



ปริญญาโทปีการศึกษา 2533

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมตัวทำความร้อนแบบอินฟราเรด โดยใช้ไฟ 3 เฟส

(THREE PHASE INFRARED HEATER SCANNING CONTROLLER)

ผู้จัดทำ

1. นายปัญญา พิชญ์ดำรง 301154
2. นายพรเทวา แซ่ลิ้ม 301181
3. นายเมธิน เลี้ยวศิริชัย 301217

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ สุพรรณ กุลพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมตัวทำความร้อนแบบอินฟราเรด โดยใช้ไฟ 3 เฟส

(THREE PHASE INFRARED HEATER SCANNING CONTROLLER)

ผู้จัดทำ

- | | | |
|--------------|---------------|--------|
| 1. นายปัญญา | พิชญ์ดำรง | 301154 |
| 2. นายพรทเวา | แท้ลิ้ม | 301181 |
| 3. นายเมธิน | เลี้ยวศิริชัย | 301217 |

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ สพรรณ กุลพานิชย์)

027936

เลขหมู่	T 33403 ๗ ๒
เลขทะเบียน	027936
วัน, เดือน, ปี	๑๘.๑๒.๖๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีระบบควบคุม 3

บทที่ 3 การควบคุมตัวทำความร้อน 34

บทที่ 4 ผลการทดลอง 50

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป 52

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

การควบคุมตัวทำความร้อนแบบอินฟราเรด โดยใช้ไฟ 3 เฟส

ปัญหา พิษภัยตำรง

พรทเวา แซ่ลี้ม

เมธิน เลี้ยวศิริชัย

อ.สุพรรณ กลุณาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปพลาสติก จะต้องอาศัยความร้อนในกระบวนการขึ้นรูป ซึ่งจะต้องมีการควบคุมความร้อนให้พอเหมาะกับชนิดและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ โดยที่ตัวทำความร้อนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิด และ วิธีการควบคุมความร้อนก็มีหลายวิธี วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ได้เสนอแนวทางการควบคุมตัวทำความร้อนโดยใช้การสแกน ซึ่งผู้จัดทำได้ทำการศึกษาถึงข้อดี ข้อเสีย และ วิธีการทำงาน เพื่อให้เป็นแนวทางในการศึกษาและการพัฒนาวงจรควบคุมตัวทำความร้อนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

THREE PHASE INFRARED HEATER SCANNING CONTROLLER

PANYA PITCHDUMRONG

PORNTEVA SAE-LIM

METHIN LEOSIRICHAJ

SUPARN KULLAPANITCH ADVISOR

1990

ABSTRACT

In plastic forming industrial .Heats are used in forming process. It must control heat in suitable types and patterns of product. By heater in the present have several type and have several method in heat control . This thesis present process control by scanning that study about advantage disadvantage and operation . To use in study and development heater controller by more efficiency.

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ จะพบว่า มีการแข่งขันกันทางอุตสาหกรรมอย่างมาก และนับวันจะยิ่งมีการแข่งขันกันมากขึ้น ดังนั้น โรงงานอุตสาหกรรมทุกแห่งต้องพยายามหาหนทางในการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการผลิตให้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถลดต้นทุน, เพิ่มคุณภาพ, เพิ่มมาตรฐาน และเพิ่มความปลอดภัยให้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถแข่งขันกับผู้อื่นได้

งานในด้านการควบคุมความร้อน โดยทั่วไปมักจะเป็น "การควบคุมแบบอุณหภูมิ" (TEMPERATURE CONTROLLER) ซึ่งตัวทำความร้อน 1 ตัว จะถูกควบคุมด้วยวงจรถวล 1 ชุด โดยมีตัวตรวจจับสัญญาณ (SENSOR) ที่ใช้จำนวน 1 ตัว ในลักษณะที่เป็น "การควบคุมแบบย้อนกลับ" (FEEDBACK CONTROL)

ซึ่งการควบคุมแบบอุณหภูมินี้ จะมีข้อบกพร่อง คือถ้าชิ้นงานมีขนาดใหญ่และมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ จะต้องมีการให้ความร้อนที่จุดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน จึงต้องมีวงจรถวลหลายชุด เพราะวงจรถวล 1 ชุด จะควบคุมตัวทำความร้อนได้เพียง 1 ตัว ทำให้การใช้งานในการปรับตั้งระดับความร้อนเป็นไปอย่างลำบากไม่คล่องตัว และยังมีปัญหาในกรณีที่ชิ้นงานมีรูปทรงแบบเดียวกัน แต่มีความหนา-บางต่างกัน ความร้อนที่ให้ก็จะต้องเปลี่ยนแปลงไปโดยมีการยกระดับความร้อนด้วยอัตราเดียวกัน ซึ่งจะต้องทำการกำหนดระดับสัญญาณอ้างอิง (SETPPOINT) ใหม่ ทุกชุดของวงจรถวล

จากเหตุผลดังที่กล่าวมาข้างต้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงจะเสนอวิธีการควบคุมตัวทำความร้อน โดยใช้วงจรถวลตัวทำความร้อนเพียง 1 ชุด ซึ่งจะสามารถควบคุมตัวทำความร้อนได้หลายตัว ช่วยให้การทำงานเป็นไปได้อย่างสะดวก รวมทั้งยังมีข้อดีอีกประการหนึ่ง คือ การทำงานของตัวทำความร้อนจะถูกควบคุมด้วย 1. สัญญาณควบคุม และ 2. สัญญาณสแกน ซึ่งจะทำให้ตัวทำความร้อนได้รับพลังงานเป็นช่วง ๆ แล้วค่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะสมพลังงานไปเรื่อย ๆ จนถึงระดับความร้อนที่กำหนด การที่ตัวทำความร้อนได้รับพลังงานเป็นช่วง ๆ นี้ จะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานทางอ้อมด้วย เพราะพลังงานไม่ได้ถูกใช้ไปตลอดเวลา เหมือนดังในกรณีการควบคุมแบบอนุหภูมิ



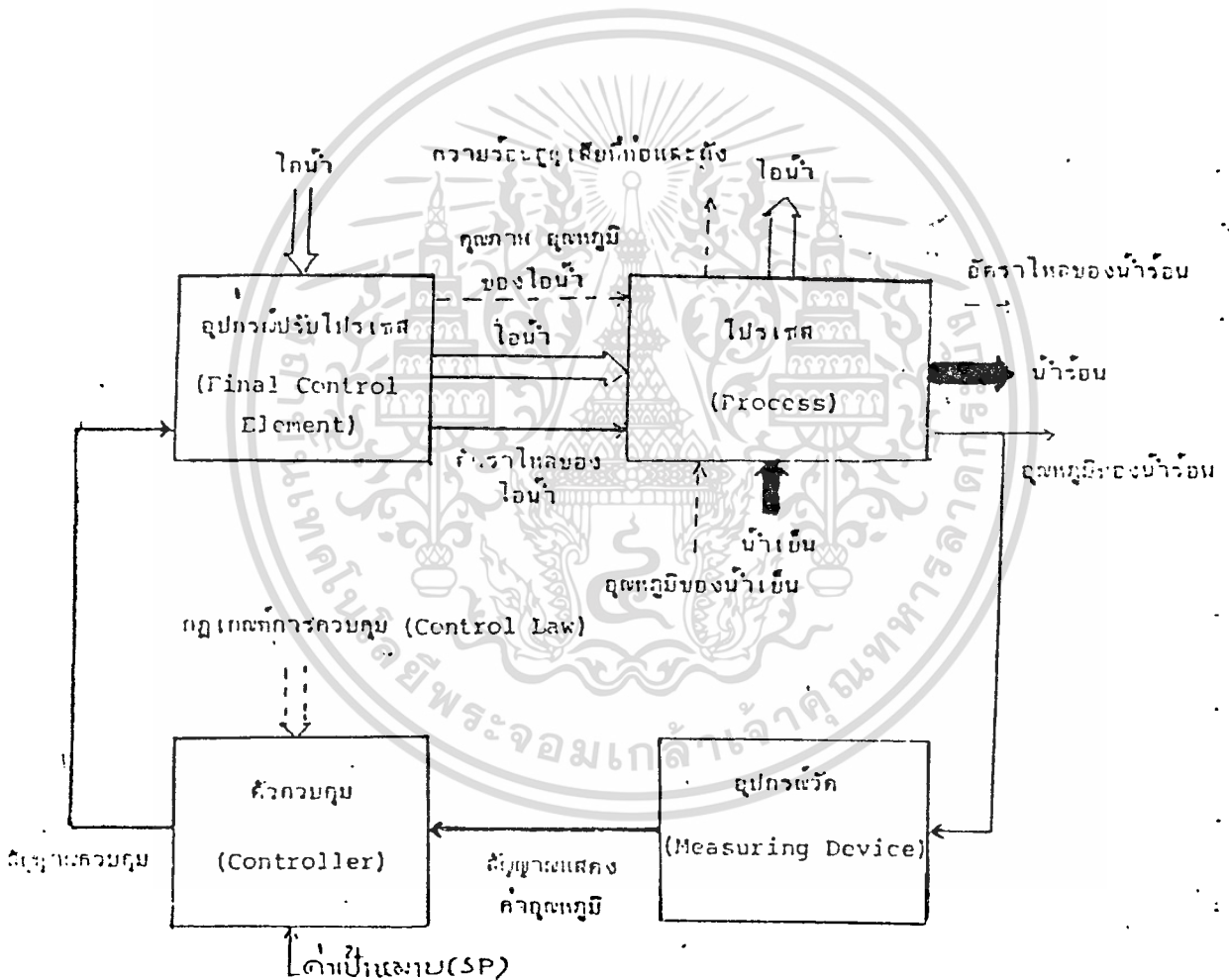
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี ระบบควบคุม

