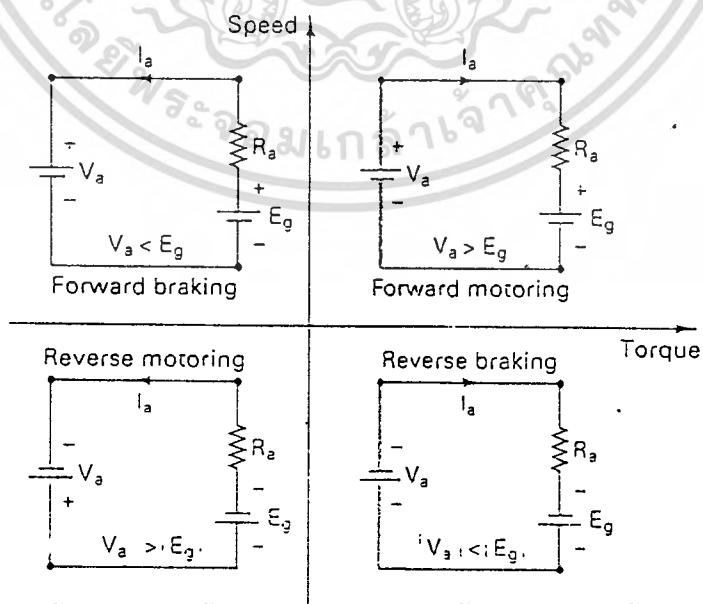
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในชื่อผู้จัดทำให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตามหากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมสามารถติดต่อได้ที่ โทร. 02-25252525

1) มีแรงหมุนขณะสตาร์ทสูงมากซึ่งเหมาะสมกับงานยกของ และขับเคลื่อน

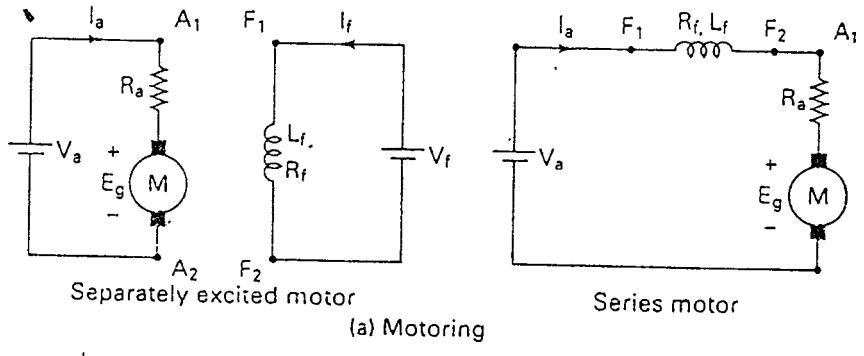
- 2) วิธีการควบคุมของมอเตอร์กระแสตรงง่ายกว่าเรียบร่อยกว่าและนุ่มนวลกว่ามอเตอร์กระแสสลับที่ทำงานคล้ายกัน

ข้อเสียของมอเตอร์กระแสตรง

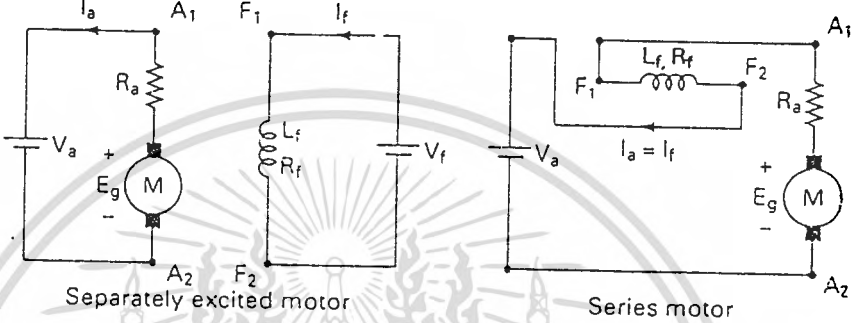
- 1) ต้องจัดหาแหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีไว้ใช้งานเป็นพิเศษ
- 2) สำหรับขนาดของแรงม้าเท่ากันมอเตอร์ดีซีมีขนาดใหญ่และมีราคาสูงกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ
- 3) ในการสตาร์ทมอเตอร์ดีซีต้องมีวิธีพิเศษและยุ่งยากกว่ามอเตอร์เอซซิงเกิ้ลเฟสสำหรับมอเตอร์ขนาดเล็กเท่านั้นที่ไม่ต้องการวิธีสตาร์ทพิเศษ
- 4) ต้องการการซ่อมบำรุงรักษามากกว่ามอเตอร์เอซซิงเกิ้ลเฟสทั้งนี้เนื่องมาจากคอมมิวเตเตอร์ (commutator) มีการ สึกหรือที่เกิดจากราร์ค ประกายไฟและการขัดสีระหว่างแปรงถ่านกับ คอมมิวเตเตอร์
- 5) ระหว่างเซ็กเมนต์ (segment) ของคอมมิวเตเตอร์มีแรงดันแตกต่างกันสูงสุดได้ประมาณ 20 โวลต์จึงจะให้คอมมิวเตเตอร์เป็นผลดีเพราะฉะนั้นจึงไม่สามารถสร้างมอเตอร์กระแสตรงให้มีขนาดอัตราแรงดันสูงกว่า 600 โวลต์ และมีขนาดใหญ่หลายพันแรงม้าได้ ถึงแม้ว่ามอเตอร์ดีซีมีข้อได้ดีเพียงสองสามข้อแต่เป็นข้อได้ดีที่สำคัญมากเราจึงยังมีการใช้งานมอเตอร์อยู่ตราบเท่าทุกวันนี้



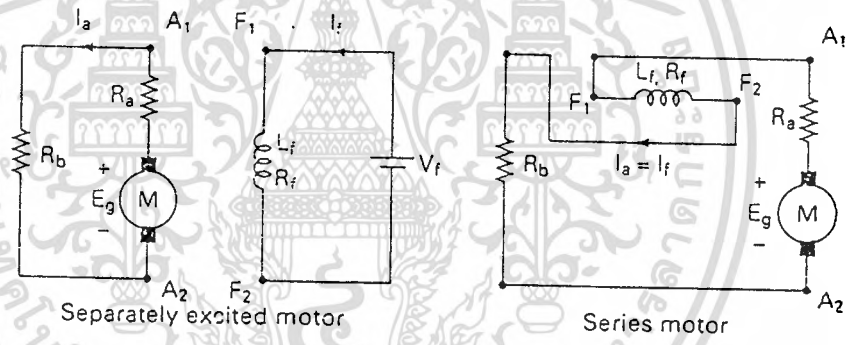
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 Conditions for four quadrants.
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



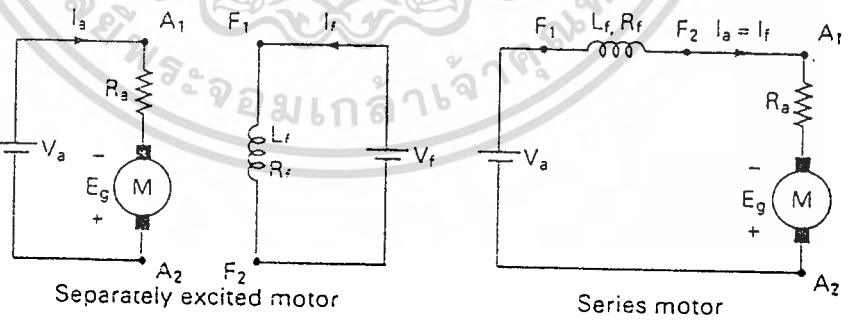
(a) Motoring



(b) Regenerative Braking



(c) Dynamic Braking



(d) Plugging

Operating modes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การ INTERFACE

3.1 INPUT/OUTPUT CARD

ลักษณะทั่วไปของ PC CARD เป็นลักษณะของ PC CARD ใช้เชื่อมต่อกับเครื่อง PC เพื่อขยายระบบอินพุตและเอาต์พุตให้ใช้งานได้มากยิ่งขึ้นซึ่งสามารถที่จะรับสัญญาณอินพุตและให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาได้ทั้งในรูปของ Digital ทำให้มีความอ่อนตัวในการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ได้มากยิ่งขึ้นซึ่งมีไอซี 8255 (PROGRAMMABLE PHERIPHERAL INTERFACE) จำนวน 2 ตัวซึ่งสามารถที่จะใช้โปรแกรมให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตตามต้องการของผู้ใช้เองได้ทั้งหมด 6 พอร์ต หรือ 48 บิต 1/0 ในรูปของสัญญาณ DIGITAL นั้นเอง

การใช้งาน 8255 (PROGRAMMABLE PHERIPHERAL INTERFACE)

ไอซี 8255 (PROGRAMMABLE PHERIPHERAL INTERFACE) เป็นไอซีประกอบด้วยพอร์ตใช้งานถึง 3 พอร์ตและ พอร์ตควบคุม (CONTROL PORT) อีก 1 พอร์ต รวมเป็น 4 พอร์ต ซึ่งไอซี 8255 สามารถที่จะโปรแกรมให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ได้ทั้ง 2 ตัว หรือ 48 บิต 1/0 โดยการกำหนดที่พอร์ตควบคุม (CONTROL PORT) ซึ่งการโปรแกรมเพียงแต่ส่งค่า CONTROL WORD-CODE ไปให้พอร์ตควบคุมเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255 ซึ่งมีรายละเอียดและตัวอย่างการโปรแกรมดังนี้คือ

DO ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของพอร์ต C ล่าง (PC0 - PC 3) คือ

ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้เป็น Input

ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้เป็น Output

D1 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของพอร์ต B (PBO - PB7)

ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้เป็น Input

ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้เป็น Output

D2 ใช้สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ต C ล่างและพอร์ต B คือ

ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้พอร์ต C ล่างและพอร์ต B ทำงานในโหมด 0

ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้พอร์ต C ล่างและพอร์ต B ทำงานในโหมด 1

D3 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของพอร์ต C บน (PC4 - PC7) คือ

ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้เป็น Input

ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้เป็น Output

D4 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของพอร์ต A (PA0 - PA7) คือ

ถ้าเป็น 1 หมายถึงให้เป็น Input

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็น 0 หมายถึงให้เป็น Output

D6,D5 ใช้สำหรับการกำหนด โหมดการทำงานของพอร์ต C บนและพอร์ต A คือ
 ถ้าเป็น 00 หมายถึงให้พอร์ต C บนและพอร์ต A ทำงานในโหมด 0
 ถ้าเป็น 01 หมายถึงให้พอร์ต C บนและพอร์ต A ทำงานในโหมด 1
 ถ้าเป็น 1x หมายถึงให้พอร์ต C บนและพอร์ต A ทำงานในโหมด 2

D7 ใช้สำหรับกำหนด MODESET FLAG คือ

ถ้าเป็น 1 หมายถึง ACTIVE ซึ่งต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น 1 เสมอ

ถ้าเป็น 0 หมายถึง NON - ACTIVE

ตัวอย่างเช่น เราต้องการให้ทั้ง 3 พอร์ต ของ 8255 (PA , PB , PC) เป็นเอาต์พุตทั้งหมด
 จะได้ดังนี้คือ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	0	0	0	0	0
	8						0

ดังนั้นจะได้ Control Word Code = 80H

3.2 วงจร ANALOG TO DIGITAL CONVERTER

หลักการทำงานของวงจร

ไอซี ADC 0804 จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณจากแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้หลักการสุ่มรับสัญญาณ Analog ทางอินพุต (SAMPLING) แล้วนำขนาดของสัญญาณ Analog นั้นมาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงของวงจรนี้แล้วจึงเปลี่ยนค่าข้อมูลเป็นแบบดิจิตอลซึ่งความเร็วในการสุ่มขนาดของสัญญาณ (SAMPLING RATE) สามารถกำหนดได้จากความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่สามารถกำหนดได้โดยวงจร R2 และ C5 โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้คือ

$$F = 1 / (1.1 RC)$$

เมื่อ F คือ ค่าความถี่ขนาดของสัญญาณไอซี ADC 0804

R คือ ค่าความต้านทาน R2 ในวงจร

C คือ ค่าความจุ C5 ในวงจร

ความสัมพันธ์ของอินพุตและเอาต์พุตของไอซี ADC0804 ไอซี ADC0804 จะใช้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูในวงเพื่อตรวจสอบเท่านั้น ไม่ควรนำออกไปใช้ประโยชน์อื่นใด
 ไม่ว่าใครคือผู้จัดทำมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้าค่าของขนาดสัญญาณแอนะล็อกอินพุทเท่ากับขนาดแรงดันอ้างอิงจะได้ข้อมูลมีค่าเป็นครึ่งหนึ่ง
- ถ้าค่าของขนาดสัญญาณแอนะล็อกอินพุทมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันอ้างอิงจะได้ข้อมูลมีค่าสูงสุดซึ่งขนาดของสัญญาณอินพุทจะถูกกำหนดโดยค่าตัวแปรต่างๆดังนี้

1) แรงดันอ้างอิงของวงจร (Voltage Reference หรือ $V_{ref}/2$)

แรงดันอ้างอิงของวงจรนี้เป็นจุดอ้างอิงมาตรฐานของวงจรเป็นตัวกำหนดความเที่ยงตรงในการเปลี่ยนขนาดของสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลซึ่งวงจรต้องการแรงดันอ้างอิงที่มีความเที่ยงตรงสูง เพราะหากแรงดันอ้างอิงของวงจรไม่มีความเที่ยงตรงแน่นอนมีการเปลี่ยนแปลงแล้วการทำงานของวงจรก็จะมีเปลี่ยนแปลงตามด้วยนั่นก็คือจะส่งผลให้ค่าของสัญญาณข้อมูลดิจิทัลที่ได้ก็จะเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ตามไปด้วยถึงแม้ว่าสัญญาณอินพุทจะมีขนาดคงที่ก็ตาม และแรงดันอ้างอิงของวงจรมีเป็นตัวกำหนดค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุทบวกของวงจรโดยค่าสัญญาณอินพุทบวกกำหนดให้มีค่าสูงสุดประมาณ 2 เท่าของแรงดันอ้างอิงโดยมีจุดเริ่มที่สัญญาณอินพุทลบของวงจรเสมอซึ่งบน BOARD นั้นใช้ไอซี LM336 เป็นตัวสร้างสัญญาณอ้างอิงแรงดันขนาด 2.5 V ซึ่งเป็นแรงดันอ้างอิงที่ทำให้ไอซี ADC 0804 รับสัญญาณอินพุทสูงสุด + 5 V แต่ผู้ใช้สามารถใช้แรงดันอ้างอิงกับวงจรได้ทั้งสองแบบคือ

1.1 แรงดันอ้างอิงจากตัวบอร์ดเองมีขนาด 2.5 V

1.2 แรงดันจากภายนอกซึ่งกำหนดจากผู้ใช้เอง โดยต่อเข้ามาทางขั้วต่อซึ่งแรงดันอ้างอิงจะมีขนาดระหว่าง 0.0 – 2.5 V

2.) สัญญาณอินพุทลบ (Voltage Input - หรือ VI-)

แรงดันอินพุทลบนี้เป็นตัวกำหนดอินพุทค่าน้ำของวงจรหรือจุดเริ่มต้นการตอบรับสัญญาณอินพุทนั่นเอง โดยสัญญาณอินพุทลบสามารถกำหนดได้ให้มีค่าไม่เกินแรงดันอ้างอิงสูงสุดของวงจร (2.5 V) สามารถกำหนดอินพุทได้ทั้งสองแบบตามความต้องการคือ

2.1 สัญญาณอินพุทลบจากตัวบอร์ดเองโดยกำหนดไว้ในระดับกราวด์ของวงจรหรือ 0 V จนถึงระดับแรงดันประมาณ 2 เท่าของแรงดันอ้างอิงของวงจร

2.2 สัญญาณอินพุทลบจากภายนอกซึ่งจุดรับสัญญาณจะต่อผ่านเข้ามายังขั้วต่อ CONNECTOR CN4 และสัญญาณอินพุทลบนี้จะกำหนดโดยผู้ใช้เอง โดยต้องกำหนดให้มีค่าไม่เกินแรงดันอ้างอิงของวงจรเสมอ

3) สัญญาณอินพุทบวก (Voltage Input + หรือ VI+)

เอกสาร 3) สัญญาณอินพุทบวก (Voltage Input + หรือ VI+) สัญญาณให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันอินพุทบวกนี้ก็คือค่าแรงดันอินพุทของวงจรมันเองซึ่งกำหนดให้มีค่าสูงสุดไม่เกินค่าที่วงจร ADC รับได้ซึ่งต้องเป็นค่าแรงดันที่มีค่าอยู่ในช่วงบวกด้วยเนื่องจากไอซี ADC ไม่สามารถรับสัญญาณที่มีค่าเป็นลบได้สัญญาณอินพุทบวกนี้จะมีค่าสูงสุดประมาณ 2 เท่าของแรงดันอ้างอิงค่าสูงสุดของอินพุทบวกต้องมีค่าต่ำกว่า +5.0 V ด้วยเสมอ

3.3 การทำงานของวงจร DIGITAL TO ANALOG CONVERTER

หลักการการทำงานของวงจร

ไอซี DAC จะทำหน้าที่นำข้อมูลอินพุทแบบดิจิทัลมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงของวงจรแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณแอนะล็อกออกทางเอาต์พุทซึ่งขนาดของสัญญาณเอาต์พุทที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับขนาดของข้อมูลอินพุทแบบเป็นสัดส่วนเชิงเส้น (LINEAR) โดยขนาดของสัญญาณเอาต์พุทนั้นสามารถแบ่งขนาดออกได้เป็นช่วงๆ (STEP) ตามขนาดของไอซี DAC ในแต่ละช่วงของการเปลี่ยนแปลงของจำนวนข้อมูลอินพุทว่าเมื่อค่าข้อมูลเพิ่มขึ้น 1 ระดับขนาดของสัญญาณเอาต์พุทเพิ่มขึ้นเท่าไรถ้าไอซี DAC มีจำนวนบิตมากค่าความละเอียดก็จะมาก ถ้าไอซี DAC มีจำนวนบิตน้อยค่าความละเอียดก็จะน้อยตามไปด้วย

ความสัมพันธ์ของอินพุทและเอาต์พุทของไอซี DAC

ไอซี DAC จะใช้การเปรียบเทียบข้อมูลแบบดิจิทัลกับแรงดันอ้างอิงของวงจรแล้วจึงเปลี่ยนขนาดของข้อมูลอินพุทนั้นกลับเป็นสัญญาณแบบแอนะล็อกส่งออกทางเอาต์พุทซึ่งขนาดของข้อมูลอินพุท กับขนาดของสัญญาณเอาต์พุทมีความสัมพันธ์ดังนี้คือ

- ถ้าของข้อมูลอินพุทมีค่าสูงสุด (เป็นลอจิก “1” ทั้งหมดทุกบิต) จะได้ขนาดของสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุทมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันอ้างอิงของวงจร
- ถ้าค่าของข้อมูลอินพุทมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของข้อมูลสูงสุดจะได้ขนาดสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุท มีค่าเท่ากับค่าของแรงดันอ้างอิงของวงจร

ซึ่งขนาดของสัญญาณเอาต์พุทของวงจรถูกกำหนดโดยค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้คือ

การกำหนดค่าของข้อมูลเพื่อกำหนดขนาดของสัญญาณเอาต์พุท

การที่เราจะสามารถกำหนดค่าของข้อมูลอินพุทของไอซี DAC เพื่อให้ได้ขนาดของสัญญาณเอาต์พุทตามความต้องการของเรานั้นก่อนอื่นเราต้องทราบความสามารถของไอซี DAC เสียก่อนว่าสามารถให้ค่าสัญญาณเอาต์พุทต่อ STEP เป็นเท่าไรเสียก่อนแล้วจึงหาว่าหากเราต้องการได้ค่าสัญญาณเอาต์พุทขนาดเท่านี้แล้วต้องใช้กี่ STEP จึงจะได้ขนาดของสัญญาณตามความต้องการซึ่งค่า STEP นี้สามารถกำหนดได้จากจำนวนบิตข้อมูลของไอซี DAC ที่เราใช้ในวงจร

ถ้าเราใช้ไอซี DAC ขนาด 8 บิต จะได้ค่าของข้อมูลอยู่ระหว่าง 00H-FFH หรือ 0-255 นั่นก็คือค่าไม่ว่าไอซีใด ๆ ก็สามารถให้สัญญาณเอาต์พุทเป็นช่วง ๆ ทั้งหมดคือ 256 ช่วง (0-255) นั้นเอง



ซึ่งเมื่อเราทราบว่า ไอซี DAC มีค่า STEP ทั้งหมดเท่าใดแล้ว ก็สามารถทราบได้ว่าใน 1 STEP จะได้ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตต่อ 1 STEP เป็นเท่าใดโดยสามารถได้จากสูตร

$$\text{STEP} = \text{ANALOG MAX} / \text{DAC STEP}$$

เมื่อ

- STEP คือ ค่าของขนาดสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตต่อ 1 ช่วงข้อมูล
- ANALOG MAXIMUM คือ ค่าของขนาดสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตสูงสุดที่ใช้ในวงจร
- DAC STEP คือ ค่าของจำนวน STEP ของไอซี DAC ที่ใช้ในวงจรโดยถ้าใช้ไอซี DAC0832 (DAC ขนาด 8 บิต) DAC STEP มีค่าเป็น 256 และเราจะสามารถหาค่าข้อมูลได้จากสูตร

$$\text{DATA} = \text{Vout} / \text{STEP}$$

เมื่อ

- DATA คือ ค่าของข้อมูลที่ต้องการหา
- Vout คือ ค่าของขนาดสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตที่ต้องการ
- STEP คือ ค่าของขนาดสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตต่อ 1 ช่วงข้อมูล
- ใช้ไอซี DAC ขนาด 8 บิต (DAC0832)
- ใช้แรงดันอ้างอิงของวงจร ($V_{ref}/2$) เป็น 5V
- ให้สัญญาณเอาต์พุตมีขนาดสูงสุด +10V

จะได้ค่าของสัญญาณเอาต์พุตต่อ 1 STEP เป็น

$$\text{STEP} = 10/256$$

จะเห็นได้ว่าเราได้ค่าของสัญญาณเอาต์พุตต่อ STEP มีค่าประมาณ 0.0391 หรืออาจกล่าวได้ว่าหากเราให้ข้อมูลอินพุตกับวงจรด้วยค่า 01H (00000001B) เราจะได้สัญญาณเอาต์พุตมีขนาดประมาณ 0.0391 ดังนั้นหากเราต้องการได้ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตมีค่าเป็น 5.00V เราต้องให้ค่าข้อมูลกับวงจรเป็น

$$\text{DATA} = 5.00/0.0391$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การควบคุมแบบพีไอดี

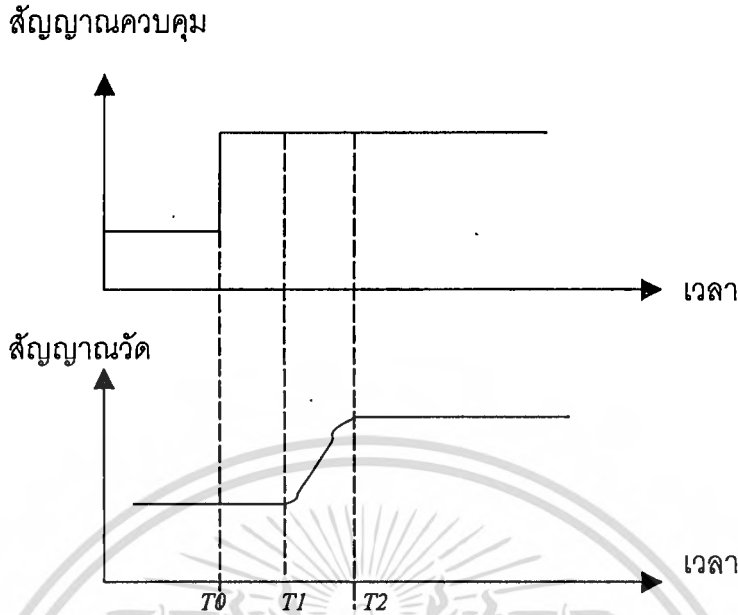
การควบคุมพีไอดีที่ใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติจะทำหน้าที่เปรียบเทียบหาค่าความแตกต่าง (ค่าคลาดเคลื่อน) ระหว่างค่าของเอาต์พุตจริงของระบบกับค่าของอินพุตอ้างอิง จากนั้นจะสร้างสัญญาณควบคุมขึ้นเพื่อที่จะไปทำให้ค่าคลาดเคลื่อนมีค่าลดลงจนเป็นศูนย์หรือมีค่าน้อยที่สุด ลักษณะของการสร้างสัญญาณควบคุมของตัวควบคุมนี้จะเรียกว่า “ ฏริยาควบคุม (control action)”

4.1 ธรรมชาติของการควบคุม

ตามรูปที่ 4.1 เมื่อสัญญาณควบคุมเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดที่เวลา $T = T_0$ สัญญาณของตัวแปรโปรเซสจะคงเดิมจนถึงเวลา T_1 ตัวแปรโปรเซสจะค่อยๆเปลี่ยนไปจนกระทั่งถึงเวลาคงที่ที่เวลา T_2 ลักษณะนี้เรียกว่าโปรเซสมีความล่าช้าในการตอบสนอง (Process time lag) ซึ่งอาจแบ่งได้ เป็น Dead time และ Capacity lag time ซึ่งจะอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1) **Dead time** คือช่วงเวลาที่น่าับจากขณะที่สัญญาณควบคุมเปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งสัญญาณวัดของตัวแปรโปรเซสเริ่มเปลี่ยนแปลง ดังในรูปที่ 4.1 Dead time มีค่าเท่ากับ $T_1 - T_0$ โดยทั่วไปแล้ว Dead time มักเกิดกับวัตถุที่เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งทำให้ Dead time ขึ้นอยู่กับความเร็วและระยะทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เราอาจเรียก Dead time ได้ว่าเป็น Distance Velocity lag หรือ Transportation lag ในระบบควบคุม Dead time จะเป็นเวลาที่ตัวควบคุมต้องรอเพื่อที่จะทราบผลของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณควบคุมที่ตัวควบคุมได้ส่งออกไปแล้ว ยิ่ง Dead time มีค่ามาก ตัวควบคุมยิ่งต้องรอนานขึ้น “ Dead time ทำให้การควบคุมยากขึ้น”

2) **Capacity lag** ความเร็วในการตอบสนองประเภทนี้จะเป็นตัวจำกัด อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณวัดไม่ให้มีค่ามากเกินไป ยิ่ง Capacity lag มีค่ามากอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของสัญญาณวัดยังมีค่าน้อย ช่วงสภาวะที่เปลี่ยนแปลงจากสภาวะสมดุล (Steady state) เดิมไปสู่สภาวะใหม่จะนานขึ้น รูปที่ 4.1 คือช่วงระยะระหว่าง T_1 กับ T_2 ในการควบคุมถ้าโปรเซสมีค่า Capacity lag ยิ่งมากสัญญาณวัดจะยิ่งเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ ตัวควบคุมสามารถเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณควบคุมไปต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณได้ช้ายิ่งขึ้น ทำให้การควบคุมง่ายขึ้น

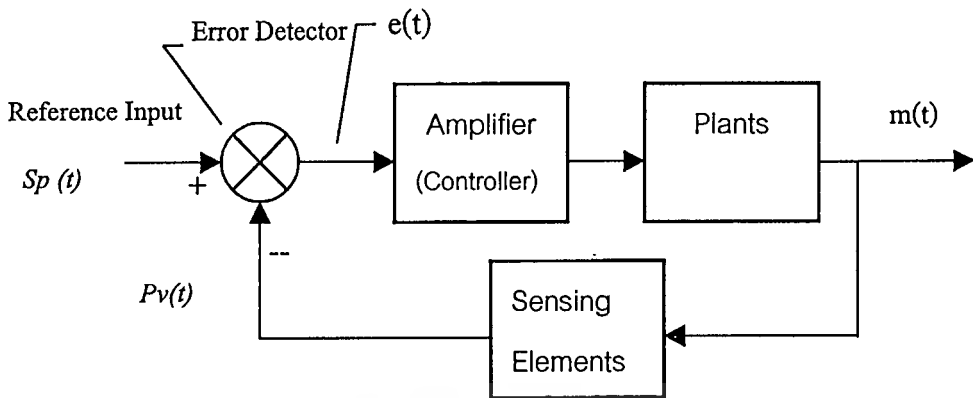


รูปที่ 4.1 ความช้าในการตอบสนองต่อสัญญาณควบคุม

4.2 ความหมายของการควบคุมอัตโนมัติ

ตัวควบคุมจะทำหน้าที่ตรวจวัดสัญญาณค่าคลาดเคลื่อน ซึ่งส่วนมากจะเป็นสัญญาณระดับต่ำ ดังนั้น จึงต้องมีแอมพลิฟายเพื่อทำหน้าที่ขยายสัญญาณค่า คลาดเคลื่อนให้มีระดับสูงเพียงพอ และเอาที่พู่ของตัวควบคุมจะถูกส่งไปยังส่วนของตัวกระทำ (Actuator) เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า วาล์ว นิวแมติกส์ หรืออื่นๆ เป็นต้น รูปที่ 4.2 แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมของตัวควบคุมซึ่งต่อร่วมกับอุปกรณ์วัดสัญญาณ (Sensing Element) ตัวควบคุมในที่นี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดค่าคลาดเคลื่อน (Error Detector) และแอมพลิฟาย สำหรับอุปกรณ์วัดสัญญาณนั้นเป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณเอาที่พู่ไปเป็นสัญญาณที่เหมาะสม เช่น ระยะเวลาที่ แรงดัน หรือสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจะใช้สำหรับเปรียบเทียบค่าของสัญญาณเอาที่พู่กับสัญญาณอ้างอิงได้ อุปกรณ์วัดสัญญาณนี้จะอยู่ในส่วนป้อนกลับ (Feedback Path) ของระบบลูปปิด (Close Loop) ส่วนค่าที่กำหนดไว้ (Set Point) ของตัวควบคุมนั้นจะต้องถูกแปลงให้เป็นสัญญาณอินพุตอ้างอิงที่มีหน่วยเดียวกันกับสัญญาณป้อนกลับที่ได้จากอุปกรณ์วัดสัญญาณเมื่ออุปกรณ์วัดค่าคลาดเคลื่อนตรวจวัดค่าคลาดเคลื่อนระหว่างสัญญาณอินพุตอ้างอิงและสัญญาณป้อนกลับได้แล้วก็จะส่งค่าคลาดเคลื่อนนี้ไปยังแอมพลิฟายเพื่อขยายค่าคลาดเคลื่อนให้มีระดับสูงพอที่จะไปทำให้ตัวกระทำในระบบทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ระบบควบคุมแบบลูปปิดหรือแบบอัตโนมัติ

4.3 กริยาของการควบคุม

ตัวควบคุมที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมสามารถจำแนกออกได้ตามลักษณะของกริยาการควบคุมดังนี้

1. กริยาการควบคุมแบบสองตำแหน่ง (*two-position*)
2. กริยาการควบคุมแบบ *proportional*
3. กริยาการควบคุมแบบ *Integral*
4. กริยาการควบคุมแบบ *Derivative*
5. กริยาการควบคุมแบบ *proportional plus integral*
6. กริยาการควบคุมแบบ *proportional plus derivative*
7. กริยาการควบคุมแบบ *proportional plus integral plus derivative*

ตัวควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมนั้นส่วนใหญ่จะใช้ไฟฟ้าหรือแรงดันของของไหลเช่น น้ำมันหรือลมเป็นแหล่งจ่ายกำลัง ดังนั้นตัวควบคุมอัตโนมัติจึงจะแบ่งออกตามลักษณะของกำลังงานในการทำงานของระบบได้เช่นตัวควบคุมแบบนิวเมติกส์ (*pneumatic*) ตัวควบคุมแบบไฮดรอลิก (*hydraulic*) หรือตัวควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น การตัดสินใจว่าจะเลือกใช้ตัวควบคุมแบบไหน จะต้องพิจารณาจากธรรมชาติของระบบ สภาพการทำงาน ความปลอดภัย ความเที่ยงตรง ความไวใจได้ ราคา ขนาดและน้ำหนัก และอื่นๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 กิริยาการควบคุมแบบสองตำแหน่ง (*Two Position*)

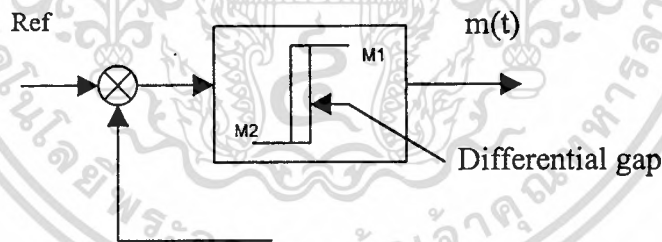
ในระบบการควบคุมแบบสองตำแหน่งนั้นตัวกระทำจะทำงานในตำแหน่งที่คงที่เพียงสองตำแหน่งเท่านั้นในบางครั้งจึงมีชื่อเรียกง่าย ๆ ว่า On และ Off การควบคุมแบบสองตำแหน่งนี้จะเป็นการควบคุมแบบง่ายและราคาไม่แพง ดังนั้นจึงนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในงานควบคุมทางอุตสาหกรรมกำหนดให้สัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุมเป็น $m(t)$ และสัญญาณค่าคลาดเคลื่อนเป็น $e(t)$ ฉะนั้นในการควบคุมแบบสองตำแหน่ง สัญญาณ $m(t)$ จะมีค่าอยู่เพียงค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดเท่านั้น โดยจะขึ้นอยู่กับว่าสัญญาณค่าคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นบวกหรือเป็นลบ นั่นคือ

$$m(t) = M_1 \quad \text{สำหรับ} \quad e(t) > 0$$

$$m(t) = M_2 \quad \text{สำหรับ} \quad e(t) < 0$$

โดยที่ M_1 และ M_2 เป็นค่าคงที่

รูปที่ 4.3 แสดงถึง block diagram ของตัวควบคุมแบบสองตำแหน่ง และสำหรับช่วงซึ่งสัญญาณค่าคลาดเคลื่อนเปลี่ยนแปลงไปก่อนเกิดการเปลี่ยนตำแหน่ง (switching) ของการควบคุมนั้นเรียกว่า differential gap ดังแสดงในรูป ช่วง differential gap นี้เอาต์พุตของตัวควบคุม $m(t)$ จะยังคงรักษาค่าเดิมอยู่จนกระทั่งสัญญาณค่าคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.3 Block diagram ของตัวควบคุมสองตำแหน่งหรือแบบ on-off

เปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยจากค่าศูนย์ในบางกรณี differential gap นั้นเป็นผลจากการเสียดทานที่ไม่ได้คิดไว้ก่อนแต่ในบางครั้งก็ต้องทำให้มีช่วง differential gap เพื่อป้องกัน On-Off บ่อยเกินไป

4.3.2 กิริยาการควบคุมแบบ *Proportional*

ข้อเสียของการควบคุมแบบ *On-Off* คือการแกว่งของค่าตัวแปร โพรเซสรอบๆค่าเป้าหมาย

เนื่องจากสัญญาณควบคุมมีแค่สองค่า (*On* หรือ *Off*) ขณะที่สัญญาณวัดมีค่าเข้าใกล้ค่าเป้าหมาย

สัญญาณควบคุมจะมีค่ามากหรือน้อยเกินไปไม่สมดุลกับค่าความผิดพลาด เพื่อจะกำจัดการแกว่งไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจึงควรจะกำหนดให้สัญญาณควบคุมมีสัดส่วนเหมาะสมกับขนาดความคลาดเคลื่อนขณะสัญญาณวัดมีค่าเข้าใกล้ค่าเป้าหมาย การควบคุมที่ใช้หลักการนี้เราเรียกว่า Proportional Control ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณขาออก $m_p(t)$ กับสัญญาณขาเข้า $Sinp(t)$ ที่ค่าเป้าหมาย $Soutp(t)$ ใดๆ แสดงได้ดังนี้

$$m_p(t) = K_p e(t) + b$$

$m_p(t)$ = สัญญาณขาออก

$e(t)$ = ค่าคลาดเคลื่อน ($Soutp(t) - Sinp(t)$)

$Soutp(t)$ = ค่าเป้าหมาย

$Sinp(t)$ = สัญญาณขาเข้า

b = สัญญาณควบคุมขณะไม่มีความผิดพลาด ($Soutp = Sinp$)

K_p = Proportional Gain มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

อัตราการตอบสนองต่อคลาดเคลื่อนของ Proportional ถูกกำหนดด้วยค่า Proportional Gain (K_p) เราให้คำจำกัดความของ Proportional Gain ว่าเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาเข้า (กรณีค่าเป้าหมายคงที่) ทำให้สัญญาณขาออกเปลี่ยนแปลงไป 100%

ในการควบคุมแบบพรวดพราดโดยทั่วไปสัญญาณของโปรเซสจะมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายที่สภาวะการทำงานและสภาพแวดล้อมที่สภาวะใดสภาวะหนึ่งเท่านั้น ถ้าสภาวะการทำงานและสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากค่านี้ คือเกิดสิ่งรบกวน สัญญาณวัดจะมีค่าต่างไปจากค่าเป้าหมายที่สภาวะสมดุล ค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณวัดกับค่าเป้าหมายที่สภาวะสมดุล เรียกว่าออฟเซต(offset) ขนาดของออฟเซตขึ้นอยู่กับขนาดของสิ่งรบกวน (Disturbance) และค่า K_p ยิ่ง K_p มีค่าน้อย ออฟเซตยิ่งมีค่ามากในทางกลับกันถ้า K_p มีค่ามากออฟเซตจะมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ดีถ้าค่า $K_p = \infty$ สัญญาณการวัดก็จะเกิดการแกว่ง เนื่องจากกรณีนี้กรียาพรวดพราดจะทำงานเหมือนเป็น on - off

ข้อดีของกรียาพรวดพราดเมื่อเทียบกับการควบคุมแบบสองตำแหน่งตัวแปรโปรเซสจะมีเสถียรภาพดีกว่า (ไม่แกว่ง) ถ้าเราปรับ K_p ได้เหมาะสมแต่มีข้อเสียคือเกิดออฟเซต การควบคุมแบบนี้จะเหมาะกับโปรเซสที่สิ่งรบกวนขนาดไม่มากนัก Dead time มีค่าน้อยและ Capacity Lag มีขนาดปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การควบคุมแบบ *Integral*