2.1 องค์ประกอบสำคัญของการควบคุม

องค์ประกอบในการควบคุมจะแสดงได้ด้วยบล็อกไดอะแกรม ดังนี้



รูปที่ ๒.๑ บล็อกไดอะแกรมแสดงองค์ประกอบสำคัญในการควบคุม Heat Exchanger พร้อมทั้งตัวแปรทางไฟฟ้าและสัญญาณต่าง ๆ

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว องค์ประกอบหลักในการควบคุมจะประกอบด้วย

2.1.1 โพรเซส (Process) หมายถึง ขบวนการทางฟิสิกส์ที่เราต้องการควบคุมให้มีสภาวะตามต้องการ ขณะที่สภาวะการทำงาน หรือ และสภาพแวดล้อมอาจจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ด้วยแปรทางฟิสิกส์ ซึ่งแสดงสภาวะทางฟิสิกส์ของโพรเซส เราเรียกว่า "ตัวแปรโพรเซส" (Process Variable)"

เราสามารถเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรโพรเซสได้ โดยการปรับค่า "ตัวแปรปรับโพรเซส (Manipulated Variable)" ซึ่งได้แก่ อัตราไหลของไอน้ำ

นอกจากนี้ ค่าตัวแปรโพรเซสจะเปลี่ยนแปลงไป ถ้าเกิด "สิ่งรบกวนโพรเซส (Process Disturbance)" ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงของสภาวะการทำงานและสภาพแวดล้อมของโพรเซส เราสามารถจำแนกสิ่งรบกวนโพรเซสได้เป็น 2 ประเภท คือ

- Supply Disturbance (หรือ Supply-load Changes) : การเปลี่ยนแปลงของพลังงาน (วัตถุดิบ) ขาเข้า

- Demand Disturbance (Demand-load Changes) : การเปลี่ยนแปลงพลังงาน (วัตถุดิบ) ขาออก

2.1.2 อุปกรณ์วัด (Measuring Device) เป็นอุปกรณ์ที่ให้สัญญาณขาออก ซึ่งมีขนาดสัมพันธ์กับขนาดตัวแปรทางฟิสิกส์ของสิ่งที่เราต้องการวัด โดยทั่วไปแล้วเราต้องการให้ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นสมการเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ตัวควบคุม (Controller) หมายถึง สิ่งที่ทำหน้าที่ออกคำสั่ง หรือกำเนิดสัญญาณควบคุม (Control Signal) ตามกฎเกณฑ์การควบคุม (Control law) ที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าคำสั่ง หรือสัญญาณควบคุมนี้อาจจะเป็น ฟังก์ชันกับเวลา หรือฟังก์ชันกับสัญญาณขาเข้าที่ได้รับจากอุปกรณ์วัด

2.1.4 อุปกรณ์ปรับโปรเซส (Final Control Element) เป็น อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับสภาวะของโปรเซสด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรปรับโปรเซส (Manipulated Variable) ตามคำสั่ง หรือสัญญาณควบคุมที่ได้รับ

ในการควบคุมส่วนใหญ่ คำสั่ง หรือสัญญาณควบคุมจะมีขนาด หรือพลังงานน้อย ๆ ส่วนตัวแปรปรับโปรเซสจะมีขนาด หรือพลังงานมาก

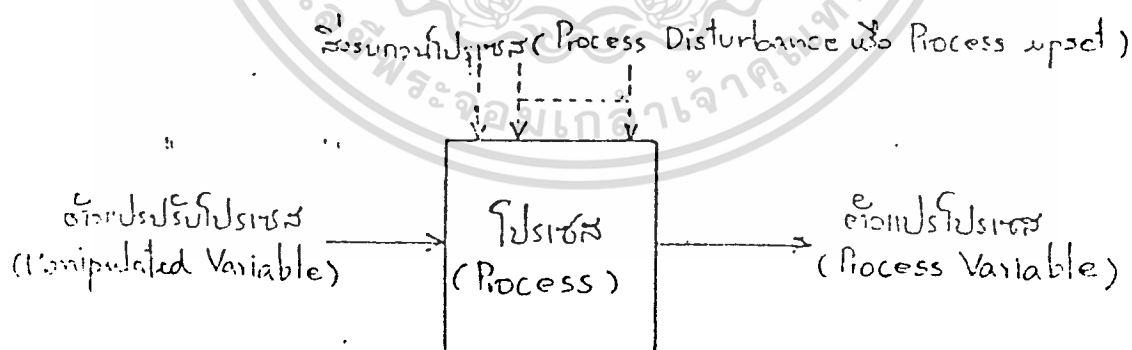
ถึงตอนนี้เราคงกล่าวได้ว่า ไม่ว่าจะการควบคุมจะเป็นแบบ Manual หรือแบบอัตโนมัติจะประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญส่วนหลัก โดยหลักการ แล้วความแตกต่างของการควบคุมทั้งสองอยู่ที่ แบบแรกใช้ คน ส่วนแบบที่สองใช้ เครื่อง เป็นตัวควบคุม ปัจจุบันเทคโนโลยีโดยเฉพาะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการพัฒนาอย่างมาก ทำให้เครื่องควบคุมอัตโนมัติมีประสิทธิภาพสูงกว่ามนุษย์มาก

2.2 ชนิดของการควบคุมอัตโนมัติ

กฎเกณฑ์ในการจำแนกชนิดของการควบคุมอัตโนมัติมีหลายกฎเกณฑ์ บางท่านอาจจะแบ่งตามลักษณะของงาน บางท่านก็อาจจะแบ่งตามลักษณะสมบัติของค่าเป้าหมาย (Desired Value หรือ Set Point) ฯลฯ เพราะฉะนั้นจึงเป็นการยากที่จะกล่าวอย่างแน่นอนตายตัวว่าการควบคุมอัตโนมัติมีกี่ชนิด

เมื่อที่จะลดความซับซ้อนและให้สอดคล้องกับหลักสูตรการอบรม การแบ่งชนิดของการควบคุมในที่นี้จะแบ่งตามกฎเกณฑ์สองประการ คือ

2.2.1 ชนิดของการควบคุมตามหลักปรัชญาพื้นฐานของการออกแบบ (Basic Design Philosophy) ลองพิจารณาตัวแปรขาเข้าและขาออกของโปรเซส ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แนวคิดโถงแตรแสดงตัวแปรขาเข้าและขาออกของโปรเซส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