ในการควบคุมแบบ *Integral* นั้นค่าของเอาต์พุตของตัวควบคุม $m(t)$ จะมีความสัมพันธ์กับค่าคลาดเคลื่อน $e(t)$ ดังนี้

$$\frac{d}{dt} m_I(t) = K_I e(t)$$

$$m_I(t) = K_I \int_0^t e(t) dt$$

โดยที่ $K_I = \text{Integral Gain}$ ที่สามารถปรับค่าได้

การควบคุมแบบ *Integral* เป็นกริยาหนึ่งที่ใช้งานบ่อยๆ ในระบบการควบคุม โดยมีพื้นฐานเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในอดีตของค่าเออเรอร์ซึ่งเกิดขึ้นในการผันแปรทางการควบคุมของการควบคุมนี้ สามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ โหมดรีเซต (*Reset*) ” ถ้าการควบคุมแบบ *Proportional* กำหนดการป้อนกลับบนพื้นฐานของค่าคลาดเคลื่อนในอดีตที่เกิดขึ้นครั้งนั้นเป็นไปได้อาจว่า เมื่อขณะใดขณะหนึ่งค่าของเออเรอร์เป็นศูนย์แล้วการควบคุมแบบอินทิกรัลยังคงถูกป้อนกลับอยู่เพราะเกิดจากค่าคลาดเคลื่อนในอดีต จากนี้เราสามารถมองเห็นภาพของกริยาแบบนี้เทอมของ *Integral* สามารถคำนวณจากพื้นที่สุทธิ (*net area*) ภายใต้เส้นกราฟค่าคลาดเคลื่อนต่อเวลา การกระทำเอาต์พุตถูกพบว่า เป็นการคูณ ด้วยค่าคงที่ซึ่งเรียกว่า “ *Integral Gain* ” ดังนั้น

$$m_I(t) = K_I A_e(t) + b_I(0)$$

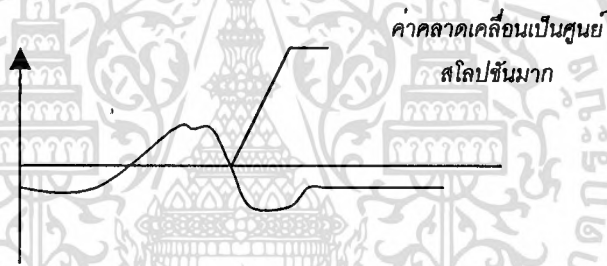
$A_e(t) =$ พื้นที่สุทธิของค่าคลาดเคลื่อนต่อเวลาคำนวณจาก เวลา $t=0$

$b_I(0) =$ สัญญาณควบคุมขณะไม่มีค่าคลาดเคลื่อน ที่เวลา $t=0$

กริยาควบคุมแบบ *Integral* สามารถกำหนดเอาต์พุตอัตโนมัติเพื่อเผชิญการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้

4.3.4 กิริยาการควบคุมแบบ Derivative

การกระทำในกิริยาแบบนี้ถูกพิจารณาว่าเป็น การปฏิบัติการณ์ของการควบคุมอยู่บนพื้นฐานของอัตราเวลาของการเปลี่ยนแปลงค่าคลาดเคลื่อน ในกรณีที่ค่าคลาดเคลื่อนที่แท้จริงเป็นศูนย์ การกระทำ *Derivative* ยังจะให้การตอบสนองได้เฉพาะอัตราเปลี่ยนแปลงค่าคลาดเคลื่อนซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าคลาดเคลื่อนนั้นทำให้เรียกย่อยๆว่า “เรทแอคชั่น (rate action)” การตอบสนองของการปฏิบัติ *Derivative* จะไม่ขึ้นอยู่กับค่าคลาดเคลื่อนในขณะนี้โดยเฉพาะแต่จะขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าคลาดเคลื่อนในขณะนั้นแต่เพื่อให้กระจายเอาท์พุท จำเป็นต้องปรับค่าบางสิ่งโดยค่าคลาดเคลื่อนที่กำลังเปลี่ยนแปลงแบบรวดเร็วจะประกันได้ว่าเอาท์พุท จะไม่เป็นศูนย์ เว้นเสียแต่จะมีเงื่อนไขอื่น



รูปที่ 4.4 ในกรณีที่ค่าคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ แต่เอาท์พุทดีริเวทีฟที่มีการตอบสนอง

อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าคลาดเคลื่อนสามารถถูกประมาณ โดยการเอาผลต่างระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสองค่าหารด้วยความต่างของเวลา ดังนี้

$$m_D(t) = K_D \frac{e_p(t_1) - e_p(t_0)}{t_1 - t_0}$$

K_D = ค่าเดริวาทีฟเกน

$e_p(t_1)$ = ค่าคลาดเคลื่อนที่เวลา t_1

$e_p(t_0)$ = ค่าคลาดเคลื่อนที่เวลา t_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตได้ว่าไม่ว่าไม่มีเทอมเอาต์พุตของการควบคุมออกมาเมื่อมีอัตราที่เปลี่ยนแปลงค่าคลาดเคลื่อนเริ่มต้นเป็นศูนย์ด้วยเหตุนี้การควบคุมแบบ *Derivative* จะไม่ใช้งานแบบโดดเดี่ยว เพราะว่าจะไม่ตอบสนองที่ค่าคลาดเคลื่อนคงที่ (*fixed error*)

4.4 การรวมกริยาของการควบคุม

4.4.1 กริยาการควบคุมแบบ *Proportional Plus Integral*

กริยาการควบคุมแบบนี้สามารถจะแสดงได้ด้วย สมการต่อไปนี้

$$m_{PI}(t) = K_p e(t) + K_p K_I \int_0^t e(t) dt$$

ทั้ง K_p และ K_I เป็นค่าที่ปรับได้ โดยที่การปรับ K_I นั้นจะเป็นการปรับกริยาการควบคุม Integral ส่วนการปรับค่าของ K_p นั้นจะมีผลต่อส่วน Proportional ซึ่ง Proportional จะมี Offset ถ้าเกิดมีสิ่งรบกวนโปรเซส (Disturbance) เพื่อจะกำจัด offset โดยพนักงานไม่จำเป็นต้องคอยปรับตัวควบคุมบ่อยๆ เราจำเป็นต้องให้ตัวควบคุมที่สามารถปรับค่า Bias โดยอัตโนมัติ ขนาดของกริยา Integral ขณะใดขณะหนึ่งจะไม่สัมพันธ์กับค่าคลาดเคลื่อนในขณะนั้น แต่จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของค่าคลาดเคลื่อนสะสม $\{ \int e(t) dt \}$ ผลของกริยา Integral จะเหมือนกับปรับค่า Bias จนกระทั่งค่าคลาดเคลื่อนหมดไป อัตราการตอบสนองของกริยา Integral ขึ้นอยู่กับการปรับค่า K_I ยิ่ง K_I มีค่าน้อยลง การตอบสนองยิ่งจะเร็วขึ้น ข้อดีของการเพิ่มกริยา Integral จะเสมือนการเพิ่ม Capacity Lag เข้าไปในระบบควบคุมตัวแปรโปรเซส เปลี่ยนแปลงเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ช้าลง กริยาการควบคุมแบบ Proportional Plus Integral จึงเหมาะสมกับโปรเซสที่ค่อนข้างไวอยู่แล้วคือทั้ง Dead time และ Capacity lag มีค่าน้อย

4.4.2 การควบคุมแบบ *Proportional Plus Derivative*

กริยาการควบคุมของตัวควบคุมแบบนี้จะอยู่ในรูปของสมการต่อไปนี้

$$m_{PD}(t) = K_p e(t) + K_p K_D \frac{de(t)}{dt}$$

ค่าของ K_p และ K_D นั้นจะเป็นค่าที่สามารถปรับได้และในบางครั้งจะเรียกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมแบบ derivative or rate control ทั้งนี้เพราะขนาดของสัญญาณเอาต์พุตของไมวากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กริยาควบคุมจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณค่าคลาดเคลื่อนกริยาการควบคุมแบบ Derivative มีคุณลักษณะของการคาดการณ์ล่วงหน้า โดยที่ K_D จะเป็นช่วงเวลาซึ่งกริยาการควบคุมแบบ Derivative ล้าหน้ากริยาการควบคุม Proportional แต่อย่างไรก็ตามกริยาการควบคุมแบบ Derivative จะคาดการณ์ล่วงหน้าไม่ได้ถ้าการกระทำนั้น ยังไม่เกิดขึ้น

ถึงแม้ว่ากริยาการควบคุมแบบ Derivative มีข้อดีคือมีคุณลักษณะของการคาดการณ์ล่วงหน้า แต่มันก็มีข้อเสียคือมันจะขยายสัญญาณรบกวน (noise) และอาจจะเป็นสาเหตุให้เกิด saturation ในตัวกระทำได้ นอกจากนี้ตัวควบคุมแบบ derivative ยังไม่สามารถจะใช้ตัวเดียวโดด ๆ ได้เพราะกริยาการควบคุมของมันจะมีผลเฉพาะช่วงของทรานเซียนส์ (transient) เท่านั้น

3.4.3 กริยาการควบคุมแบบ Proportional Plus Integral Plus Derivative

กริยาการควบคุมแบบนี้ได้จากการรวมเอากริยาการควบคุมแบบ proportional, กริยาการควบคุมแบบ integral และกริยาการควบคุม derivative เข้าด้วยกัน กริยาการควบคุมแบบ PID สามารถจะ แสดงในรูปของสมการต่อไปนี้

$$m_{PID}(t) = K_p e(t) + K_p K_D \frac{de(t)}{dt} + K_p K_I \int_0^t e(t) dt$$

กริยา Integral ในการควบคุมแบบ Proportional Plus Integral จะทำให้ต้องควบคุมตอบสนองต่อค่าคลาดเคลื่อนช้าลงกรณีที่โปรเซสซ่ายอยู่แล้ว อาจจำเป็นต้องเพิ่มกริยา Derivative เพื่อลดความช้าของระบบควบคุมการเพิ่มกริยาเข้าไปในการควบคุมแบบ Proportional Plus Integral จะทำให้ผลตอบสนองของระบบต่อสิ่งรบกวนไวขึ้น สัญญาณเปลี่ยนแปลงสู่ค่าเป้าหมายไวขึ้น ข้อดีของการควบคุมแบบ Proportional Plus Integral Plus Derivative คือระบบควบคุมจะตอบสนองต่อสิ่งรบกวน (Disturbance) ไวขึ้นทำให้เสถียรภาพในการควบคุมดีกว่าแบบ Proportional Plus Integral สำหรับโปรเซสที่ตอบสนองช้าการควบคุม แบบนี้เหมาะสำหรับโปรเซสที่มี Capacity Lag มาก Dead Time ขนาดไม่มากนัก

3.5 การปรับค่าของกริยาการควบคุม

การปรับค่าตัวควบคุมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการควบคุมที่ดีที่สุดในหัวข้อนี้จะได้แนะนำวิธีการปรับค่าตัวควบคุมเพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่ดี วิธีการปรับค่าตัวควบคุมนั้นมีหลายวิธี แต่ไม่มีวิธีไหนที่เป็นที่ยอมรับกันว่าดีที่สุด กล่าวคือบางวิธีจะต้องพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบ

และอาศัยคณิตศาสตร์ในการพิจารณาโดยทั่วไปแล้วการปรับค่าของตัวควบคุมจะพิจารณาจากเงื่อนไขในโดเมนเวลามากกว่าเงื่อนไขในโดเมนความถี่ซึ่งจะอยู่ในรูปของ gain margin และ phase margin เงื่อนไขในโดเมนเวลาที่นิยมใช้เพื่อการปรับค่าตัวควบคุมมีดังนี้คือ

1. อัตราการเสื่อม 1 / 4 (quarter decay) กล่าวคือ peak overshoot อันแรก (maximum overshoot) ของผลตอบสนองของระบบที่มีการ oscillate จะต้องมามีค่าเท่ากับ 1/4 รูปที่ 4.3 แสดงถึง เงื่อนไขนี้
2. ดัชนีแสดงสมรรถนะแบบ integral of square error (ISE) ที่มีค่าน้อยที่สุดดัชนีแสดงสมรรถนะแบบนี้แสดงด้วยสมการ

$$ISE = \int_0^{\infty} [e(t)]^2 dt = \text{น้อยที่สุด}$$

โดยที่ $e(t)$ = ค่าความคลาดเคลื่อน

3. ดัชนีแสดงสมรรถนะแบบ integral of absolute error (IAE) ที่มีค่าน้อยที่สุดสมการของดัชนีแสดงสมรรถนะแบบนี้คือ

$$AE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt = \text{น้อยที่สุด}$$

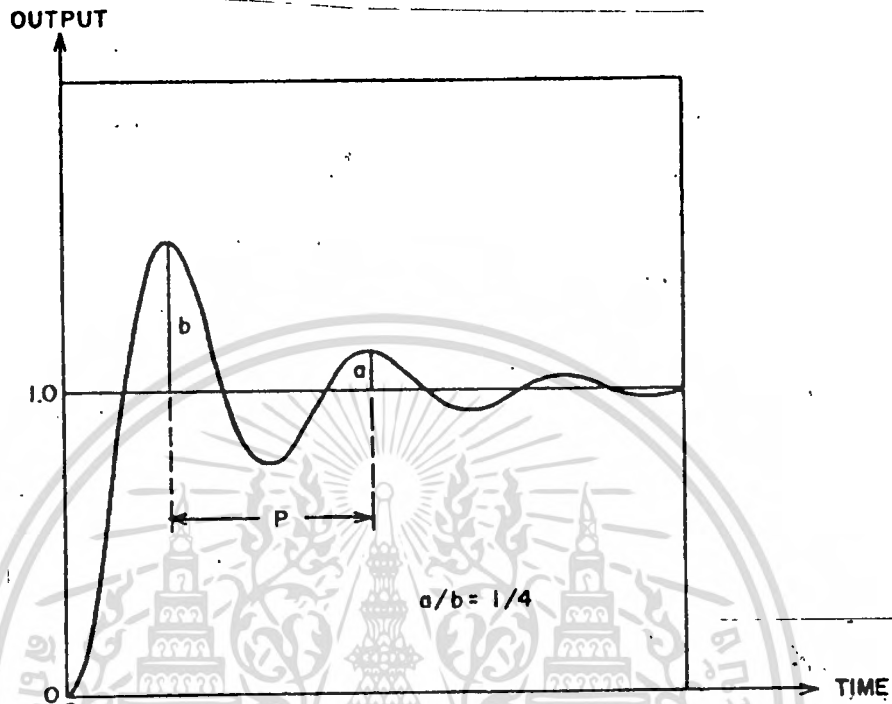
4. ดัชนีแสดงสมรรถนะแบบ integral of time multiplied absolute error (ITAE) ที่มีค่าน้อยที่สุด นั่นเอง

$$ITAE = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt = \text{น้อยที่สุด}$$

เงื่อนไขทั้งสี่แบบที่กล่าวมานี้แบบแรกจะเป็นแบบที่สะดวกเพราะสามารถวัดได้จากผลตอบสนองของระบบโดยตรง ส่วนแบบที่สองถึงแบบที่สี่นั้นจะมีข้อดีคือมีความแม่นยำสูงกว่าแบบแรกกล่าวคือค่าต่างๆของตัวควบคุมอาจจะมีหลายค่าที่ทำให้ผลตอบสนองมีอัตราการเสื่อม 1/4 แต่จะมีเพียงค่าเดียวที่ทำให้เงื่อนไขแบบที่สองหรือแบบที่สามหรือแบบที่มีค่าน้อยที่สุด

เงื่อนไขแบบอัตราการเสื่อม 1/4 นั้นจะเป็นเงื่อนไขที่ดีในการประนีประนอมระหว่าง rise time ที่เร็วและ setting time ที่น้อย สำหรับเงื่อนไขแบบที่สองถึงแบบที่สี่นั้นเนื่องจากว่าผลตอบสนองของระบบแต่ละระบบจะไม่เหมือนกัน ดังนั้นค่าของดัชนีแต่ละแบบนี้สามารถจะอธิบายได้ดังนี้คือเงื่อนไขแบบที่สองซึ่งเป็นดัชนีแสดงสมรรถนะแบบ ISE นั้นถ้าค่าคลาดเคลื่อนมากค่าของดัชนีแสดงสมรรถนะก็จะมากดังนั้นการทำให้ดัชนีแสดงสมรรถนะแบบนี้มีค่าน้อยที่สุดก็คือผลตอบสนองของระบบจะต้องมี rise time ที่น้อยมาก ซึ่งทำให้มีข้อเสียคือมี overshoot สูง

สำหรับเงื่อนไขแบบ ITAE ซึ่งเป็นค่าของเวลาคูณกับค่าความคลาดเคลื่อนนั้นถ้าต้องการทำให้มีค่าน้อยที่สุดแล้วผลตอบสนองของระบบจะต้องมี setting time ที่น้อยและมีอัตราการหน่วงสูง ส่วนเงื่อนไขแบบ IAE นั้นจะมีคุณลักษณะใกล้เคียงกับเงื่อนไขแบบอัตราการเสื่อม 1/4

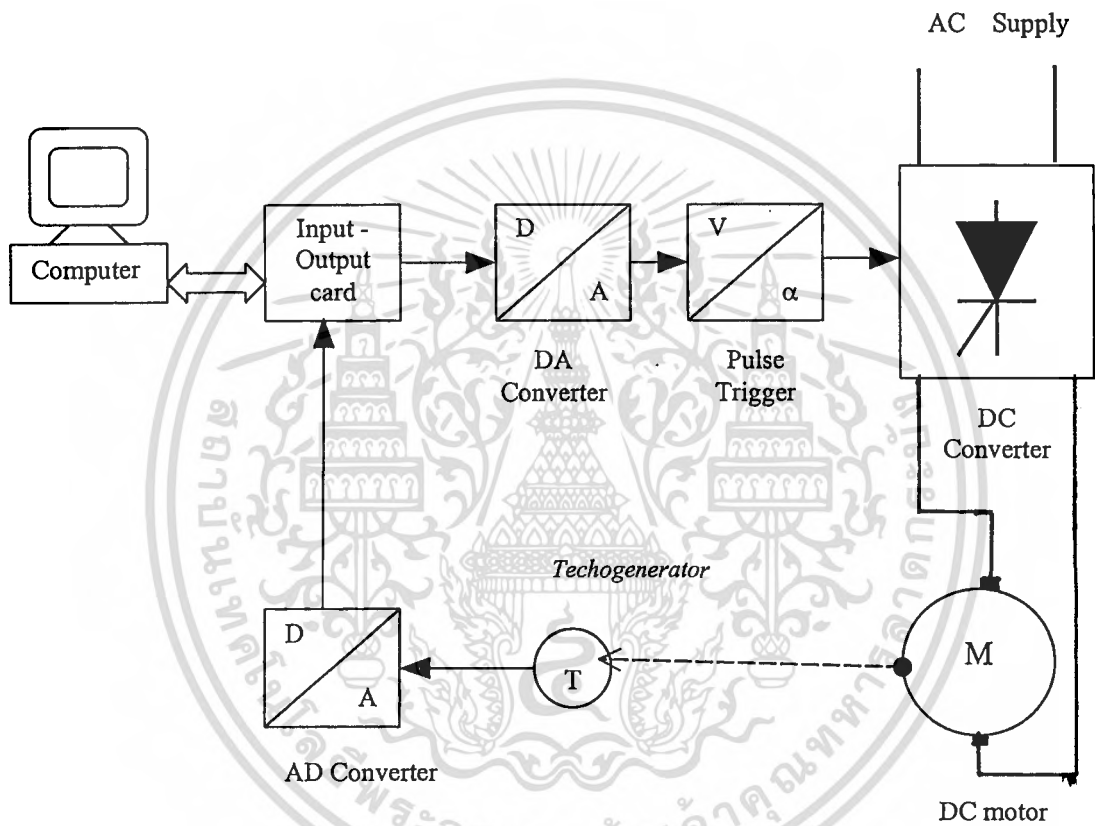


รูปที่ 4.3 ผลตอบสนองของระบบที่อัตราเสื่อม 1/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบตัวคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.1 การควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 Input/Output Card 8255

ADDRESS ของ 8255 ในการรับข้อมูล

1B0 H = PORT A ของ 8255

1B1 H = PORT B ของ 8255

1B2 H = PORT C ของ 8255

1B3 H = PORT CONTROL ของ 8255

ในการส่งข้อมูล ADDRESS ของ 8255

1B4 H = PORT A ของ 8255

1B5 H = PORT B ของ 8255

1B6 H = PORT C ของ 8255

1B7 H = PORT CONTROL ของ 8255

กำหนดการทำงานของ PORT ต่าง ๆ ดังนี้

PORT A : DATA

PORT B : ADDRESS

PORT C ล่าง : CONTROL SIGNAL

5.2 การทำงานของวงจรถอดรหัสตำแหน่งพอร์ต

เนื่องจากบอร์ดควบคุมแต่ละบอร์ดก็มีวงจรที่แตกต่างกันดังนั้นตำแหน่งการติดต่อกับส่วนอินพุตและเอาต์พุตก็ย่อมต้องมีความแตกต่างกันด้วยดังนั้นวงจร ADC และ DAC จึงต้องมีวงจรถอดรหัสตำแหน่งพอร์ตใช้งานที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงให้ตรงกับตำแหน่งการเชื่อมต่อกับบอร์ดควบคุมต่าง ๆ เหล่านั้นได้ทุกบอร์ด ซึ่งบอร์ดที่เราใช้สามารถที่จะกำหนดเบอร์พอร์ตใช้งานได้ถึง 256 ตำแหน่ง จึงสามารถเชื่อมต่อกับบอร์ดควบคุมต่าง ๆ ได้อย่างไม่มีปัญหา

หลักการทำงานของวงจร

วงจรใช้ไอซี 74LS138 (U1) 74LS156N(U2) 74LS32 (U3 และ U10) และ JUMPER (JP1-JP5) ต่อรวมกันเป็นวงจรถอดรหัสตำแหน่งพอร์ตโดยให้ไอซี 74LS138 เป็นตัวกำหนดตำแหน่งพอร์ตชั้นนอกไอซี 74LS156 เป็นตัวกำหนดตำแหน่งพอร์ตชั้นในซึ่งทั้ง 2 ชั้นยังสามารถแบ่งออกเป็น BANK คือ BANK สูง และ BANK ต่ำ โดยมี JUMPER JP1, JP2 ทำหน้าที่เลือกตำแหน่ง BANK ของพอร์ตชั้นนอกว่าจะให้ทำงานใน BANK สูงหรือ BANK ต่ำ ซึ่งตำแหน่งของพอร์ตที่ได้จากวงจรชุดนี้จะถูกต่อไปยัง JUMPER JP5 โดยมีตำแหน่งพอร์ตดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JUMPER JP5 SET	เบอร์พอร์ตใน BANK ต่ำ	เบอร์พอร์ตใน BANK สูง
SHORT 1-2 ONLY	00 H - 0F H	80 H - 8F H
SHORT 3-4 ONLY	10 H - 1F H	90 H - 9F H
SHORT 5-6 ONLY	0 H - 2F H2	A0 H - AF H
SHORT 7-8 ONLY	30 H - 3F H	B0 H - BF H
SHORT 9-10 ONLY	40 H - 4F H	C0 H - CF H
SHORT 11-12 ONLY	50 H - 5F H	D0 H - DF H
SHORT 13-14 ONLY	60 H - 6F H	E0 H - EF H
SHORT 15-16 ONLY	70 H - 7F H	F0 H - FF H

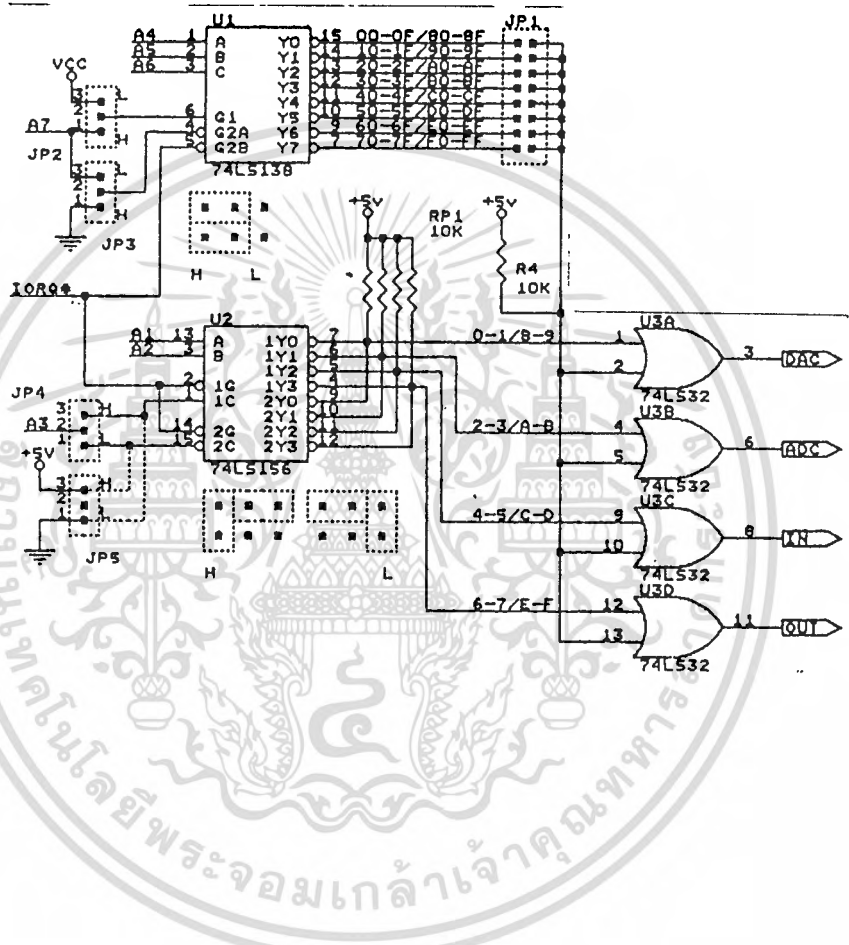
นอกจากนี้ยังมี JUMPER JP3 และ JP4 ทำหน้าที่เลือก BANK ของตำแหน่งบอร์ดพอร์ตชั้นใน โดยมีตำแหน่งดังนี้คือ

วงจรที่ทำงานในตำแหน่งพอร์ตนี้	เบอร์พอร์ตใน BANK ต่ำ	เบอร์พอร์ตใน BANK สูง
วงจรภาคเอาต์พุตแบบแอนะล็อก (DAC)	XX0 H - XX1 H	XX8 H - XX9 H
วงจรอินพุตแบบแอนะล็อก(ADC)	XX2 H - XX3 H	XXA H - XXB H

วงจรภาคเอาต์พุตแบบแอนะล็อก (DAC) มีตำแหน่งพอร์ตควบคุมเป็น 88H-89H

วงจรภาคอินพุตแบบแอนะล็อก (ADC) มีตำแหน่งพอร์ตควบคุมเป็น 8AH - 8BH

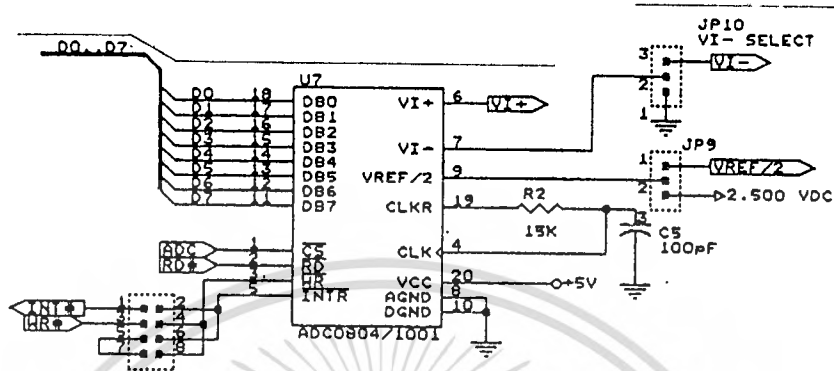
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 วงจรถอดรหัสตำแหน่งพอร์ต

5.3 การทำงานของวงจร ANALOG TO DIGITAL CONVERTER

ภาคอินพุตแบบแอนะล็อกนี้ใช้ไอซี ADC (ANALOG TO DIGITAL CONVERTER) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลซึ่งใช้ไอซี ADC 0804 (ADC ขนาด 8 บิตซึ่ง ไอซี ADC 0804 สามารถรับสัญญาณอินพุตแบบแอนะล็อกได้ตรงสูงถึง +5 V หรือถ้าต้องการให้รับสัญญาณอินพุตได้สูงกว่า +5 V แล้วก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มวงจรขยายเข้าไปทางภาคหน้าของวงจรนี้ได้



รูปที่ 5.3 วงจร ADC

5.4 การทำงานของวงจร DIGITAL TO ANALOG CONVERTER

ภาคเอาต์พุตแบบแอนะล็อกนี้ใช้ไอซี DAC (DIGITAL TO ANALOG CONVERTER) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ของวงจร โดยไอซี DAC จะทำหน้าที่ตรงข้ามกับไอซี ADC กล่าวคือ มันจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณข้อมูลแบบดิจิทัล ให้เป็นสัญญาณ เอาต์พุตแบบ แอนะล็อก ซึ่งในวงจร DAC ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ไอซี DAC ได้ 2 ขนาด คือ DAC 0832 ซึ่งเป็นไอซี DAC ขนาด 8 บิต หรือ DAC 1232 ซึ่งเป็นไอซี DAC ขนาด 12 บิต ซึ่งไอซี DAC นี้จะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบแอนะล็อกแต่ขนาดของสัญญาณที่ได้ยังมีขนาดต่ำไม่สามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของวงจรอื่นได้โดยตรงต้องมีวงจรขยายสัญญาณเอาต์พุตให้สูงขึ้นก่อนนำไปใช้งาน

1. แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจร DAC

แหล่งจ่ายไฟจะเป็นตัวกำหนดขนาดสูงสุดของสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตที่สามารถทำได้ โดยผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ 2 ทางคือ

1.1 แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงจากตัวบอร์ดเอง เป็นแรงดันไฟตรงแบบ บวก ลบ และ กราวด์ เพื่อป้อนวงจร ADC ซึ่งมี ค่าประมาณ 10 VDC ซึ่งแรงดันในส่วนนี้สร้างขึ้นจากไอซี MAX232 ในวงจร DAC โดยตรงอยู่แล้วแต่การเลือกใช้แหล่งจ่ายในตัวบอร์ดนี้มีข้อจำกัดอย่างหนึ่งคือจะได้อายุการใช้งานของสัญญาณเอาต์พุตสูงสุดมีค่าไม่เกิน +10

1.2 แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงจากภายนอกต้องเป็นแรงดันไฟตรงที่ผ่านการ RECTIFIER และ FILTER แล้วเท่านั้นค่าแรงดันจากภายนอกจะต่อผ่านเข้ามาทางขั้วต่อ CONNECTOR CN3 โดยผู้ใช้สามารถกำหนดให้มีค่าสูงสุดได้ +15VDC ในวงจรเราใช้ + 10 VDC

2. แรงดันอ้างอิงของวงจร (Voltage Reference หรือ $V_{ref}/2$)

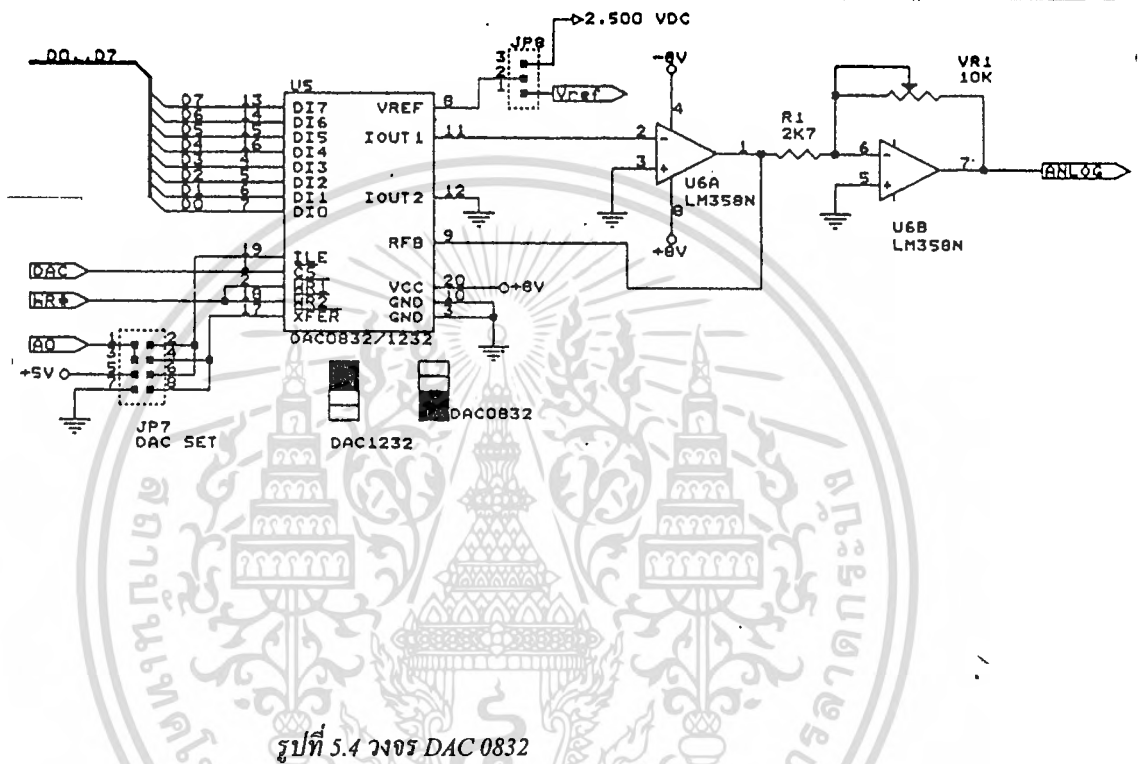
แรงดันอ้างอิงของวงจรนี้เป็นจุดอ้างอิงมาตรฐานของวงจรเป็นตัวกำหนดความเที่ยงตรงในการเปลี่ยนขนาดของสัญญาณข้อมูลแบบดิจิทัลให้เป็นสัญญาณแอนะล็อก ซึ่งวงจรต้องการแรงดันอ้างอิงที่มีความเที่ยงตรงสูงเพราะหากแรงดันอ้างอิงของวงจรไม่มีความเที่ยงตรงแน่นอนมีการเปลี่ยนแปลงแล้วการทำงานของวงจรก็จะเปลี่ยนแปลงตามด้วยนั่นก็คือจะส่งผลให้ค่าของสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตที่ได้เปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆตามไปด้วยถึงแม้ว่าข้อมูลอินพุตที่ป้อนให้อิซี DAC จะมีขนาดคงที่ก็ตาม และแรงดันอ้างอิงของวงรี่ยังเป็นตัวกำหนดสัดส่วนของข้อมูลอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตอีกด้วยแรงดันอ้างอิงจากภายนอกซึ่งต่อผ่านเข้ามาทางขั้วต่อ CONNECTOR CN5 โดยแรงดันอ้างอิงนี้ต้องเป็นไฟตรงมีค่าสูงสุดได้ไม่เกิน +10V และต้องควบคุมให้มีความน้อยกว่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้กับวงจร DAC เสมอ

3. ค่าเกณฑ์การขยายของวงจร OP-AMP

เนื่องจากสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตที่ได้จากอิซี DAC นั้นมีขนาดต่ำไม่สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง จึงต้องใช้วงจรขยายขนาดของสัญญาณให้สูงขึ้นดังนั้นเกณฑ์การขยายของวงจรจึงเป็นตัวกำหนดอัตราส่วน ของขนาดสูงสุดที่ต้องการด้วย

4. ค่าของข้อมูลอินพุต (DATA)

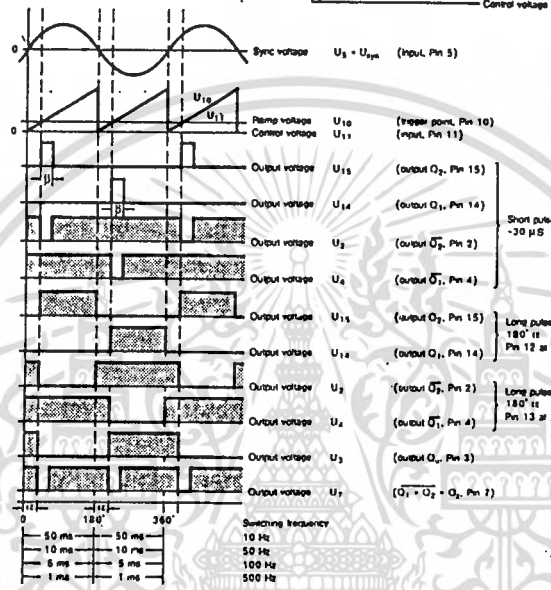
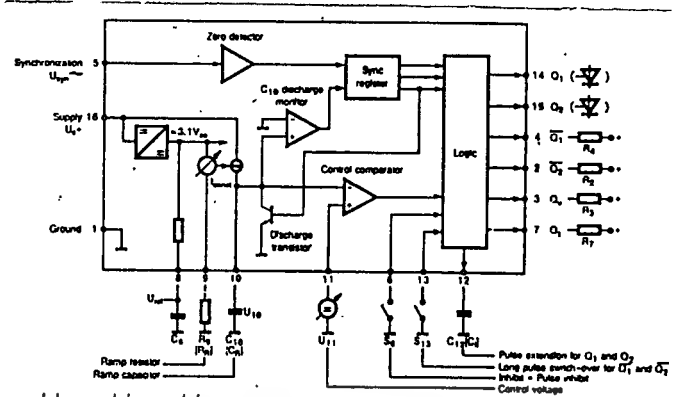
ค่าของข้อมูลอินพุตนี้เป็นตัวกำหนดขนาดของสัญญาณเอาต์พุต โดยตรงซึ่งค่าของตัวแปรอื่นๆนั้นเรากำหนดเพียงครั้งเดียวแล้วกำหนดคงที่ไว้ที่ตำแหน่งนั้นเลยแต่ค่าของข้อมูลอินพุตนี้สามารถเปลี่ยนแปลงขึ้นลงได้ตลอดเวลาเพื่อควบคุมขนาดของสัญญาณเอาต์พุตในช่วงเวลาต่างๆตามความต้องการซึ่งถ้าค่าของข้อมูลมีค่ามากก็จะได้ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตมากแต่ถ้าค่าของข้อมูล มีค่าน้อยก็จะทำให้ได้ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตน้อยตามไปด้วยเช่นกัน



วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์

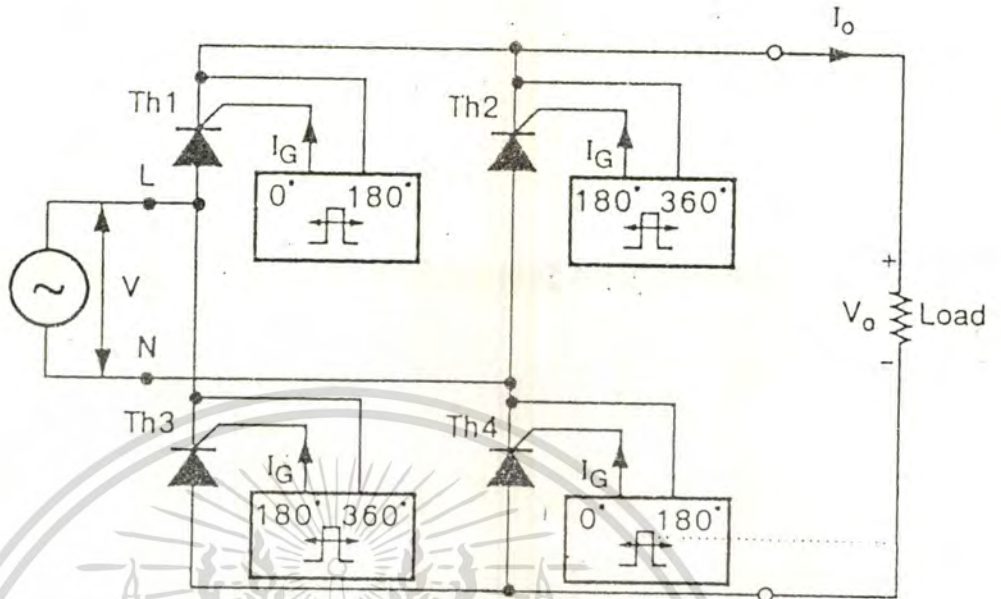
วงจรที่ให้กำเนิดสัญญาณพัลส์เราใช้บอร์ดสำเร็จที่ไซ้ทำการทดลองในชุดการทดลองของ POWER ELECTRONICS ซึ่งเป็นบอร์ดสำเร็จคุณลักษณะการทำงานดังรูปที่ 5.5 สามารถต่อแรงดัน 220V ป้อนเข้าไอซีได้โดยตรง (มีตัวต้านทานแบ่งแรงดันช่วยทางอินพุท) และใช้อุปกรณ์เพิ่มเติม เช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและไดโอด เพียงเล็กน้อยก็สามารถนำไปใช้ในวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์กระตุ้นเกดของวงจรไทรสเตอร์ได้เป็นอย่างดีและสามารถออกแบบวงจรเลื่อนเฟส (Phase Shifter) เพื่อให้สามารถผลิตพัลส์ที่สามารถควบคุมกระแสของไทรสเตอร์ตั้งแต่ 0 – 180 องศาอีกควยลักษณะของไอซี TCA 785 และรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของไอซีแสดงดังในรูป 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์