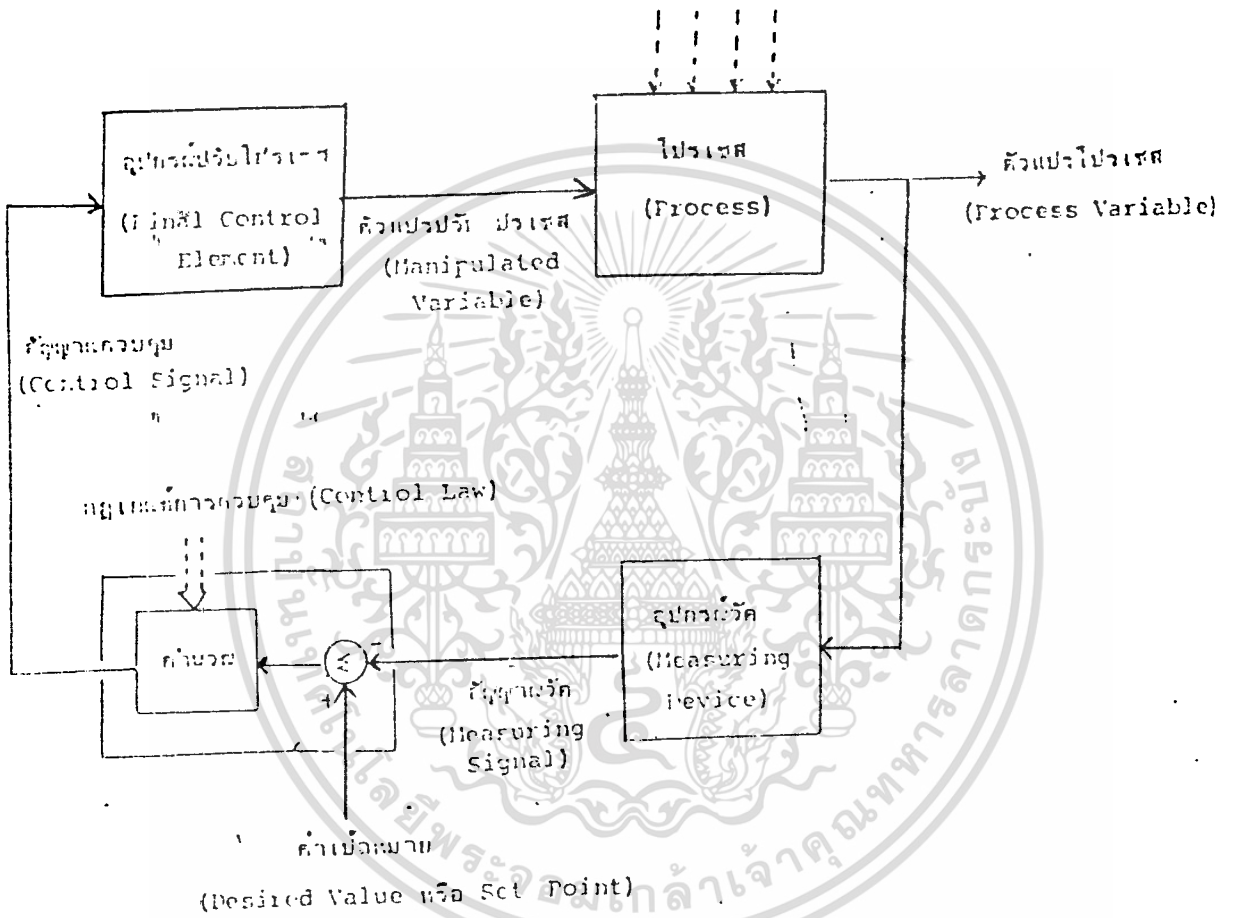
ในการควบคุมโปรเซสเป้าหมาย คือ การรักษาค่าตัวแปรโปรเซสให้ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ หรือค่าเป้าหมาย (Desired Value หรือ Set Point) ซึ่งอาจจะมีค่าคงที่ หรือเปลี่ยนแปลง ขณะที่ระบบควบคุมกำลังทำงาน ตัวแปรโปรเซสอาจจะมีค่าคลาดเคลื่อนไปจากค่าเป้าหมาย ถ้าสภาวะการทำงาน หรือสภาพแวดล้อมเกิดเปลี่ยนแปลงไป การกำจัดความคลาดเคลื่อน ทำได้โดยการปรับค่าตัวแปรโปรเซส (Manipulated Variable)

หลักการพื้นฐานในการปรับค่าตัวแปรปรับโปรเซสสองประเภท คือ หลักการป้อนกลับ (Feedback) และหลักการป้อนล่วงหน้า (Feedforward) ดังนั้น ชนิดของการควบคุมจึงแบ่งได้เป็นสองชนิด ดังนี้

1. การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) : ตัวแปรปรับโปรเซส (Manipulated Variable) ถูกกำหนดโดยตัวแปรโปรเซส (Process Variable) ที่เราต้องการควบคุม

หลักสำคัญของการควบคุมแบบนี้ (ดูรูปที่ 2.3 ประกอบ) เริ่มจากการวัดหาค่าตัวแปรโปรเซส (Process Variable) นำไปเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย (Desired Value หรือ Set Point) ระบบจะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อค่าตัวแปรโปรเซสที่วัดได้มีค่าต่างจากค่าเป้าหมาย โดยที่ผลต่างของการเปรียบเทียบ (Deviation) หรือความคลาดเคลื่อน (Error) จะถูกนำไปคำนวณหาสัญญาณควบคุม (Control Signal) ที่เหมาะสม "ป้อนกลับ (Feedback)" ไปปรับโปรเซส การทำงานจะกระทำซ้ำ ๆ จนตัวแปรโปรเซสค่าเท่ากับค่าเป้าหมาย

สิ่งรบกวนโปรเซส (Process Disturbance)



รูปที่ ๑๓ เบื้องโคงการควบคุมด้วยวิธีการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

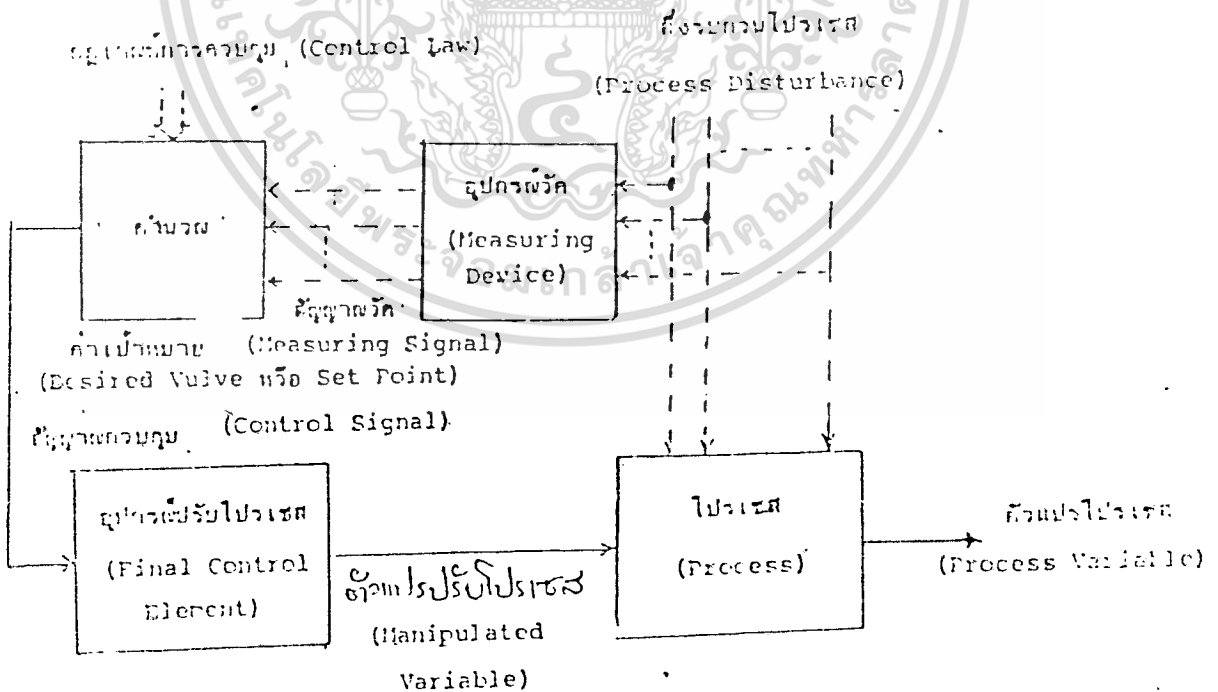


การควบคุมแบบ Feedback Control เป็นแบบที่เราพบบ่อยที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรม (มากกว่า 80%) ตัวควบคุมที่ใช้ในการควบคุมเป็นแบบ On-Off Controller หรือ PID Controller

2. การควบคุมแบบช้อนล่วงหน้า (Feedforward Control)

: ตัวแปรปรับโปรเซส (Manipulated Variable) ไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรโปรเซส (Process Variable) แต่จะถูกกำหนดด้วยสิ่งรบกวนโปรเซส (Process Disturbance)

หลักสำคัญของควบคุมแบบนี้ (ดูรูปที่ 2.4 ประกอบ) เริ่มจากการวัดค่าสิ่งรบกวนโปรเซส (Process Disturbance) แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาสัญญาณควบคุมที่เหมาะสม "บ่อนล่วงหน้า (Feedforward)". ไปปรับโปรเซสด้านกับสิ่งรบกวน ก่อนที่ตัวแปรโปรเซสจะเปลี่ยนแปลงไป



ในการออกแบบระบบควบคุมแบบป้อนล่วงหน้า (Feedforward Control) เราจำเป็นต้องทราบอย่างชัดเจนว่าตัวแปรปรับโปรเซสสัมพันธ์อย่างไรกับสิ่งรบกวนโปรเซส ค่าเป้าหมายและสัญญาณวัด โดยปกติเรามักจะทราบเพียงความสัมพันธ์คร่าว ๆ เท่านั้นเอง ในทางปฏิบัติระบบควบคุมแบบป้อนล่วงหน้ามักจะใช้งานร่วมกับระบบการควบคุมแบบป้อนกลับ เป็นระบบควบคุมแบบผสม (Combinational Control)