หลักการซิงโครไนซ์ สัญญาณกระตุ้นเกตของไทรสเตอร์โดยใช้วงจรรวม TCA 785 สำหรับวงจรต่อ 1 เฟสต่อไดคังรูปที่โดยต่อแรงดัน V เป็นแรงดันซิงโครไนซ์และสัญญาณเอาต์พุตที่กระตุ้นเกตของไทรสเตอร์ คือ ต้องนำไปกระตุ้นเกตของไทรสเตอร์ ที่ทำงานอยู่บนสาย V เท่านั้น



รูปที่ 5.7 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มรูปคลื่น

การทำงานของ Tacho Generator

TachoGenerator ใช้เป็นตัววัดความเร็วของเพลานอเตอร์แล้วส่งออกมาให้เห็น โดยการต่อเอาที่ฟุตโวลต์เตจของ Tacho Generator เข้ากับ โวลท์มิเตอร์แล้วอ่านความเร็ว ของการหมุนของมอเตอร์ในรูปของโวลต์เตจ D.C Tacho Generator เหมือนกับ D.C Motor แต่การทำงานตรงกันข้าม ซึ่งมีทั้ง ชนิดมีแปรงถ่านและไม่มีแปรงถ่าน สำหรับชนิดมีแปรงถ่านยังแบ่งออกได้เป็น ชนิดมีแกนเหล็กและไม่มีแกนเหล็ก (iron core) และชนิดขดลวดหมุน (moving coil) คุณลักษณะพื้นฐานของ Tacho Generator ก็คือ จะให้เอาที่ฟุตโวลต์เตจเป็นสัดส่วนกับความเร็ว ของโรเตอร์ ดังนั้นคุณลักษณะทางไดนามิกส์ของ Tacho Generator สามารถได้โดยสมการ

$$e_g(t) = K_g d\Phi$$

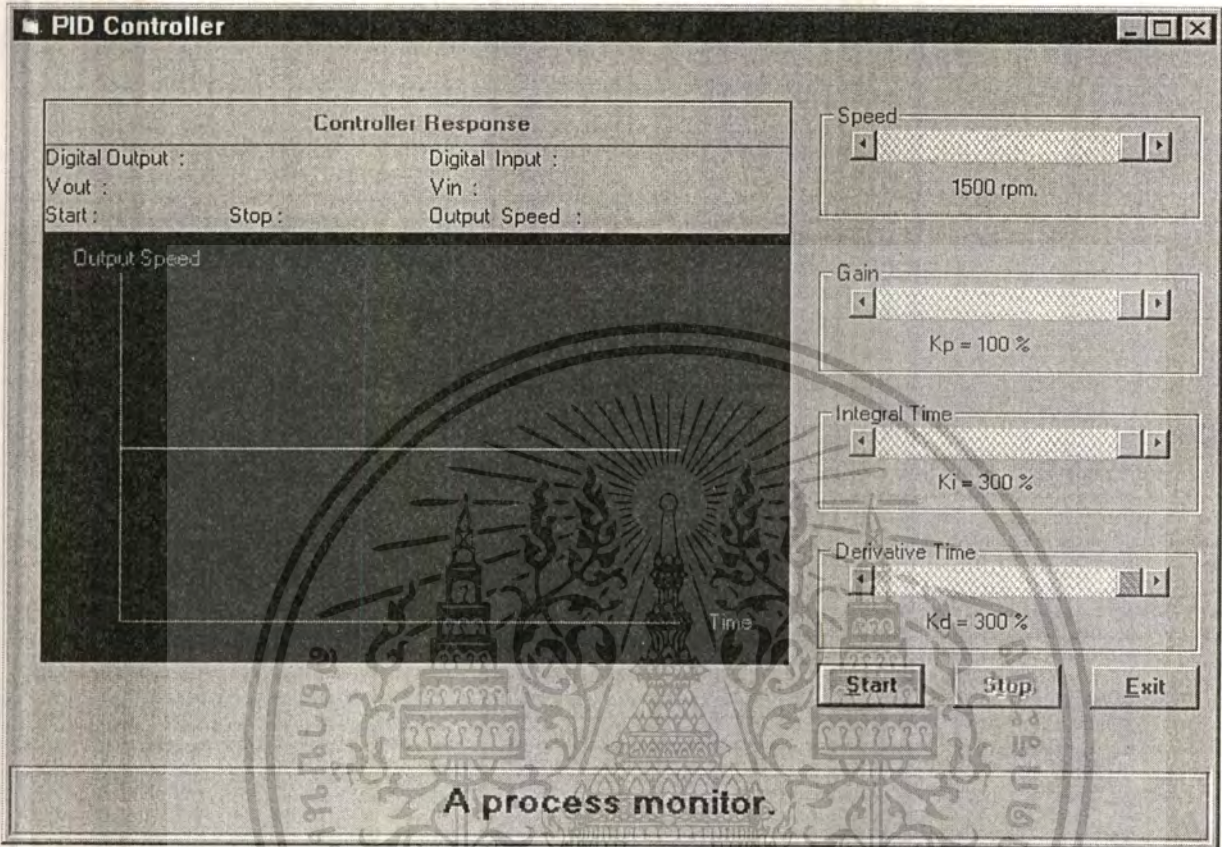
$e_g(t)$ = เอาท์พุทโวลเตจ (โวลต์)

d = ระยะทางการเคลื่อนที่ของโรเตอร์ (เรเดียน)

Φ = ความเร็วของโรเตอร์ (เรเดียน/วินาที)

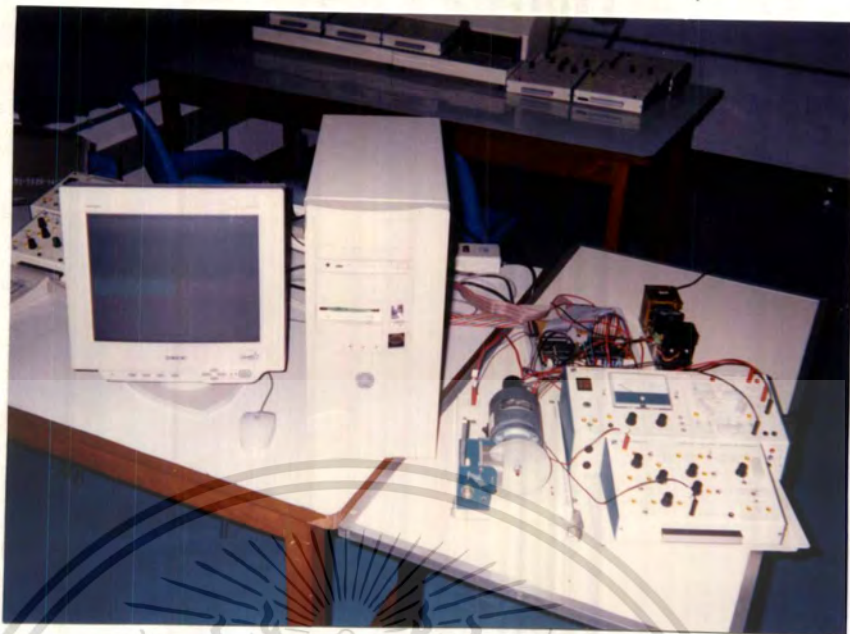
K_g = ค่าคงที่ของ Tacho Generator (โวลต์/รอบต่ออนาที X นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

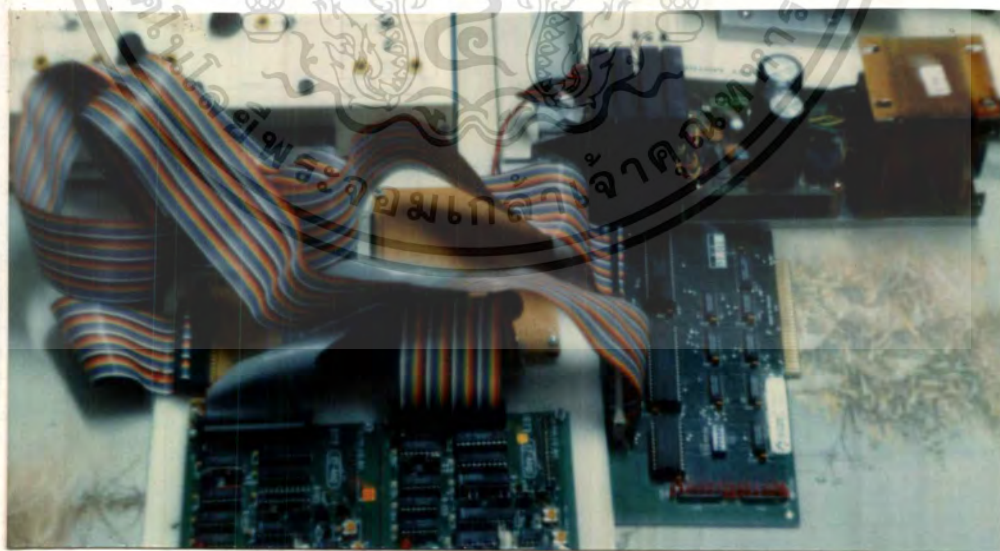


รูปที่ 6.2 แสดงหน้าจอสำหรับควบคุม

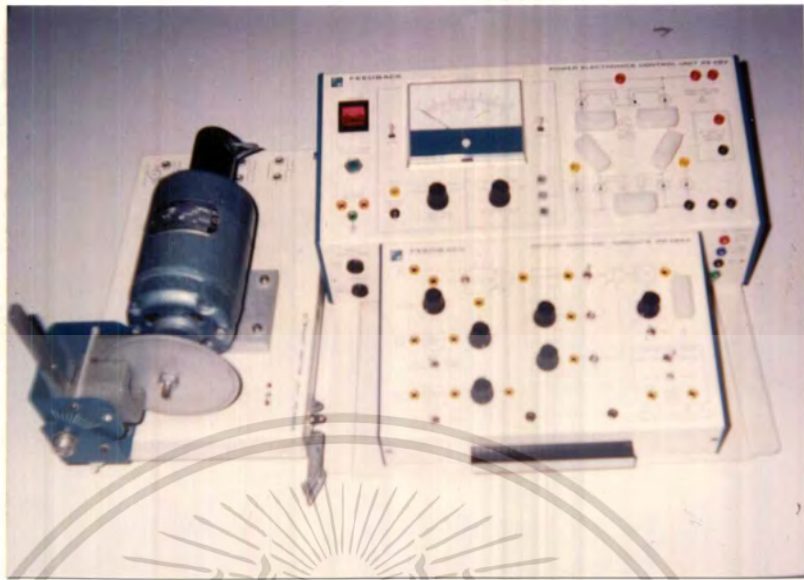
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง



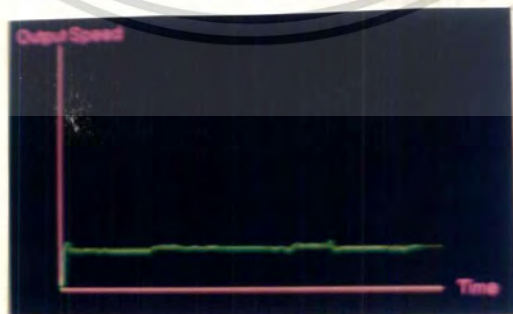
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 6.4 แสดงถึง เอ / คิคอนเวอร์เตอร์, ดี / เอกอนเวอร์เตอร์ , อินพุท / เอาพุทการค และแหล่งจ่ายไฟ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.5 แสดงถึง ตัวกำหนดพัลส์, เอซี-ดีซีคอนเวอร์เตอร์ และมอเตอร์กระแสตรง

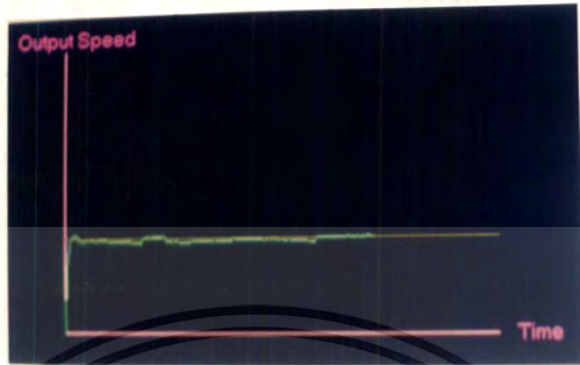
6.2 ผลการทดลองตัวคอนโทรลเลอร์

6.2.1 การทดลองในโหมด Proportional

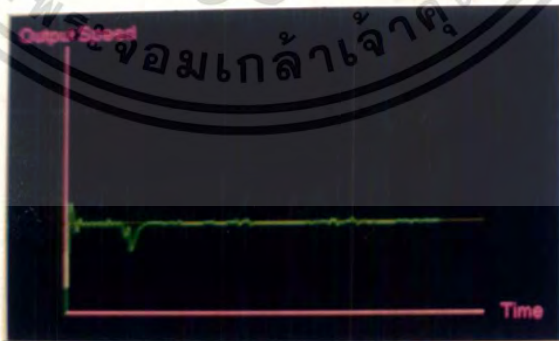


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

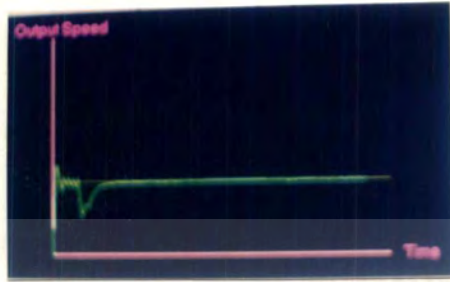
รูปที่ 6.6 การตอบสนองที่ 500 RPM $K_p = 25.32\%$ เมื่อไม่มีภาระ



รูปที่ 6.7 การตอบสนองที่ 1000 RPM $K_p = 25.05\%$ เมื่อไม่มีภาระ

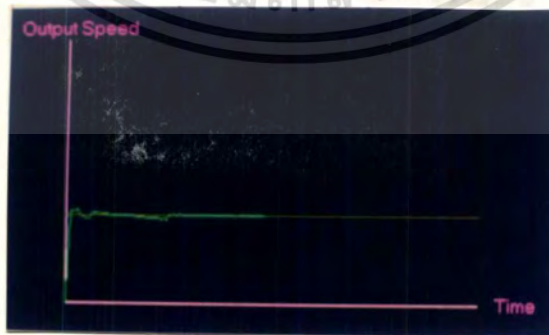


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 6.8 การตอบสนองที่ 1000 RPM $K_p = 68.57\%$ เมื่อมีภาระ 50% ครั้งที่มีการนำไปใช้

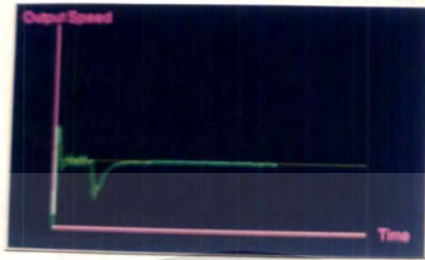


รูปที่ 6.9 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 68.57\%$
เมื่อเปลี่ยนแปลงภาระจาก 50% เป็น 100%

6.2.2 การทดลองในโหมด Proportional Plus Integral

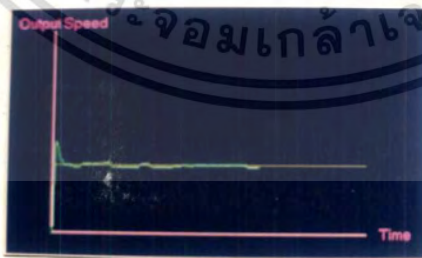


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 6.10 การตอบสนองที่ 1000 RPM K_p คือ 31.85% เมื่อไม่มีภาระจริงที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.11 การตอบสนองที่ 100 RPM $K_p = 35.05\%$ $K_i = 100.88\%$ เมื่อมีภาระ 100%

6.2.3 การทดลองในโหมด Proportional Plus Derivative

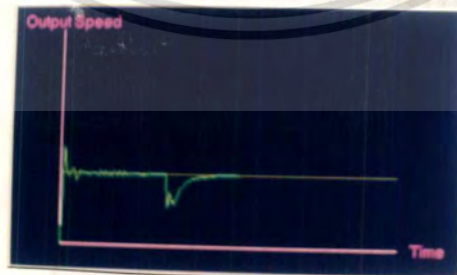


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ

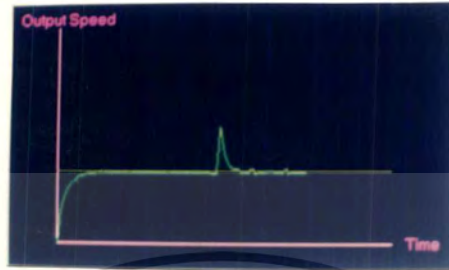
รูปที่ 6.12 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 27.61\%$ $K_d = 19.99\%$ เมื่อไม่มีภาระ



รูปที่ 6.13 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 27.61\%$ $K_d = 19.99\%$ เมื่อมีภาระ 50%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 6.14 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 53.33\%$ $K_d = 22.86\%$ เมื่อมีภาระ 100% ไปใช้
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารนี้หรือที่ปรึกษาไปใช้



รูปที่ 6.15 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 53.33\%$ $K_d = 22.86\%$
เมื่อเปลี่ยนภาระจาก 100% เป็น 50%

6.2.4 การทดลองในโหมด Proportional Plus Integral Plus Derivative



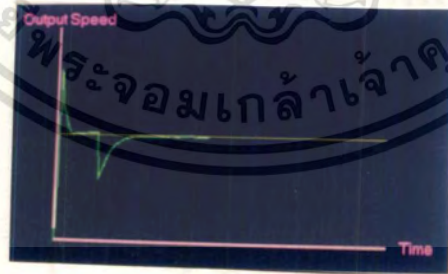
รูปที่ 6.16 การตอบสนองที่ความเร็ว 500 RPM $K_p = 10.74\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะกิจของหน่วยงานนี้ เมื่อไม่มีภาระ $K_i = 49.58\%$ $K_d = 66.94\%$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.17 การตอบสนองที่ 1500 RPM $K_p = 19\%$ $K_i = 89.25\%$ $K_d = 146.27\%$ เมื่อไม่มีภาระ



รูปที่ 6.18 การตอบสนองที่ความเร็ว 1500 RPM $K_p = 19\%$ $K_i = 89.25\%$ $K_d = 146.27\%$ ด้านการค่า
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับโครงการเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายได้
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



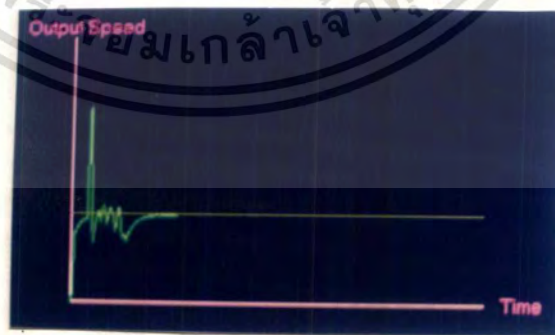
รูปที่ 6.19 การตอบสนองที่ความเร็ว 1070 RPM $K_p = 19\%$
 $K_i = 89.25\%$ $K_d = 146.27\%$ เมื่อภาระ 50%