อนึ่ง ตัวควบคุมที่ใช้ระบบควบคุมแบบป้อนล่วงหน้าจะเป็น เครื่องคำนวณพิเศษ หรือคอมพิวเตอร์

2.2.2 ชนิดของการควบคุมตามความซับซ้อนของระบบ เราพอจะ จำแนกการควบคุมตามความซับซ้อนของระบบควบคุมได้ ดังนี้

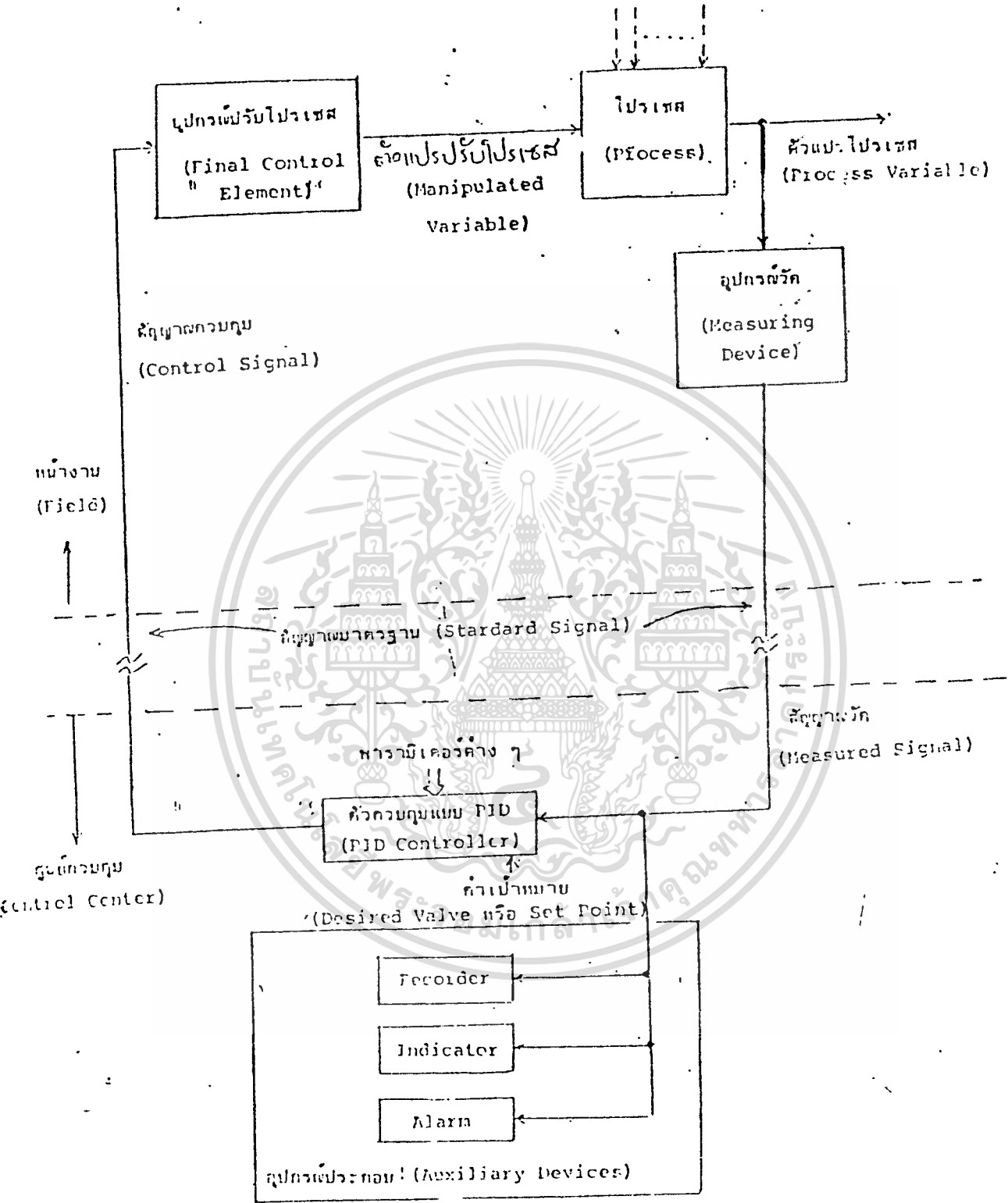
1. การควบคุมแบบง่าย ๆ (Simple Control) ในที่นี้ หมายถึงระบบควบคุมที่ประกอบด้วยตัวควบคุมตัวเดียวควบคุมโปรเซสเพียงโปรเซสเดียว สัญญาณวัด สัญญาณควบคุม ตัวแปรปรับโปรเซส และตัวแปรโปรเซสเพียงอย่างละ ตัวเดียว ลักษณะนี้จะเป็นการควบคุมแบบ ลูปเดียว (Single loop Control) หลักการควบคุมที่ใช้จะเป็นแบบป้อนกลับ (Feedback Control) การควบคุมแบบนี้ เราจึงมักเรียกว่า

"การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)"

ในระบบการควบคุมจริง ๆ มักจะเพิ่มอุปกรณ์ประกอบ (Auxiliary Devices) เพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการทำงาน ดังรูปที่ 2.5

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งรบกวนไปรเซส
(Process Disturbance)



รูปที่ 2.5 เบื้องต้นระบบควบคุมแบบง่าย ๆ (แบบย้อนกลับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปในงานควบคุมทางอุตสาหกรรม (Industrial process Control) ค่าเป้าหมายของระบบควบคุมแบบป้อนกลับมักจะเป็นค่าคงที่ (Automatic Regulation)

แต่ในงานบางประเภทค่าเป้าหมายจะมีค่า ไม่คงที่ เช่น

- ค่าเป้าหมาย เปลี่ยนแปลงตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ (Program Control) เช่น ในงานควบคุมอุณหภูมิของการย้อมสีผ้า ในงาน Heat Treatment โลหะ ฯลฯ

- ค่าเป้าหมาย ขึ้นอยู่กับปริมาณที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา เช่น ในงานควบคุมตำแหน่งเจาะของสว่าน หรือตำแหน่งม้วนยิงของปืนใหญ่ (Servo Control) ในงานควบคุมเรดาร์ให้ติดตามตำแหน่งของเครื่องบิน (Follow-Up Control) ฯลฯ

2. การควบคุมแบบซับซ้อน (Complex Control) ในที่นี้ หมายถึง ระบบควบคุมที่ต้องใช้ตัวควบคุมมากกว่าหนึ่งตัว หรืออุปกรณ์วัดมากกว่าหนึ่งตัว หรืออุปกรณ์ปรับโปรเซสมากกว่าหนึ่งตัว ทำงานประสานกันเพื่อควบคุมโปรเซสเดียวหรือหลายโปรเซส โดยปกติเรามักจะเรียกการควบคุมแบบนี้ว่า การควบคุมแบบผสม (Combinational Control)

กรณีที่เป็นารควบคุมโปรเซสเดียว เราจะใช้การควบคุมแบบซับซ้อนก็ต่อเมื่อการควบคุมแบบง่าย ๆ แบบลูปเดียวให้ผลไม่เป็นที่พอใจ

กรณีที่เป็นารควบคุมหลายโปรเซส เราจะใช้การควบคุมแบบซับซ้อนก็ต่อเมื่อต้องการควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของแต่ละโปรเซส

การควบคุมแบบซับซ้อน หรือการควบคุมแบบผสม จะกล่าวโดยละเอียดภายหลัง การอธิบายในส่วนนี้จะพูดถึง เหตุผลของการเลือกใช้และหลักการคร่าว ๆ เท่านั้น

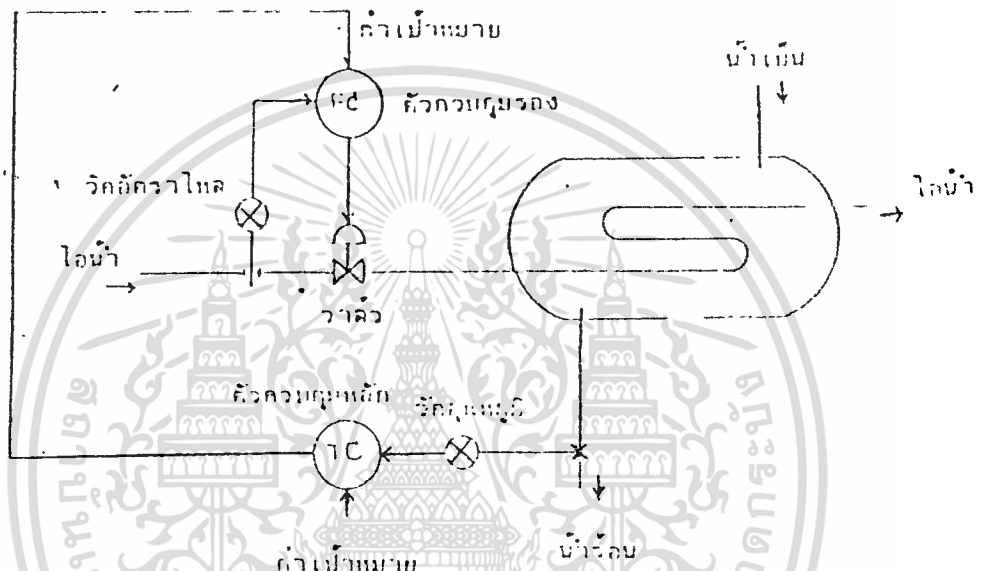
รูปแบบของการควบคุมแบบซับซ้อน พอจะจำแนกได้ ดังนี้