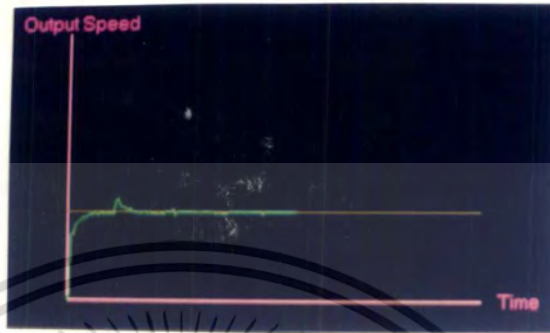
เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 6.20 การตอบสนองที่ความเร็ว 1070 RPM $K_p = 19\%$ $K_i = 89.25\%$ $K_d = 146.27\%$ ด้านการค่า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งเมื่อเปลี่ยนภาระจาก 50% เป็น 100% อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.21 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 61.98\%$ $K_i = 141.32\%$ $K_d = 146.27\%$
เมื่อมีการะ 100%



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 6.22 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 44.62\%$ $K_i = 218.18\%$ $K_d = 218.18\%$ จำนวนการคำนวณ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยี่สิบห้าปีหลังจากที่ผู้จัดทำเอกสารและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

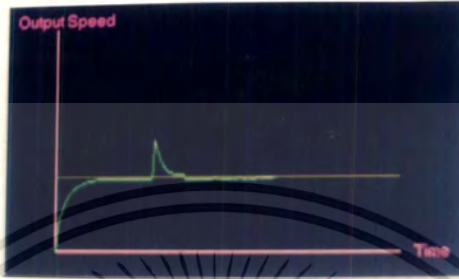


รูปที่ 6.23 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 44.62\%$ $K_i = 218.18\%$ $K_d = 218.18\%$
เมื่อเปลี่ยนภาระจาก 100% เป็น 50%

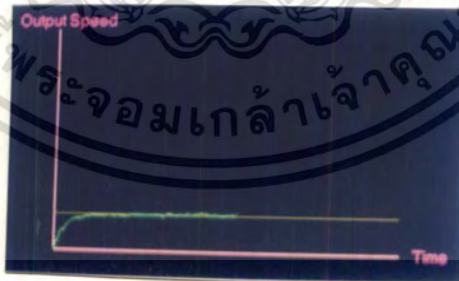


รูปที่ 6.24 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 97.52\%$ $K_i = 215.7\%$ $K_d = 228.1\%$

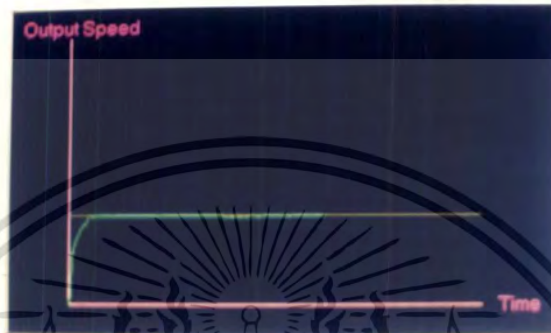
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 100% ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.25 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 32.13\%$ $K_i = 57.02\%$ $K_d = 52.06\%$
เมื่อเปลี่ยนภาระจาก 100% เป็น 50%



รูปที่ 6.26 การตอบสนองที่ความเร็ว 500 RPM $K_p = 32.13\%$ $K_i = 57.02\%$ $K_d = 52.06\%$
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการคำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.27 การตอบสนองที่ความเร็ว 1000 RPM $K_p = 64.46\%$ $K_i = 116.53\%$ $K_d = 126.44\%$
เมื่อภาระ 100%

6.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อมอเตอร์ได้รับภาระเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วช้าลงเล็กน้อย แต่หลังจากนั้นความเร็วจะเข้าสู่สภาวะของ Set point เดิมได้ และเมื่อเราทำการลดภาระลงจากเดิมจะทำให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากนั้นก็กลับสู่สภาวะปกติ การทดลองใช้ฟังก์ชันการควบคุมแบบ PID ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงชนิดแยกขดกระตุ้นเป็นการรักษาความเร็วของมอเตอร์ให้คงที่ไม่ว่าจะมีภาระหรือไม่ก็ตาม เราสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงความเร็วได้จากหน้าจอของคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการเปลี่ยนค่าดิจิตอลเป็นแรงดันไฟฟ้า(Output)

DigiCalO.xls : DEC2097 Formular : Voltage = Digital*10/255

Digital	Voltage	Digital	Voltage	Digital	Voltage	Digital	Voltage	Digital	Voltage	Digital	Voltage
1	0.03922	51	2.039216	101	3.960784	151	5.921569	201	7.882353	251	9.843137
2	0.07843	52	2.078431	102	4.039216	152	5.960784	202	7.921569	252	9.882353
3	0.11765	53	2.117647	103	4.078431	153	6.039216	203	7.960784	253	9.921569
4	0.15686	54	2.156863	104	4.117647	154	6.078431	204	8.039216	254	9.960784
5	0.19608	55	2.196078	105	4.156863	155	6.117647	205	8.078431		10
6	0.23529	56	2.235294	106	4.196078	156	6.156863	206	8.117647		
7	0.27451	57	2.27451	107	4.235294	157	6.196078	207	8.156863		
8	0.31373	58	2.313725	108	4.27451	158	6.235294	208	8.196078		
9	0.35294	59	2.352941	109	4.313725	159	6.27451	209	8.235294		
10	0.39216	60	2.392157	110	4.352941	160	6.313725	210	8.27451		
11	0.43137	61	2.431373	111	4.392157	161	6.352941	211	8.313725		
12	0.47059	62	2.470588	112	4.431373	162	6.392157	212	8.352941		
13	0.5098	63	2.509804	113	4.470588	163	6.431373	213	8.392157		
14	0.54902	64	2.54902	114	4.509804	164	6.470588	214	8.431373		
15	0.58824	65	2.588235	115	4.54902	165	6.509804	215	8.470588		
16	0.62745	66	2.627451	116	4.588235	166	6.54902	216	8.509804		
17	0.66667	67	2.666667	117	4.627451	167	6.588235	217	8.54902		
18	0.70588	68	2.705882	118	4.666667	168	6.627451	218	8.588235		
19	0.7451	69	2.745098	119	4.705882	169	6.666667	219	8.627451		
20	0.78431	70	2.784314	120	4.745098	170	6.705882	220	8.666667		
21	0.82353	71	2.823529	121	4.784314	171	6.745098	221	8.705882		
22	0.86275	72	2.862745	122	4.823529	172	6.784314	222	8.745098		
23	0.90196	73	2.901961	123	4.862745	173	6.823529	223	8.784314		
24	0.94118	74	2.941176	124	4.901961	174	6.862745	224	8.823529		
25	0.98039	75	2.980392	125	4.941176	175	6.901961	225	8.862745		
26	1.01961	76	3.019608	126	4.980392	176	6.941176	226	8.901961		
27	1.05882	77	3.058824	127	5.019608	177	6.980392	227	8.941176		
28	1.09804	78	3.098039	128	5.058824	178	7.019608	228	8.980392		
29	1.13725	79	3.137255	129	5.098039	179	7.058824	229	9.019608		
30	1.17647	80	3.176471	130	5.137255	180	7.098039	230	9.058824		
31	1.21569	81	3.215686	131	5.176471	181	7.137255	231	9.098039		
32	1.2549	82	3.254902	132	5.215686	182	7.176471	232	9.137255		
33	1.29412	83	3.294118	133	5.254902	183	7.215686	233	9.176471		
34	1.33333	84	3.333333	134	5.294118	184	7.254902	234	9.215686		
35	1.37255	85	3.372549	135	5.333333	185	7.294118	235	9.254902		
36	1.41176	86	3.411765	136	5.372549	186	7.333333	236	9.294118		
37	1.45098	87	3.45098	137	5.411765	187	7.372549	237	9.333333		
38	1.4902	88	3.490196	138	5.45098	188	7.411765	238	9.372549		
39	1.52941	89	3.529412	139	5.490196	189	7.45098	239	9.411765		
40	1.56863	90	3.568627	140	5.529412	190	7.490196	240	9.45098		
41	1.60784	91	3.607843	141	5.568627	191	7.529412	241	9.490196		
42	1.64706	92	3.647059	142	5.607843	192	7.568627	242	9.529412		
43	1.68627	93	3.647059	143	5.647059	193	7.607843	243	9.568627		
44	1.72549	94	3.72549	144	5.686275	194	7.647059	244	9.607843		
45	1.76471	95	3.764706	145	5.72549	195	7.686275	245	9.647059		
46	1.80392	96	3.803922	146	5.764706	196	7.72549	246	9.686275		
47	1.84314	97	3.843137	147	5.803922	197	7.764706	247	9.72549		
48	1.88235	98	3.882353	148	5.843137	198	7.803922	248	9.764706		
49	1.92157	99	3.921569	149	5.882353	199	7.843137	249	9.803922		
50	1.96078	100	3.960784	150	5.921569	200	7.882353	250	9.843137		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในหน่วยงานเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นค่าดิจิตอล (Input)

DigiCall.xls : DEC20'97

Formular : Voltage = Digital*5/255

Digital	Voltage	Digital	Voltage	Digital	Voltage	Digital	Voltage	Digital	Voltage	Digital	Voltage
1	0.01961	51	1	101	1.980392	151	2.960784	201	3.941176	251	4.921569
2	0.03922	52	1.019608	102	2	152	2.980392	202	3.960784	252	4.941176
3	0.05882	53	1.039216	103	2.019608	153	3	203	3.980392	253	4.960784
4	0.07843	54	1.058824	104	2.039216	154	3.019608	204	4	254	4.980392
5	0.09804	55	1.078431	105	2.058824	155	3.039216	205	4.019608	255	5
6	0.11765	56	1.098039	106	2.078431	156	3.058824	206	4.039216		
7	0.13725	57	1.117647	107	2.098039	157	3.078431	207	4.058824		
8	0.15686	58	1.137255	108	2.117647	158	3.098039	208	4.078431		
9	0.17647	59	1.156863	109	2.137255	159	3.117647	209	4.098039		
10	0.19608	60	1.176471	110	2.156863	160	3.137255	210	4.117647		
11	0.21569	61	1.196078	111	2.176471	161	3.156863	211	4.137255		
12	0.23529	62	1.215686	112	2.196078	162	3.176471	212	4.156863		
13	0.2549	63	1.235294	113	2.215686	163	3.196078	213	4.176471		
14	0.27451	64	1.254902	114	2.235294	164	3.215686	214	4.196078		
15	0.29412	65	1.27451	115	2.254902	165	3.235294	215	4.215686		
16	0.31373	66	1.294118	116	2.27451	166	3.254902	216	4.235294		
17	0.33333	67	1.313725	117	2.294118	167	3.27451	217	4.254902		
18	0.35294	68	1.333333	118	2.313725	168	3.294118	218	4.27451		
19	0.37255	69	1.352941	119	2.333333	169	3.313725	219	4.294118		
20	0.39216	70	1.372549	120	2.352941	170	3.333333	220	4.313725		
21	0.41176	71	1.392157	121	2.372549	171	3.352941	221	4.333333		
22	0.43137	72	1.411765	122	2.392157	172	3.372549	222	4.352941		
23	0.45098	73	1.431373	123	2.411765	173	3.392157	223	4.372549		
24	0.47059	74	1.45098	124	2.431373	174	3.411765	224	4.392157		
25	0.4902	75	1.470588	125	2.45098	175	3.431373	225	4.411765		
26	0.5098	76	1.490196	126	2.470588	176	3.45098	226	4.431373		
27	0.52941	77	1.509804	127	2.490196	177	3.470588	227	4.45098		
28	0.54902	78	1.529412	128	2.509804	178	3.490196	228	4.470588		
29	0.56863	79	1.54902	129	2.529412	179	3.509804	229	4.490196		
30	0.58824	80	1.568627	130	2.54902	180	3.529412	230	4.509804		
31	0.60784	81	1.588235	131	2.568627	181	3.54902	231	4.529412		
32	0.62745	82	1.607843	132	2.588235	182	3.568627	232	4.54902		
33	0.64706	83	1.627451	133	2.607843	183	3.588235	233	4.568627		
34	0.66667	84	1.647059	134	2.627451	184	3.607843	234	4.588235		
35	0.68627	85	1.666667	135	2.647059	185	3.627451	235	4.607843		
36	0.70588	86	1.686275	136	2.666667	186	3.647059	236	4.627451		
37	0.72549	87	1.705882	137	2.686275	187	3.666667	237	4.647059		
38	0.7451	88	1.72549	138	2.705882	188	3.686275	238	4.666667		
39	0.76471	89	1.745098	139	2.72549	189	3.705882	239	4.686275		
40	0.78431	90	1.764706	140	2.745098	190	3.72549	240	4.705882		
41	0.80392	91	1.784314	141	2.764706	191	3.745098	241	4.72549		
42	0.82353	92	1.803922	142	2.784314	192	3.764706	242	4.745098		
43	0.84314	93	1.823529	143	2.803922	193	3.784314	243	4.764706		
44	0.86275	94	1.843137	144	2.823529	194	3.803922	244	4.784314		
45	0.88235	95	1.862745	145	2.843137	195	3.823529	245	4.803922		
46	0.90196	96	1.882353	146	2.862745	196	3.843137	246	4.823529		
47	0.92157	97	1.901961	147	2.882353	197	3.862745	247	4.843137		
48	0.94118	98	1.921569	148	2.901961	198	3.882353	248	4.862745		
49	0.96078	99	1.941176	149	2.921569	199	3.901961	249	4.882353		
50	0.98039	100	1.960784	150	2.941176	200	3.921569	250	4.901961		

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีทีเอส จำกัด 147 ชั้น 197 สีลม ถนนสีลม กรุงเทพมหานคร 105

ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจาก บริษัท อีทีเอส จำกัด ขอสงวนสิทธิ์ในการนำใบ

ตารางการคำนวณความเร็วรอบจากค่าดิจิทัล

DigiIS.xls : DEC20'97

Formular : Speed = (S/255)*DigiIn*1000/2 RPM.

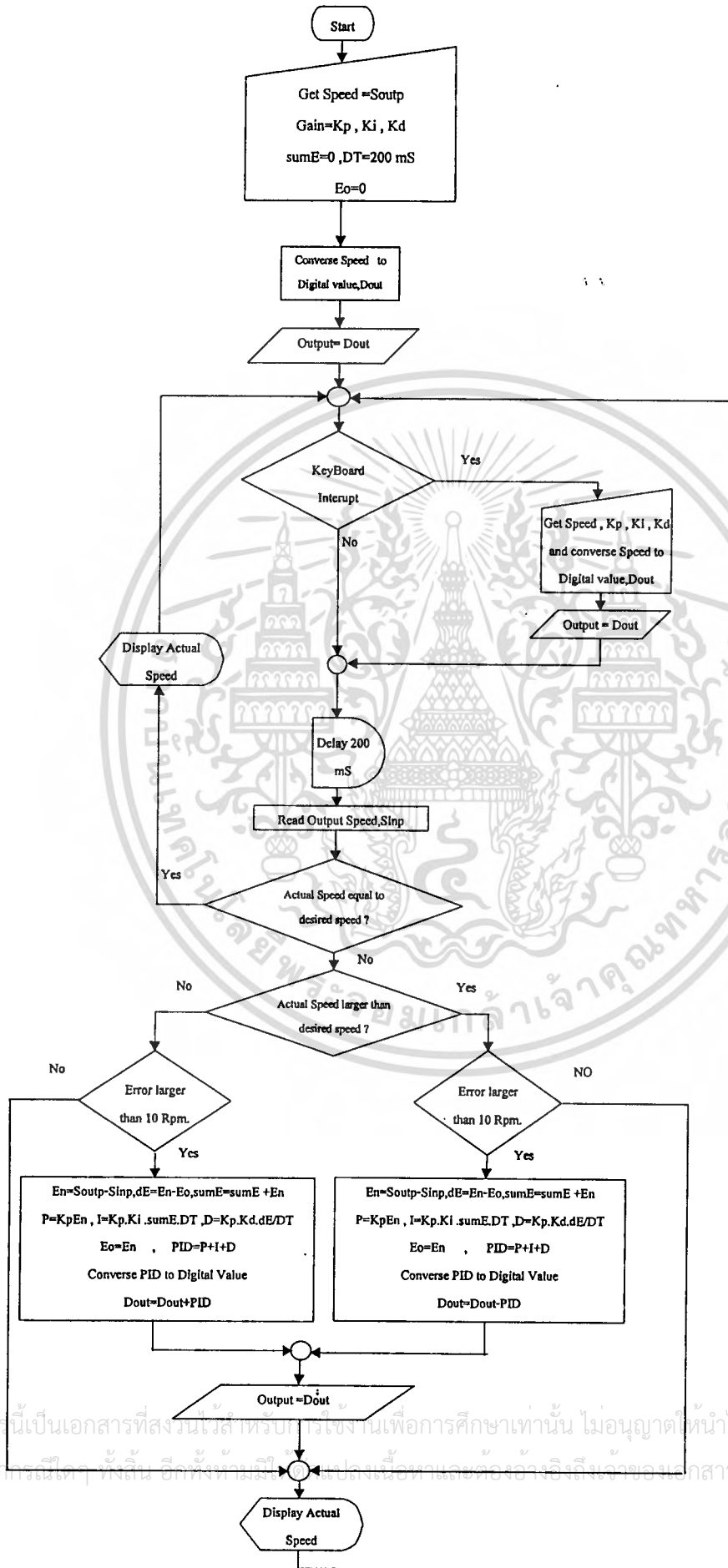
DigiIn	Speed	DigiIn	Speed	DigiIn	Speed	DigiIn	Speed	DigiIn	Speed	DigiIn	Speed
1	10	51	500	101	990	151	1480	201	1971	251	2461
2	20	52	510	102	1000	152	1490	202	1980	252	2471
3	29	53	520	103	1010	153	1500	203	1990	253	2480
4	39	54	529	104	1020	154	1510	204	2000	254	2490
5	49	55	539	105	1029	155	1520	205	2010	255	2500
6	59	56	549	106	1039	156	1529	206	2020		
7	69	57	559	107	1049	157	1539	207	2029		
8	78	58	569	108	1059	158	1549	208	2039		
9	88	59	578	109	1069	159	1559	209	2049		
10	98	60	588	110	1078	160	1569	210	2059		
11	108	61	598	111	1088	161	1578	211	2069		
12	118	62	608	112	1098	162	1588	212	2078		
13	127	63	618	113	1108	163	1598	213	2088		
14	137	64	627	114	1118	164	1608	214	2098		
15	147	65	637	115	1127	165	1618	215	2108		
16	157	66	647	116	1137	166	1627	216	2118		
17	167	67	657	117	1147	167	1637	217	2127		
18	176	68	667	118	1157	168	1647	218	2137		
19	186	69	676	119	1167	169	1657	219	2147		
20	196	70	686	120	1176	170	1667	220	2157		
21	206	71	696	121	1186	171	1676	221	2167		
22	216	72	706	122	1196	172	1686	222	2176		
23	225	73	716	123	1206	173	1696	223	2186		
24	235	74	725	124	1216	174	1706	224	2196		
25	245	75	735	125	1225	175	1716	225	2206		
26	255	76	745	126	1235	176	1725	226	2216		
27	265	77	755	127	1245	177	1735	227	2225		
28	275	78	765	128	1255	178	1745	228	2235		
29	284	79	775	129	1265	179	1755	229	2245		
30	294	80	784	130	1275	180	1765	230	2255		
31	304	81	794	131	1284	181	1775	231	2265		
32	314	82	804	132	1294	182	1784	232	2275		
33	324	83	814	133	1304	183	1794	233	2284		
34	333	84	824	134	1314	184	1804	234	2294		
35	343	85	833	135	1324	185	1814	235	2304		
36	353	86	843	136	1333	186	1824	236	2314		
37	363	87	853	137	1343	187	1833	237	2324		
38	373	88	863	138	1353	188	1843	238	2333		
39	382	89	873	139	1363	189	1853	239	2343		
40	392	90	882	140	1373	190	1863	240	2353		
41	402	91	892	141	1382	191	1873	241	2363		
42	412	92	902	142	1392	192	1882	242	2373		
43	422	93	912	143	1402	193	1892	243	2382		
44	431	94	922	144	1412	194	1902	244	2392		
45	441	95	931	145	1422	195	1912	245	2402		
46	451	96	941	146	1431	196	1922	246	2412		
47	461	97	951	147	1441	197	1931	247	2422		
48	471	98	961	148	1451	198	1941	248	2431		
49	480	99	971	149	1461	199	1951	249	2441		
50	490	100	980	150	1471	200	1961	250	2451		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานวิศวกรรมใช้สำหรับการเรียนการสอนในวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ล่วงหน้า และขอสงวนสิทธิ์ในการนำใบนี้ไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลิวชาร์ทของโหมคการควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถแก้ไข ฟังชั่น อื่นๆ ที่ห้ามแก้ไข เปลี่ยนเนื้อหาและต่ออ้างอิงถึงฟังก์ชันของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

ขอกำหนดของไอซีเบอร์ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A/8255A-5 PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- MCS-85™ Compatible 8255A-5
- 24 Programmable I/O Pins
- Completely TTL Compatible
- Fully Compatible with Intel Microprocessor Families
- Improved Timing Characteristics
- Direct Bit Set/Reset Capability Easing Control Application Interface
- Reduces System Package Count
- Improved DC Driving Capability
- Available in EXPRESS
 - Standard Temperature Range
 - Extended Temperature Range
- 40 Pin DIP Package or 44 Lead PLCC
(See Intel Packaging: Order Number: 231369)

The Intel 8255A is a general purpose programmable I/O device designed for use with Intel microprocessors. It has 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. In the first mode (MODE 0), each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 to be input or output. In MODE 1, the second mode, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. Of the remaining 4 pins, 3 are used for handshaking and interrupt control signals. The third mode of operation (MODE 2) is a bidirectional bus mode which uses 8 lines for a bidirectional bus, and 5 lines, borrowing one from the other group, for handshaking.

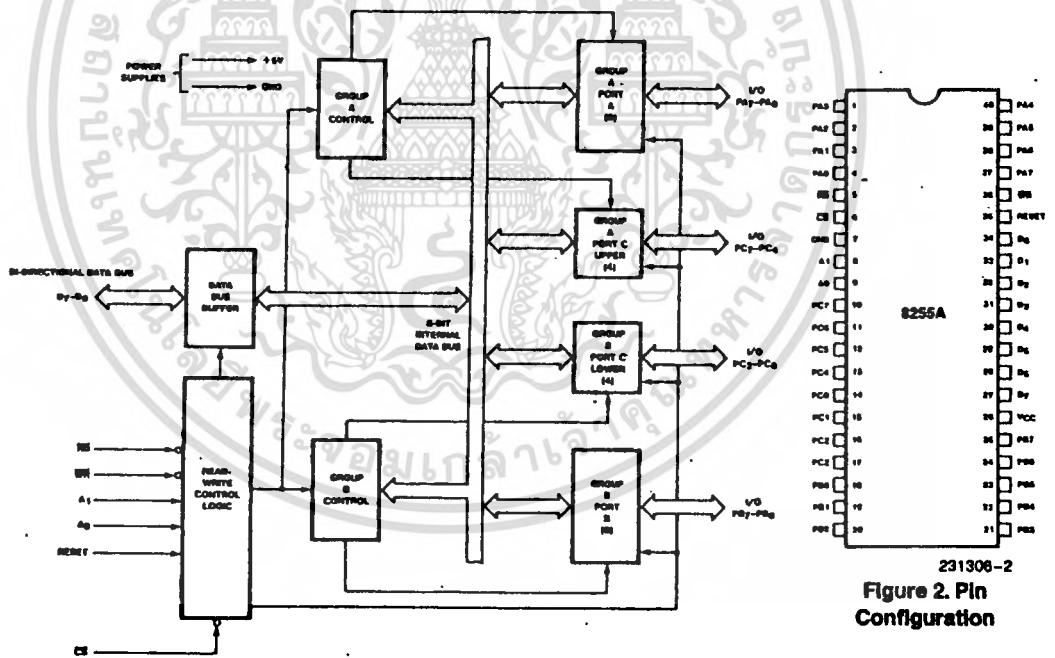


Figure 1. 8255A Block Diagram

231308-1

Figure 2. Pin Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 8255A is a programmable peripheral interface (PPI) device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 8255A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

This 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 8255A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words. It accepts inputs from the

CPU Address and Control busses and in turn, issues commands to both of the Control Groups.

(CS)

Chip Select. A "low" on this input pin enables the communication between the 8255A and the CPU.

(RD)

Read. A "low" on this input pin enables the 8255A to send the data or status information to the CPU on the data bus. In essence, it allows the CPU to "read from" the 8255A.

(WR)

Write. A "low" on this input pin enables the CPU to write data or control words into the 8255A.

(A₀ and A₁)

Port Select 0 and Port Select 1. These input signals, in conjunction with the RD and WR inputs, control the selection of one of the three ports or the control word registers. They are normally connected to the least significant bits of the address bus (A₀ and A₁).

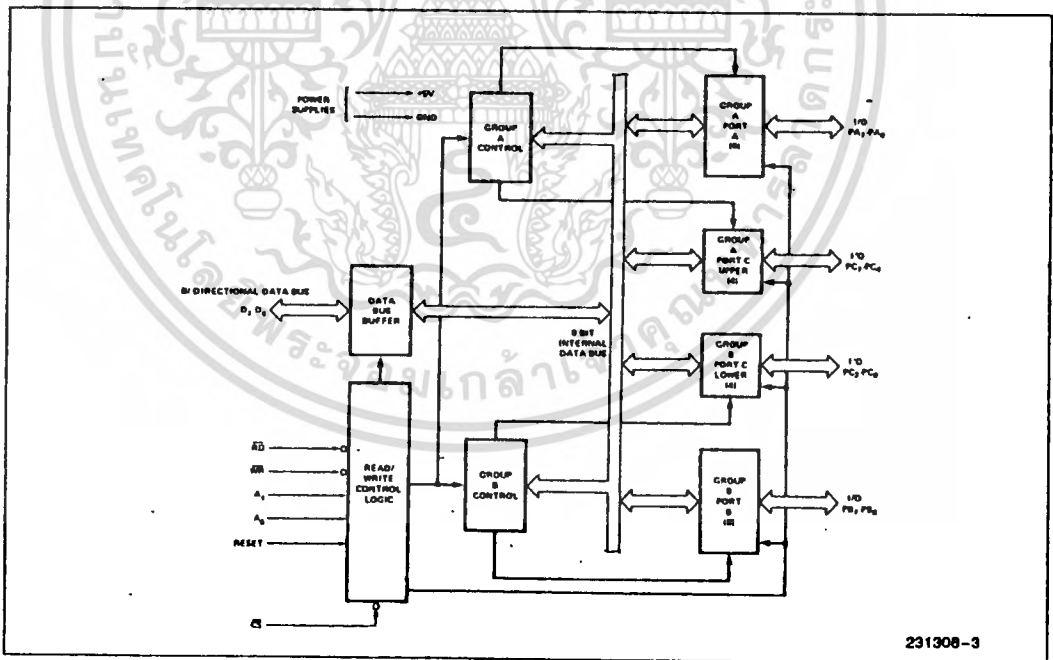


Figure 3. 8255A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255A BASIC OPERATION

A ₁	A ₀	\overline{RD}	\overline{WR}	\overline{CS}	Input Operation (READ)
0	0	0	1	0	Port A → Data Bus
0	1	0	1	0	Port B → Data Bus
1	0	0	1	0	Port C → Data Bus
					Output Operation (WRITE)
0	0	1	0	0	Data Bus → Port A
0	1	1	0	0	Data Bus → Port B
1	0	1	0	0	Data Bus → Port C
1	1	1	0	0	Data Bus → Control
					Disable Function
X	X	X	X	1	Data Bus → 3-State
1	1	0	1	0	Illegal Condition
X	X	1	1	0	Data Bus → 3-State

(RESET)

Reset. A "high" on this input clears the control register and all ports (A, B, C) are set to the input mode.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 8255A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 8255A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A—Port A and Port C upper (C7–C4)
Control Group B—Port B and Port C lower (C3–C0)

The Control Word Register can **Only** be written into. No Read operation of the Control Word Register is allowed.

Ports A, B, and C

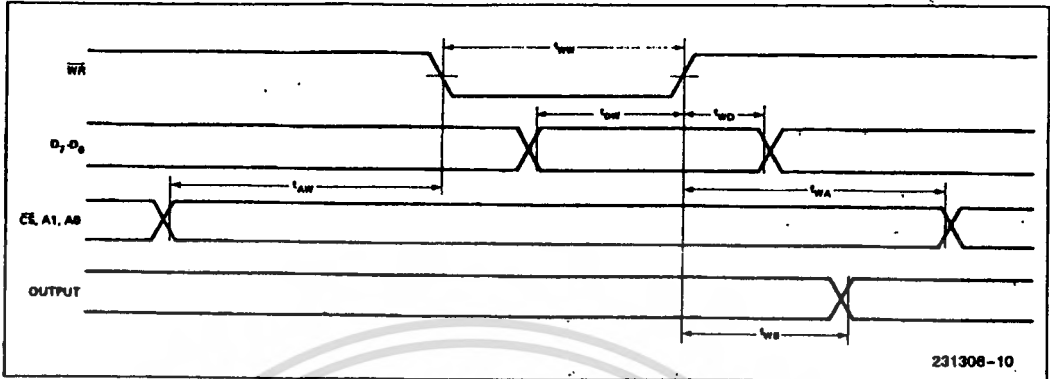
The 8255A contains three 8-bit ports (A, B, and C). All can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 8255A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input latch.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer and one 8-bit data input buffer.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.

MODE 0 (BASIC OUTPUT)



231306-10

MODE 0 PORT DEFINITION

A		B		Group A			Group B	
D_4	D_3	D_1	D_0	Port A	Port C (Upper)	#	Port B	Port C (Lower)
0	0	0	0	OUTPUT	OUTPUT	0	OUTPUT	OUTPUT
0	0	0	1	OUTPUT	OUTPUT	1	OUTPUT	INPUT
0	0	1	0	OUTPUT	OUTPUT	2	INPUT	OUTPUT
0	0	1	1	OUTPUT	OUTPUT	3	INPUT	INPUT
0	1	0	0	OUTPUT	INPUT	4	OUTPUT	OUTPUT
0	1	0	1	OUTPUT	INPUT	5	OUTPUT	INPUT
0	1	1	0	OUTPUT	INPUT	6	INPUT	OUTPUT
0	1	1	1	OUTPUT	INPUT	7	INPUT	INPUT
1	0	0	0	INPUT	OUTPUT	8	OUTPUT	OUTPUT
1	0	0	1	INPUT	OUTPUT	9	OUTPUT	INPUT
1	0	1	0	INPUT	OUTPUT	10	INPUT	OUTPUT
1	0	1	1	INPUT	OUTPUT	11	INPUT	INPUT
1	1	0	0	INPUT	INPUT	12	OUTPUT	OUTPUT
1	1	0	1	INPUT	INPUT	13	OUTPUT	INPUT
1	1	1	0	INPUT	INPUT	14	INPUT	OUTPUT
1	1	1	1	INPUT	INPUT	15	INPUT	INPUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

Mode 0—Basic Input/Output

Mode 1—Strobed Input/Output

Mode 2—Bi-Directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode (i.e., all 24 lines will be in the high impedance state). After the reset is removed the 8255A can remain in the input mode with no additional initialization required. During the execution of the system program any of the other modes may be selected using a single output instruction. This allows a single 8255A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 0 to monitor simple switch closings or display computational results, Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

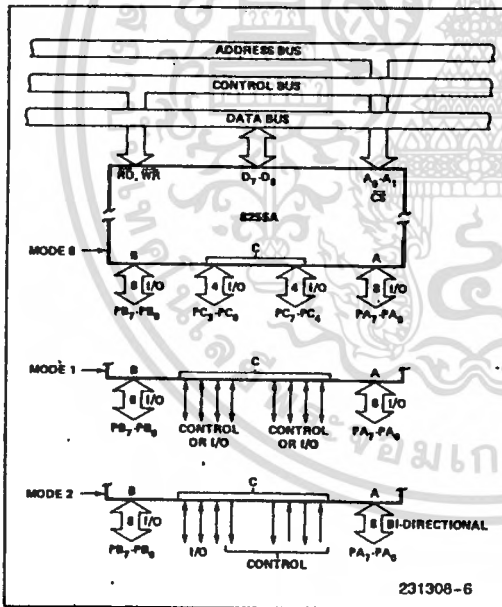


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

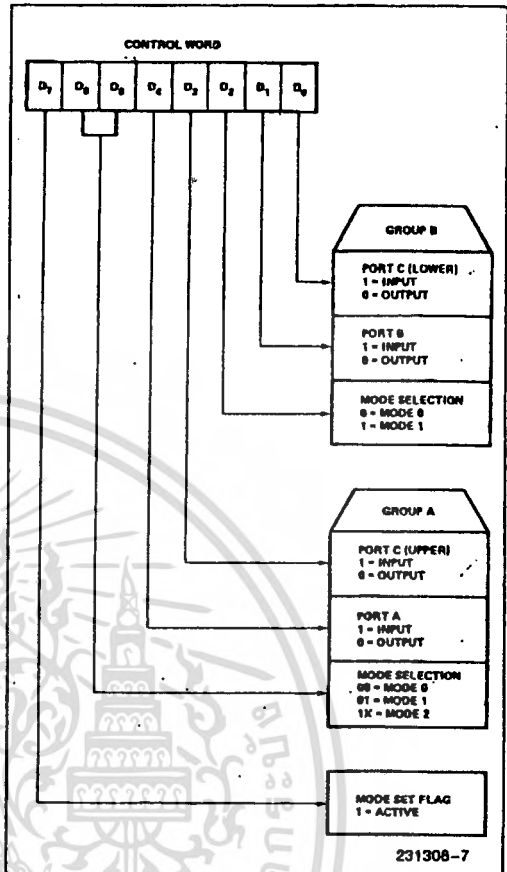


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 8255A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTPUT instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

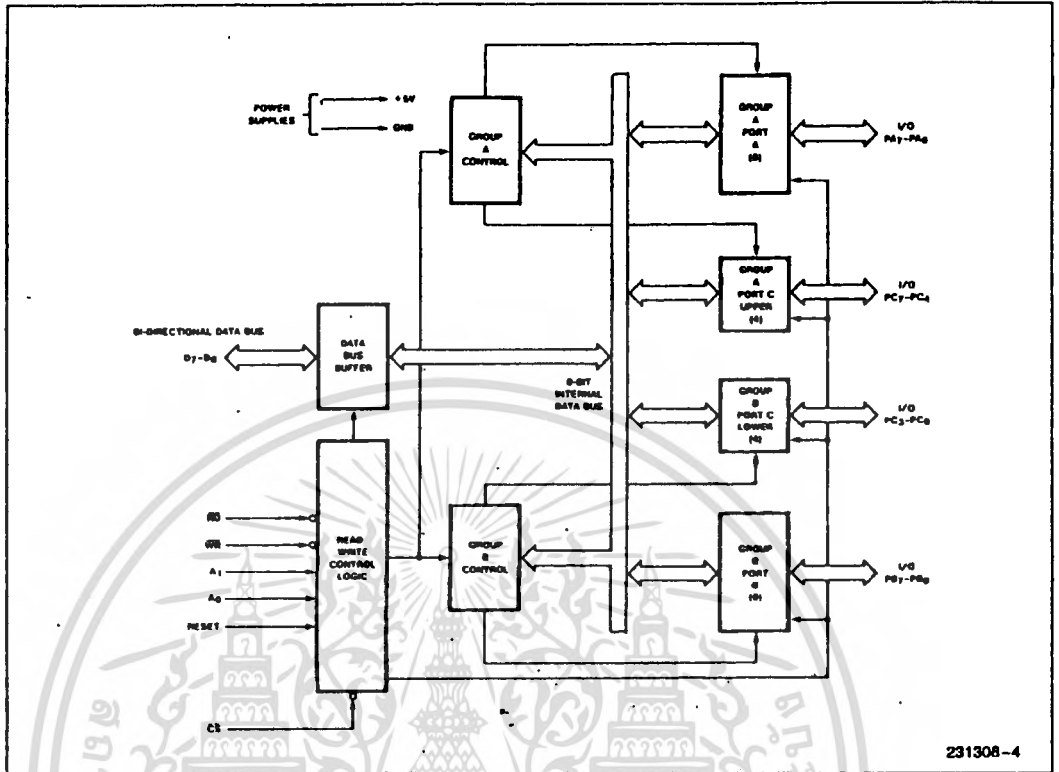
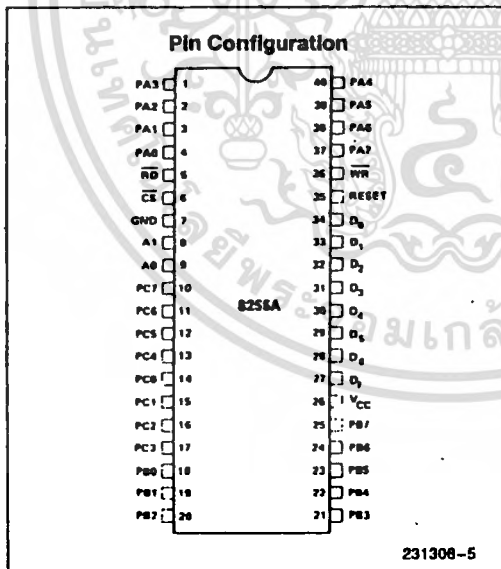


Figure 4. 8255A Block Diagram Showing Group A and Group B Control Functions



Pin Names

Pin Name	Function
D7-D0	Data Bus (Bi-Directional)
RESET	Reset Input
CS	Chip Select
RD	Read Input
WR	Write Input
A0, A1	Port Address
PA7-PA0	Port A (BIT)
PB7-PB0	Port B (BIT)
PC7-PC0	Port C (BIT)
VCC	+ 5 Volts
GND	0 Volts

8255A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

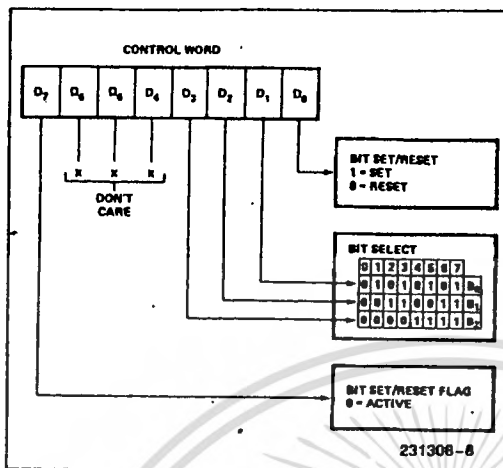


Figure 7. Bit Set/Reset Format

When Port C is being used as status/control for Port A or B, these bits can be set or reset by using the Bit Set/Reset operation just as if they were data output ports.

Interrupt Control Functions

When the 8255A is programmed to operate in mode 1 or mode 2, control signals are provided that can be used as interrupt request inputs to the CPU. The interrupt request signals, generated from port C, can be inhibited or enabled by setting or resetting the associated INTE flip-flop, using the bit set/reset function of port C.

This function allows the Programmer to disallow or allow a specific I/O device to interrupt the CPU without affecting any other device in the interrupt structure.

INTE flip-flop definition:

(BIT-SET)—INTE is set—Interrupt enable

(BIT-RESET)—INTE is RESET—Interrupt disable

NOTE:

All Mask flip-flops are automatically reset during mode selection and device Reset.