ก. Cascade Control เราจะใช้การควบคุมแบบนี้ เมื่อเราต้องการผลการควบคุมที่ดีว่าการควบคุมแบบง่าย ๆ (แบบลูปเดียว) ในการควบคุมแบบง่าย ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณขาออกกับสัญญาณขาเข้าของอุปกรณ์ปรับโปรเซส (Final Control Element) อาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเกิดสิ่งรบกวน

การควบคุมแบบ Cascade Control ประกอบด้วยลูปการควบคุมสองรูป ลูปการควบคุมหลัก (Primary หรือ Master Control Loop) ทำหน้าที่เหมือนกับการควบคุมแบบง่าย ๆ ส่วนลูปการควบคุมรอง (Secondary หรือ Slave Control Loop) จะเป็นส่วนที่เราเพิ่มเติมขึ้นเพื่อปรับปรุงการทำงาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตหากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอุปกรณ์ปรับโพรเซสส์ให้ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณขาออกกับสัญญาณขาเข้าคงที่ แม้ว่าจะเกิดสิ่งรบกวน ตัวควบคุมที่ใช้ในรูปทั้งสองจะเป็นแบบ PID (PIP Controller)



รูปที่ 2.6 ระบบการควบคุม Heat Exchanger ด้วย Cascade Control

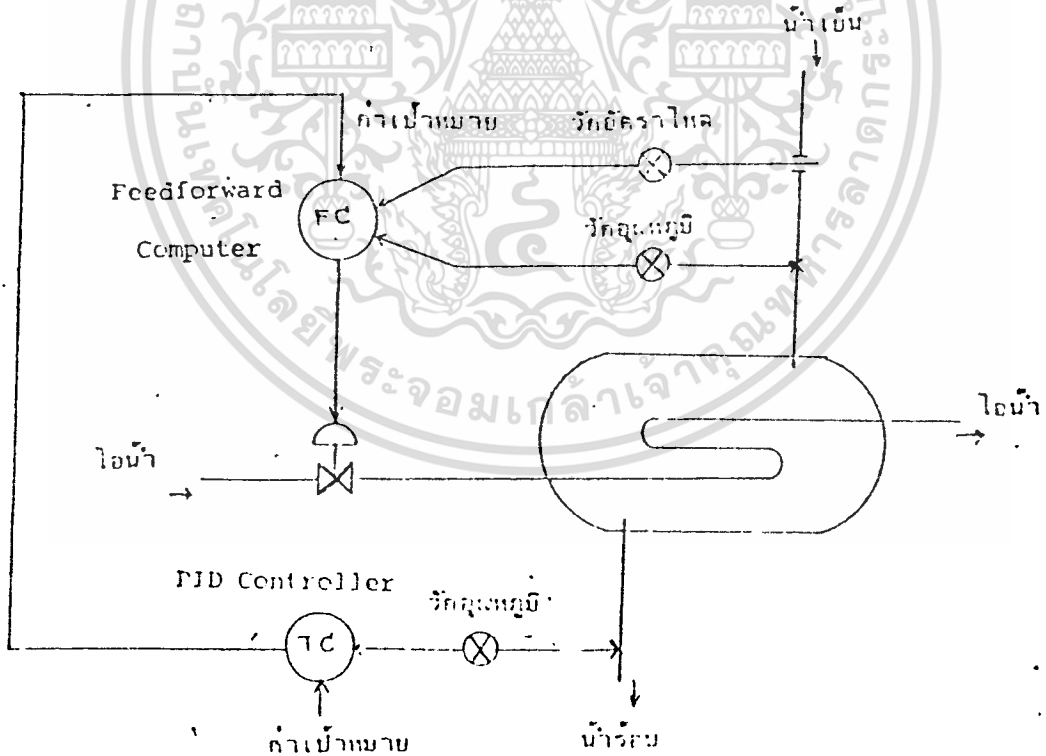
ข. Feedforward-Feedback Control การควบคุมแบบ

นี้เราจะใช้ก็ต่อเมื่อการควบคุมแบบง่าย ๆ ใช้ไม่ได้ผลหรือเมื่อเราต้องการคุณภาพการควบคุมที่ดีมาก ๆ เช่น ในการควบคุม Drum Boiler Distillation Column Heat Exchanger ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่กล่าวมาแล้วว่าหลักการควบคุมแบบ Feedforward Control เป็นการกำจัดผลของสิ่งรบกวนโปรเซส ก่อนที่ตัวแปรโปรเซสจะเปลี่ยนแปลง

ในการออกแบบระบบควบคุมแบบ Feedforward Control เราต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโปรเซสกับสัญญาณควบคุม ค่าเป้าหมาย และสิ่งรบกวน อย่างชัดเจน แต่ในความเป็นจริงเรามักจะทราบแต่ความสัมพันธ์คร่าว ๆ เท่านั้น ทางปฏิบัติเราจึงต้องเพิ่ม Feedback Control เพื่อทำหน้าที่หาค่าเป้าหมายที่เหมาะสมสำหรับ Feedforward Control ตัวควบคุมที่ใช้จะเป็นแบบ PID Control และ Feedforward Computer

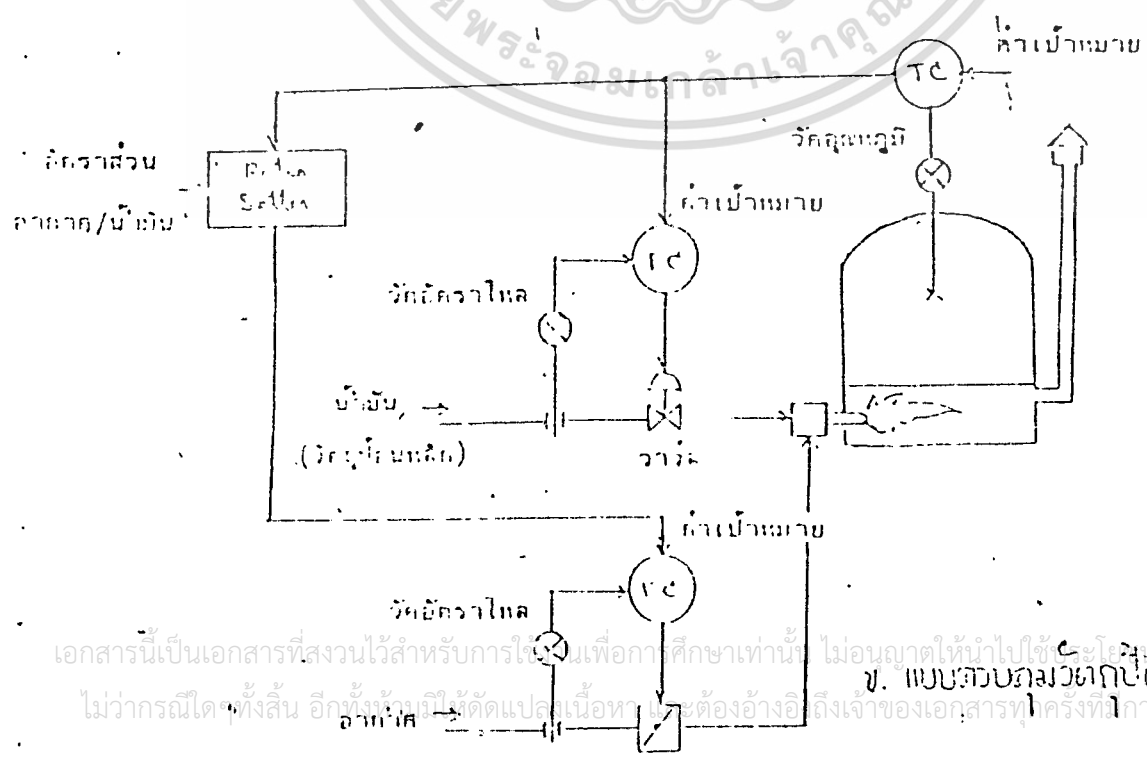
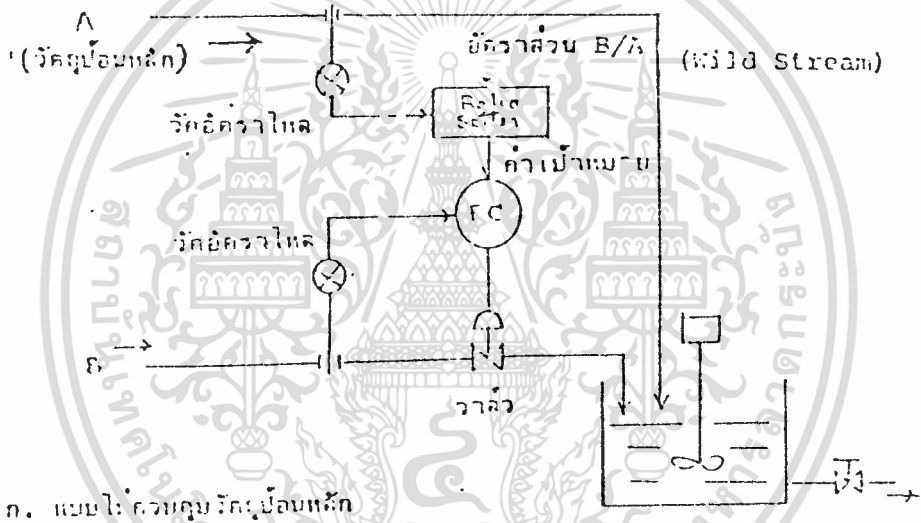


รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการควบคุม Heat Exchanger ด้วย Feedforward-Feedback Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. Ratio Control เราจะใช้การควบคุมแบบนี้ก็ต่อเมื่อเราต้องการควบคุมอัตราส่วนของปริมาณวัตถุดิบหลาย ๆ ชนิดให้มีค่าคงที่ตลอดเวลา เช่น การควบคุมอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงในเตาเผา การผสมสี การผสมอาหารสัตว์ ฯลฯ

ในทางปฏิบัติ เรามักจะกำหนดวัตถุดิบชนิดหนึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก อัตราไหลของวัตถุดิบหลักอาจจะไม่ถูกควบคุม (Wild) หรืออาจจะถูกควบคุมก็ได้แล้วแต่ชนิดของงาน ส่วนอัตราไหลของวัตถุดิบอื่น ๆ ที่เหลือทุกตัวจะถูกควบคุมให้มีอัตราส่วนที่แน่นอนกับอัตราไหลของวัตถุดิบหลักตลอดเวลา

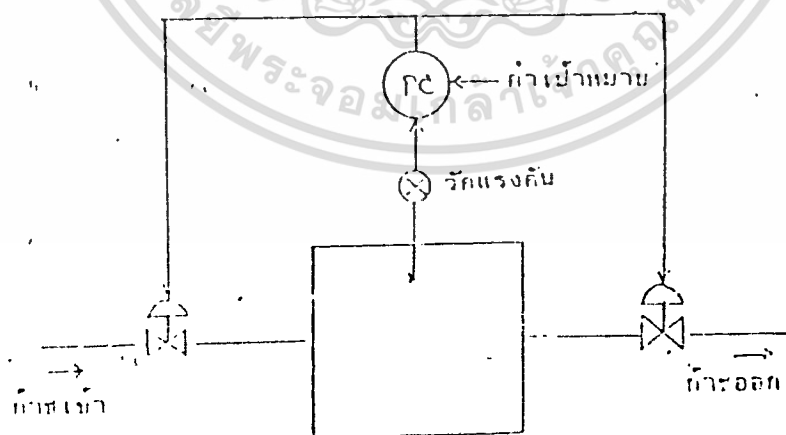


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ขออนุญาต
ข. แบบควบคุมวัตถุดิบอื่นเล็ก
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาโดยไม่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารใดครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. Selective Control เป็นการควบคุมเพื่อจำกัดไม่ให้ค่าตัวแปรโพรเซสมีค่าเกินกว่าหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดเพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์ ลักษณะเฉพาะตัวของการควบคุมแบบนี้ คือ การใช้สวิตช์ HSS (Selector Switch) เลือกค่าสูงสุด หรือสวิตช์ LSS (Low Selector Switch) เลือกค่าต่ำสุด

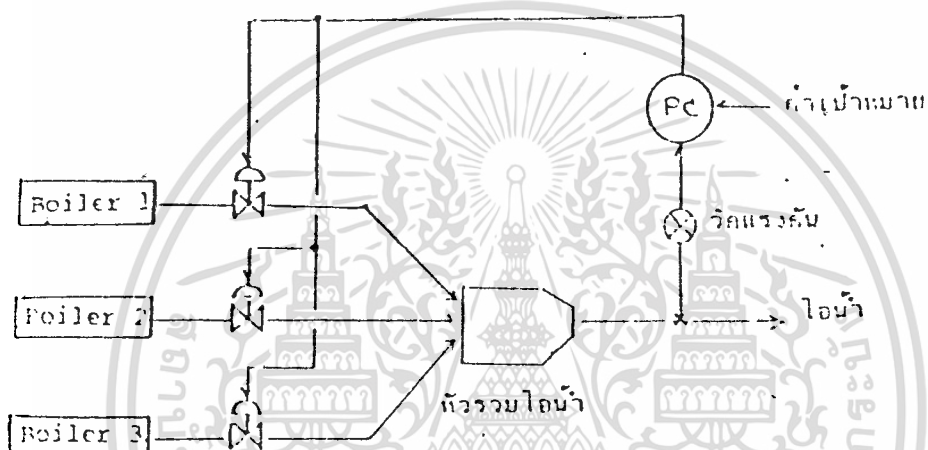
จ. Split-Range Control การควบคุมแบบนี้จะใช้ก็ต่อเมื่อเราจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ปรับโพรเซส (Final Control Element) หลายตัวทำหน้าที่ประสานกันในการปรับโพรเซสเพียงโพรเซสเดียว

ลักษณะพิเศษของการควบคุมแบบนี้ คือ ในระบบควบคุมจะมีอุปกรณ์วัดตัวเดียว (สัญญาณวัดเดียว) และอุปกรณ์ปรับโพรเซสหลายตัว ส่วนตัวควบคุมอาจจะมีหลายตัวหรือตัวเดียวก็ได้ ตัวอย่างที่เราจะพบเห็นได้ก็คือ การควบคุมแรงดันก๊าซในถัง การควบคุมแรงดันของไอน้ำจากแหล่งจ่าย (Boiler) หลาย ๆ แหล่ง การควบคุมอุณหภูมิของการชุบโครเมียมด้วยไฟฟ้า ฯลฯ



ก. การควบคุมแรงดันด้วยรีเลย์ (กรณีข้างบนเรียกว่า Duplex Control เนื่องจากรีเลย์มีเป็นโพรเซสในตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



๗. การควบคุมแรงดันไอน้ำจากแหล่งจ่ายหลายแหล่ง

รูปที่ ๒.๔ ตัวอย่างการควบคุมแบบ Split-Range Control

ฉ. Adaptive Control การควบคุมแบบนี้จะใช้ต่อเมื่อ ลักษณะสมบัติของโพรเซสรวมทั้งอุปกรณ์ปรับโพรเซสและอุปกรณ์วัด เป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) มาก ๆ หรือเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Non-Stationary) การใช้ระบบควบคุมที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดมาควบคุมกรณีนี้ทำได้ลำบาก พนักงาน (Operator) อาจต้องคอยปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม (Controller Tuning) ซึ่งเป็นงานที่ค่อนข้างซับซ้อน บ่อยเกินไป

ระบบควบคุมแบบ Adaptive Control เป็นระบบที่สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมได้เองโดยอัตโนมัติ เพื่อให้การควบคุมเหมาะสมเสมอ แม้ลักษณะสมบัติของโพรเซสจะเปลี่ยนแปลงไป