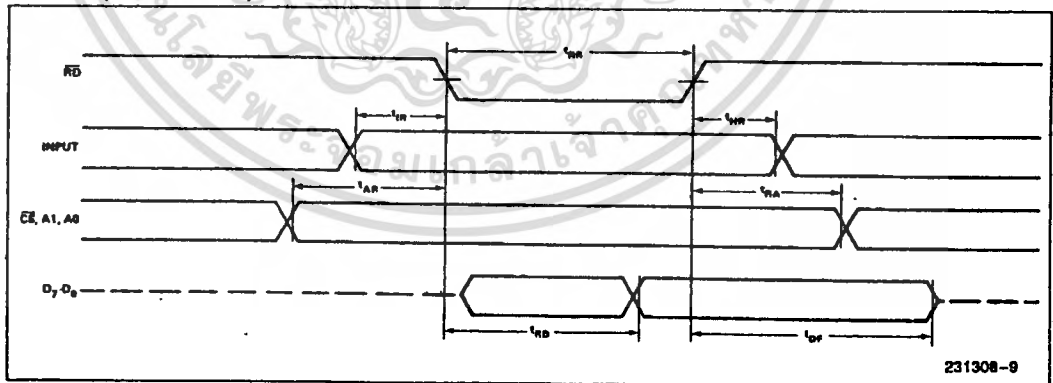
Operating Modes

MODE 0 (Basic Input/Output). This functional configuration provides simple input and output operations for each of the three ports. No "handshaking" is required, data is simply written to or read from a specified port.

Mode 0 Basic Functional Definitions:

- Two 8-bit ports and two 4-bit ports.
- Any port can be input or output.
- Outputs are latched.
- Inputs are not latched.
- 16 different Input/Output configurations are possible in this Mode.

MODE 0 (BASIC INPUT)





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804, ADC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE® output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

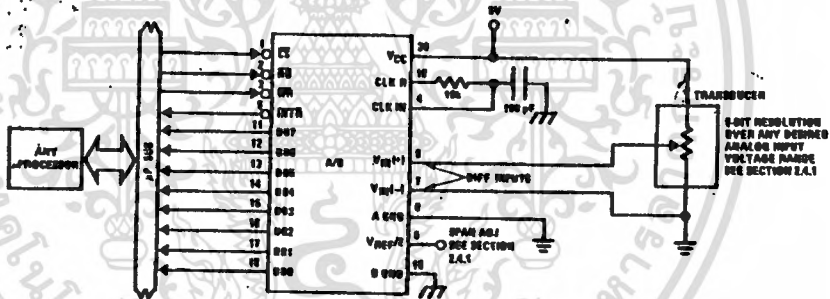
Features

- Compatible with 8080 μ P derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates stand alone

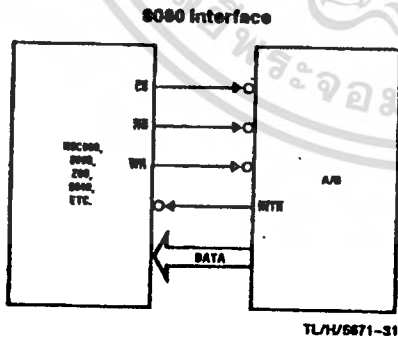
Key Specifications

- Resolution 8 bits
- Total error $\pm 1/4$ LSB, $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- Conversion time 100 μ s

Typical Applications



TL11/5671-1



TL11/5671-31

Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)			
Part Number	Full-Scale Adjusted	V _{REF} /2 = 2.500 V _{DC} (No Adjustments)	V _{REF} /2 = No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		± 1 LSB	
ADC0805			± 1 LSB

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V _{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage	
Logic Control Inputs	-0.3V to +18V
At Other Input and Outputs	-0.3V to (V _{CC} +0.3V)
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (90 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at T _A = 25°C	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1 & 2)

Temperature Range	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}
ADC0801/02LJ	-55°C ≤ T _A ≤ +125°C
ADC0801/02/03/04LCJ	-40°C ≤ T _A ≤ +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	-40°C ≤ T _A ≤ +85°C
ADC0804LCN	0°C ≤ T _A ≤ +70°C
ADC0802/03/04LCV	0°C ≤ T _A ≤ +70°C
ADC0802/03/04LCWM	0°C ≤ T _A ≤ +70°C
Range of V _{CC}	4.5 V _{CC} to 6.3 V _{CC}

Electrical Characteristics

The following specifications apply for V_{CC} = 5 V_{DC}, T_{MIN} ≤ T_A ≤ T_{MAX} and f_{CLK} = 640 kHz unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			± 1/2	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	V _{REF} /2 = 2.500 V _{DC}			± 1/2	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			± 1/2	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 8)	V _{REF} /2 = 2.500 V _{DC}			± 1	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 8)	V _{REF} /2 - No Connection			± 1	LSB
V _{REF} /2 Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05 ADC0804 (Note 9)	2.5 0.75	8.0 1.1		kΩ kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	0		V _{CC} ± 0.05	V _{DC}
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		± 1/16	± 1/2	LSB
Power Supply Sensitivity	V _{CC} = 5 V _{DC} ± 10% Over Allowed V _{IN} (+) and V _{IN} (-) Voltage Range (Note 4)		± 1/16	± 1/2	LSB

AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for V_{CC} = 5 V_{DC} and T_A = 25°C unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T _C	Conversion Time	f _{CLK} = 640 kHz (Note 6)	103		114	μs
T _C	Conversion Time	(Note 5, 6)	88		73	1/f _{CLK}
f _{CLK}	Clock Frequency Clock Duty Cycle	V _{CC} = 5V, (Note 5) (Note 5)	100 40	640	1460 60	kHz %
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	INTR tied to WR with CS = 0 V _{DC} , f _{CLK} = 640 kHz	8770		9708	conv/s
t _{WWRIL}	Width of WR Input (Start Pulse Width)	CS = 0 V _{DC} (Note 7)	100			ns
t _{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of RD to Output Data Valid)	C _L = 100 pF		135	200	ns
t _{1H} , t _{0H}	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of RD to HI-Z State)	C _L = 10 pF, R _L = 10k (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
t _{WR} , t _{RI}	Delay from Falling Edge of WR or RD to Reset of INTR			300	450	ns
C _{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF
C _{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF

CONTROL INPUTS (Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately)

V _{IN} (1)	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	V _{CC} = 5.25 V _{DC}	2.0		15	V _{CC}
---------------------	---	--	-----	--	----	-----------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)The following specifications apply for $V_{CC} = 5V_{DC}$ and $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN}(0)$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.8	V_{DC}
$I_{IN}(1)$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 5 V_{DC}$		0.005	1	μA_{DC}
$I_{IN}(0)$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 0 V_{DC}$	-1	-0.005		μA_{DC}
CLOCK IN AND CLOCK R						
V_{T+}	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	V_{DC}
V_{T-}	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	V_{DC}
V_H	CLK IN (Pin 4) Hysteresis (V_{T+}) - (V_{T-})		0.6	1.3	2.0	V_{DC}
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O = 360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4	V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
DATA OUTPUTS AND INTR						
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs INTR Output	$I_{OUT} = 1.6 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$ $I_{OUT} = 1.0 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4 0.4	V_{DC} V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -10 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	4.5			V_{DC}
I_{OUT}	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT} = 0 V_{DC}$ $V_{OUT} = 5 V_{DC}$	-3			μA_{DC} μA_{DC}
I_{SOURCE}		V_{OUT} Short to Gnd, $T_A = 25^\circ C$	4.5	6		mA_{DC}
I_{SINK}		V_{OUT} Short to V_{CC} , $T_A = 25^\circ C$	9.0	16		mA_{DC}
POWER SUPPLY						
I_{CC}	Supply Current (Includes Ladder Current) ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCV/LCWM	$f_{CLK} = 640 kHz$, $V_{REF}/2 = NC$, $T_A = 25^\circ C$ and $CS = 5V$				
				1.1 1.9	1.8 2.5	mA mA

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to Gnd and has a typical breakdown voltage of $7 V_{DC}$.

Note 4: For $V_{IN}(-) \geq V_{IN}(+)$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. Be careful, during testing at low V_{CC} levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of $4.950 V_{DC}$ over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Accuracy is guaranteed at $f_{CLK} = 640 kHz$. At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 6 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see Figure 2 and section 2.0.

Note 7: The CS input is assumed to bracket the WR strobe input and therefore timing is dependent on the WR pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the WR pulse (see timing diagrams).

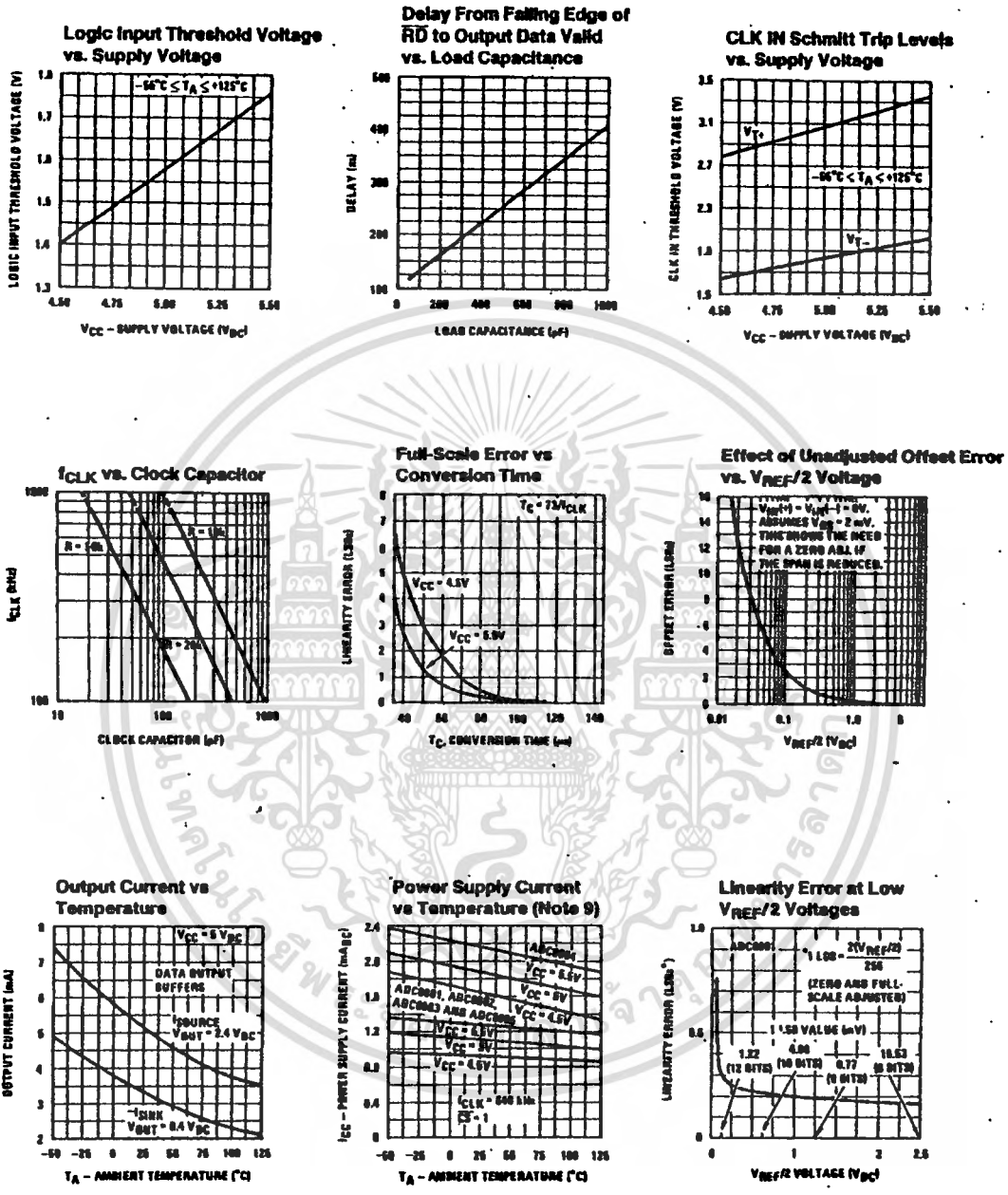
Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 5.

Note 9: The $V_{REF}/2$ pin is the center point of a two resistor divider connected from V_{CC} to ground. Each resistor is 2.2k, except for the ADC0804LCJ where each resistor is 16k. Total ladder input resistance is the sum of the two equal resistors.

Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

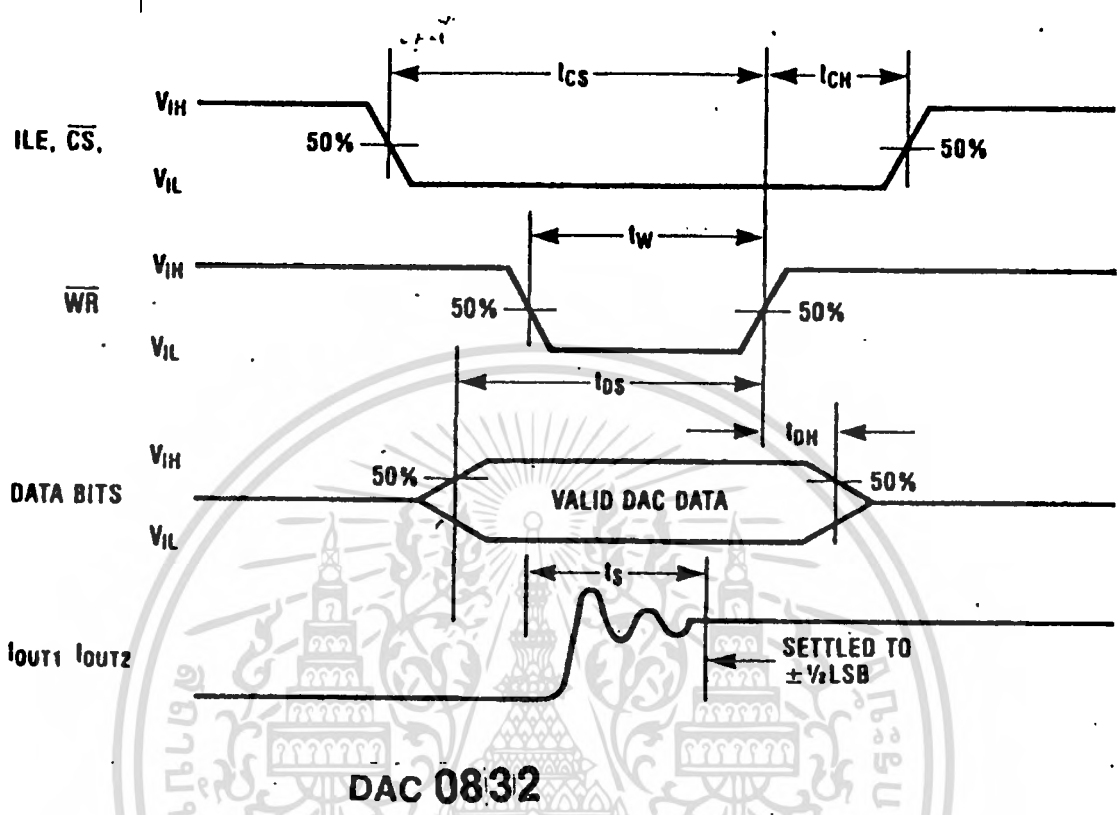
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics



TL1/5671-2

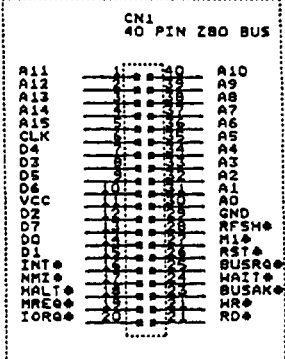
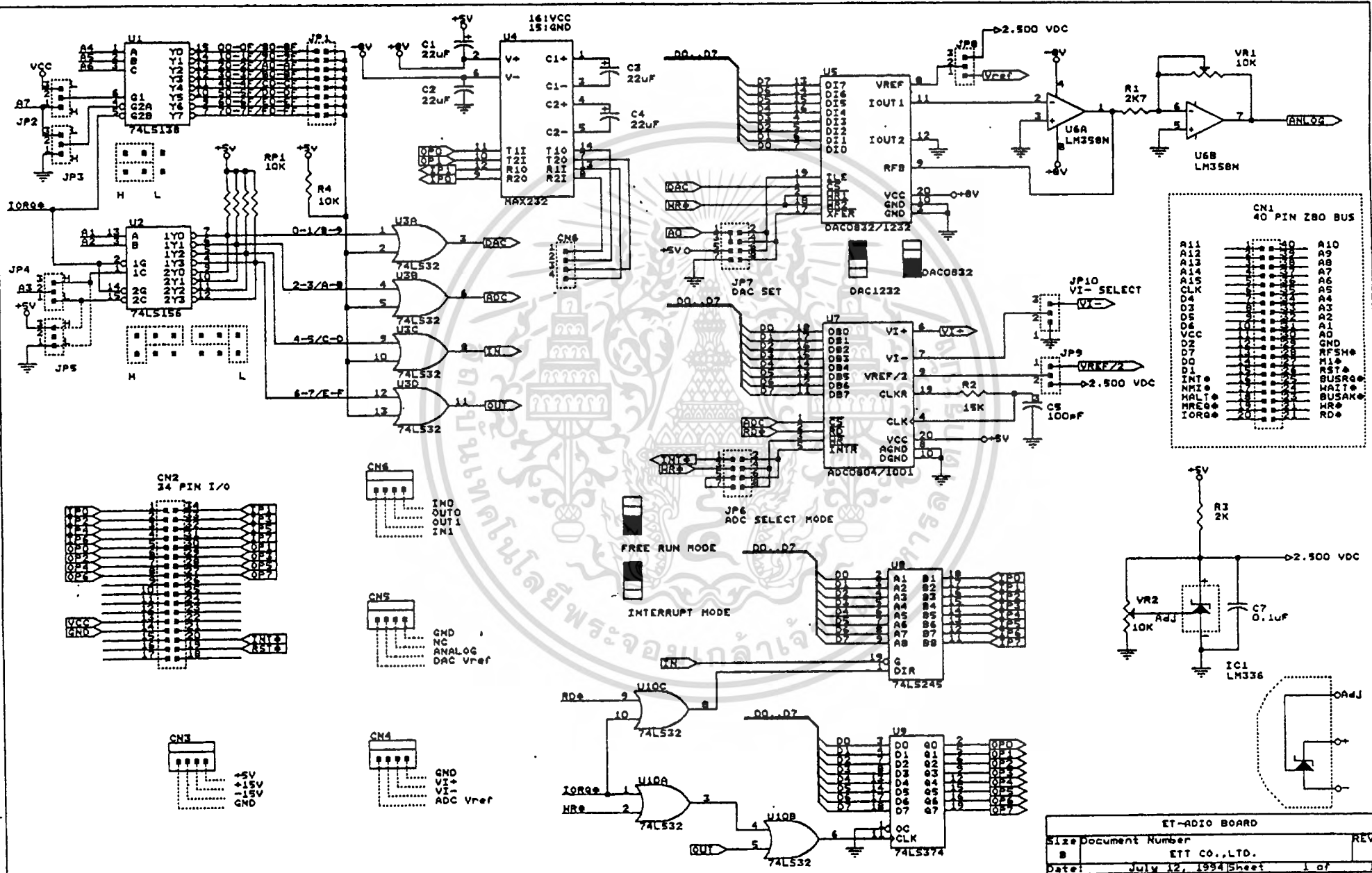
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





บรรณานุกรม

1. วรวิทย์ ดันติโกติน , นกคต ชาลยธิเดช : “การเขียนโปรแกรมบนวินโดวส์ด้วย Visual Basic” , 1993.
2. Noel Jerke , Eric Brierley : “Visual Basic API How - To” , Waite Group Press , 1996.
3. วิชัย ศังขรจันทรานนท์ : “การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง” , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) , 1993.
4. Muhamadh H. Rashid : “Power Electronics” , Second edition , Prentice - Hall International , 1993.
5. เอกสารการฝึกอบรม : “การควบคุมแบบ PID” สมาคมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)
6. พนาฤทธิ์ เศรษฐกุล : “การควบคุมแบบมอเตอร์อุตสาหกรรม” วารสารเทคนิค ฉบับที่ 52
7. ชัยรัตน์ เกษมบุญศิริ, Visual Basic For Windows For Dummies , IDG Book worldwide, 1996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้