ส่วนสำคัญของการควบคุมจะประกอบด้วย

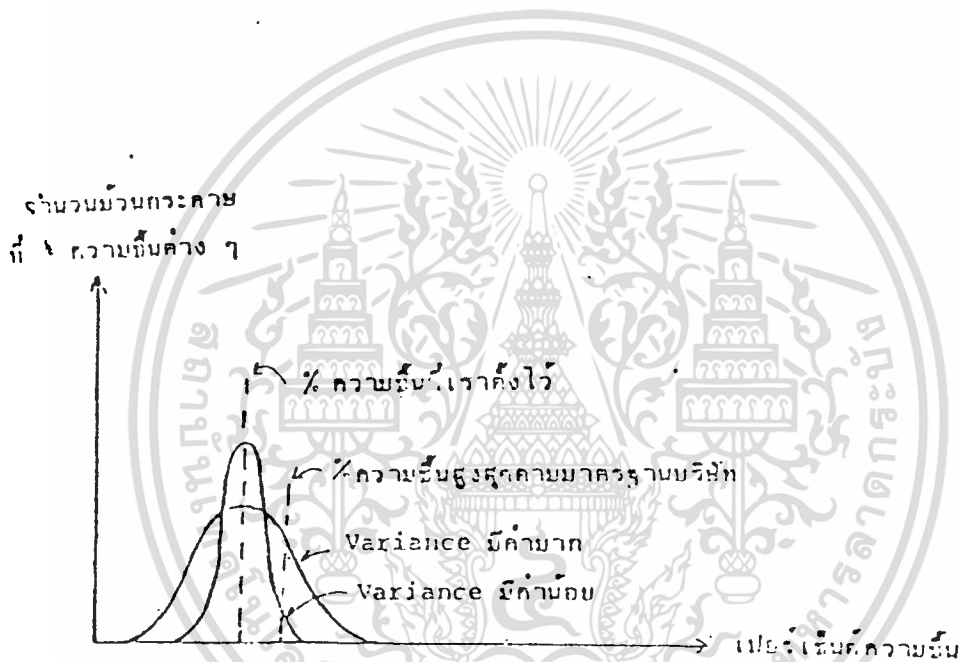
- ตัวควบคุม ทำหน้าที่คอยควบคุมระบบ
- ส่วนคำนวณและปรับตั้งพารามิเตอร์ ทำหน้าที่คำนวณหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมส่งไปปรับตั้งตัวควบคุม

การทำงานแบ่งได้เป็นสองช่วง คือ ช่วงแรกเป็นการคำนวณและปรับตั้งพารามิเตอร์ของตัวควบคุม (ช่วงนี้สัญญาณควบคุมจะมีค่าคงที่) และช่วงที่สองตัวควบคุมจะทำหน้าที่ควบคุมโพรเซส (สัญญาณควบคุมอาจเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม)

ช. Optimal Control เป็นการควบคุมที่มีเป้าหมายที่วัตถุประสงค์หลักของการผลิต คือ ถ้าไรที่ได้จากการขายผลิตภัณฑ์ การควบคุมนี้เราต้องทราบ "อะไร" เป็นตัวกำหนดกำไรและ "สิ่งนั้น" สัมพันธ์กับปริมาณที่เราวัดได้ในโพรเซสอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น ในการผลิตกระดาษ เราจำเป็นต้องควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกระดาษไม่ให้สูงกว่ามาตรฐานของบริษัท ในการผลิตกระดาษแต่ละล็อต (Lot) โอกาสที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นของกระดาษแต่ละม้วนจะเท่ากันทุกม้วนนั้นเป็นไปได้ยากมาก ถ้าเราเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนม้วนของกระดาษที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากัน (Probability Density) กับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น เรามักจะได้กราฟเป็นรูปคล้าย ๆ กับระฆังคว่ำ (Gaussian Distribution) ฐานของกราฟจะกว้างหรือแคบแสดงได้ด้วยค่า Variance ดังรูปที่ 2.10



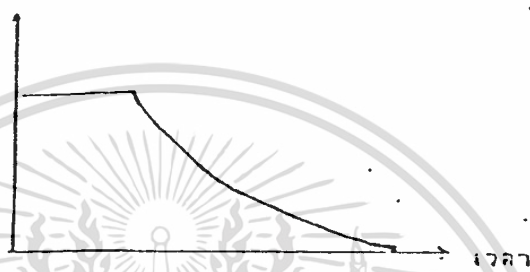
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงการกระจาย (Distribution) ของค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกระดาษแต่ละล็อต (Lot)

เพื่อที่จะลดการสูญเสีย (เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงกว่ามาตรฐาน) และประหยัดพลังงาน เราจำเป็นต้องควบคุมให้การผลิตแต่ละล็อต (Lot) มีค่า Variance ต่ำที่สุด (Minimum Variance Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างอื่น ๆ ที่เราอาจจะพบก็ได้แก่ ในการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการทำปฏิกิริยาเคมี ระหว่างสารหลายชนิดโดยมีปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราไหลของไอน้ำที่ทำให้ได้กำไรในการผลิตมากที่สุดอาจจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังรูปที่ 2.11

อัตราไหลของไอน้ำ



รูปที่ 2.11

กราฟแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราไหลของไอน้ำที่ทำให้กำไรในการผลิตสูงสุด

การทำงานของควบคุมแบบ Optimal Control จะเริ่มจากการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมในการผลิตด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ (การคำนวณนี้จะอาศัยข้อมูลและหลักการทางเศรษฐศาสตร์) แล้วค่าที่เหมาะสมที่คำนวณได้จะถูกส่งไปเป็นค่าเป้าหมายของระบบย่อยต่าง ๆ ในโรงงาน

2.2.3 การควบคุมชนิดอื่น ๆ ชนิดของการควบคุมที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเป็นการควบคุมแบบที่เราไม่สามารถจัดแบ่งโดยหลักการตามข้อ 2.2.1 และข้อ 2.2.2 ได้

1. Sequence Control (Sequential Control)

หมายถึง การควบคุมการทำงานที่ประกอบด้วยหลาย ๆ ขั้นตอนย่อย ให้ลำดับก่อนหลังของแต่ละขั้นตอนย่อยเป็นไปตามที่เรากำหนด ช่วงเวลาทำงานของแต่ละขั้นตอน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อยอาจถูกกำหนดแน่นอนหรืออาจเปลี่ยนแปลงตามสถานะการณีสถานะการณดังกล่าวทราบได้โดยอาศัยอุปกรณ์วัดที่ให้สัญญาณออกแค่สองสถานะ คือ ปิด หรือเปิด (On-Off)

ตัวอย่างการควบคุมแบบนี้เราอาจพบเห็นย่อย ๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น เครื่องซักผ้า ไฟจราจร ไฟนิออนโฆษณา ลิฟท์ ตู้ขายของแบบหยอดเหรียญ (Vending Machine) ฯลฯ ในอุตสาหกรรมการควบคุมแบบ Sequence Control จะใช้มากในงานที่มีการปิด เปิด (On-Off) อุปกรณ์ย่อย ๆ โดยที่โปรเซสจะเป็นแบบที่มีขั้นตอนการทำงานซ้ำ ๆ (Batch Process) เช่น การผสมผสานเคมี - หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ระบบขนส่งและจัดเก็บอัตโนมัติ การควบคุมแท่นกลึงอัตโนมัติ ระบบเตือนภัย ระบบ Interlock ฯลฯ นอกจากนี้เราจะพบการควบคุมแบบนี้ขณะโรงงานเริ่มเดินเครื่อง (Start-up) หรือหยุดเดินเครื่อง (Shutdown)

ตัวควบคุมสำหรับการควบคุมแบบนี้ (Sequence Controller) แรกเริ่มเดิมทีเป็นวงจรที่ประกอบด้วยรีเลย์ (Electromechanical Relays) ในยุคปัจจุบันได้มีการนำเอา Programmable Controller (ซึ่งเป็นระบบควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์) มาทำงานทดแทน

2. Computer Control หมายถึง การควบคุมที่ใช้คอมพิวเตอร์แบบดิจิทัล (Digital Computer) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม

การควบคุมแบบนี้มีข้อดีที่ ความแม่นยำ ความสามารถทำการคำนวณที่ซับซ้อน ความสะดวกในการดัดแปลงโครงสร้างของระบบควบคุม ความสามารถในการจัดการ และจัดเก็บข้อมูลจำนวนมาก ๆ ฯลฯ

ยุคก่อนที่เราจะนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานควบคุม การควบคุมทางอุตสาหกรรม มักถูกจำกัดให้ใช้การควบคุมแบบป้อนกลับแบบง่าย ๆ การนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานในยุคปัจจุบันทำให้เราสามารถทำการควบคุมแบบซับซ้อนได้สะดวกยิ่งขึ้น จนอาจจะกล่าวได้ว่า "การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้งาน เป็นอีกก้าวหนึ่งในการพัฒนาระบบควบคุมทางอุตสาหกรรม"

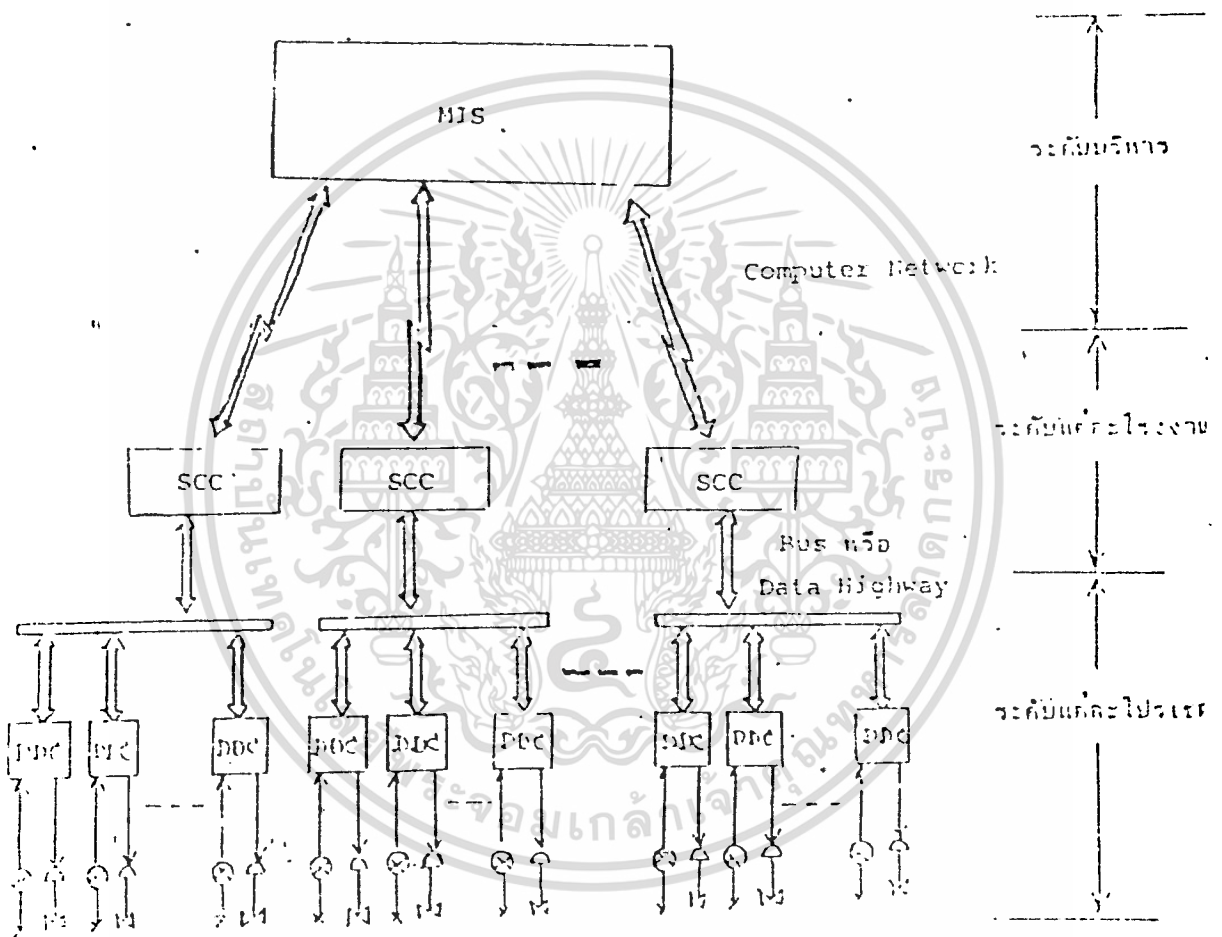
ลักษณะการนำคอมพิวเตอร์มาใช้งาน พอจะแบ่งได้เป็นสองประเภท ดังนี้

ก. คอมพิวเตอร์ในการควบคุมแบบต่อเนื่อง (Continuous Control) ซึ่งหมายถึง การควบคุมแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วในข้อ 2.2.1 และข้อ 2.2.2.

แรกเริ่มเดิมทีคอมพิวเตอร์มักจะถูกใช้งานเป็นตัวช่วยการทำงานของพนักงาน (Operator) หรือเป็นตัวกำหนดค่าเป้าหมายให้ตัวควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Controller) ลักษณะการทำงานแบบนี้เราเรียกว่า "Supervisory Computer Control (SCC)" ต่อมาราว ปี ค.ศ. 1962 ได้มีการใช้คอมพิวเตอร์ทำงานแทนตัวควบคุมแบบอนาล็อก โดยที่คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการควบคุมโดยตรง ลักษณะการทำงานแบบนี้เราเรียกว่า "Direct Digital Control (DDC)"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

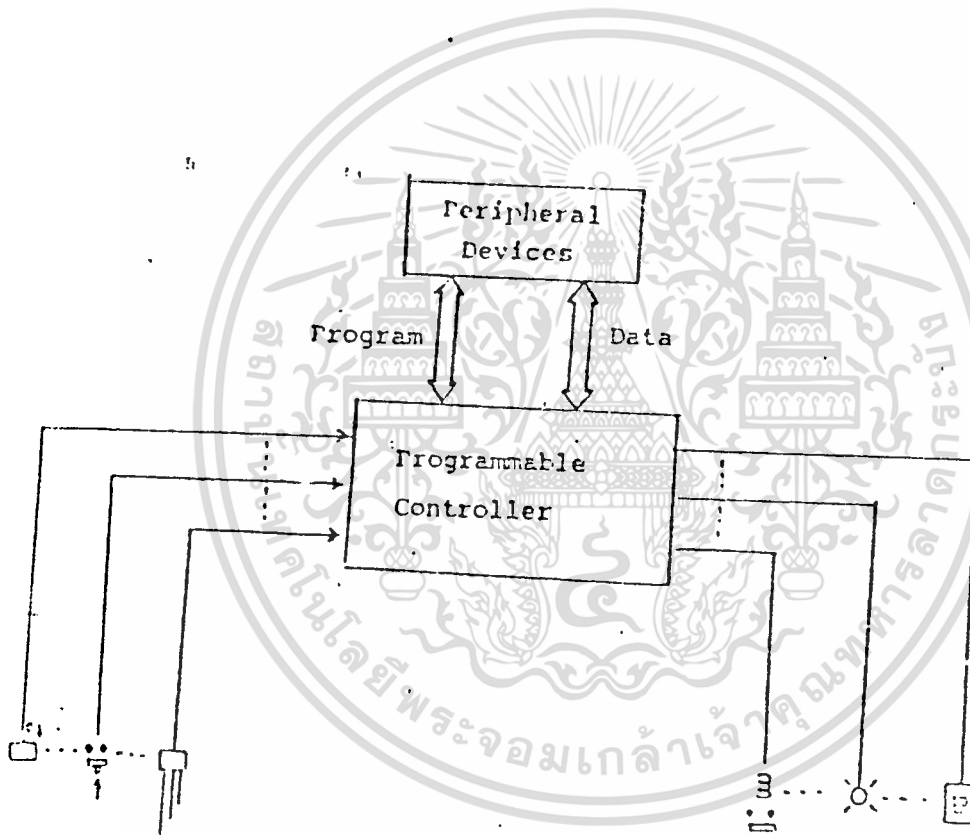
ในโรงงานใหญ่ ๆ อาจจะมีการนำเอา DDC และ SCC ทำ
งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่อีกตัว ซึ่งทำหน้าที่จัดการข้อมูลทางด้านบริหาร
"Management Information System (MIS)" ระบบควบคุมแบบนี้เราเรียกว่า
"ระบบควบคุมแบบตามลำดับชั้น" (Hierarchical Control System)



รูปที่ ๒.๑๒ การควบคุมโรงงานแบบตามลำดับชั้น (Hierarchical Control System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คอมพิวเตอร์ใช้ในการควบคุมแบบ Sequence ในยุคต้น ๆ การควบคุมแบบ Sequence Control ใช้วงจรรีเลย์ (Electromechanical Relays) เป็นตัวควบคุม ต่อมาราวปี ค.ศ.1977 ได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาทำงานแทนวงจรรีเลย์ คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานควบคุมแบบนี้มักจะเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Microcomputer) และเราเรียกชื่อว่า Programmable Controller หรือ Programmable Logic Controller หรือ Programmable Sequence Controller



Input Device:

It Switch Pushbutton Level Sensor etc.

Output Device :

Relay Contactor Lamp 7 Segment etc.

รูปที่ 2.13 การควบคุมแบบ Sequence Control โดย Programmable Controller

หมายเหตุ โดยทั่ว ๆ ไป ถ้าพูดถึง Digital Controller (DC) จะหมายถึง คอมพิวเตอร์แบบดิจิทัลซึ่งใช้ในงานควบคุมแบบต่อเนื่อง (Continuous Control) เป็นงานหลัก ถ้าจะพูดถึงคอมพิวเตอร์แบบดิจิทัลที่ใช้ในงานควบคุมแบบ Sequence เป็นงานหลัก จะใช้คำว่า Programmable Logic Controller (PLC)

Digital Controller บางเครื่องอาจจะสามารถทำงานควบคุมแบบ Sequence ได้ และ Programmable Controller บางตัวก็อาจจะมีส่วนที่ทำงานควบคุมแบบต่อเนื่องได้ ถึงอย่างไรก็ตาม งานควบคุมเหล่านี้จะเป็นเพียง งานรอง

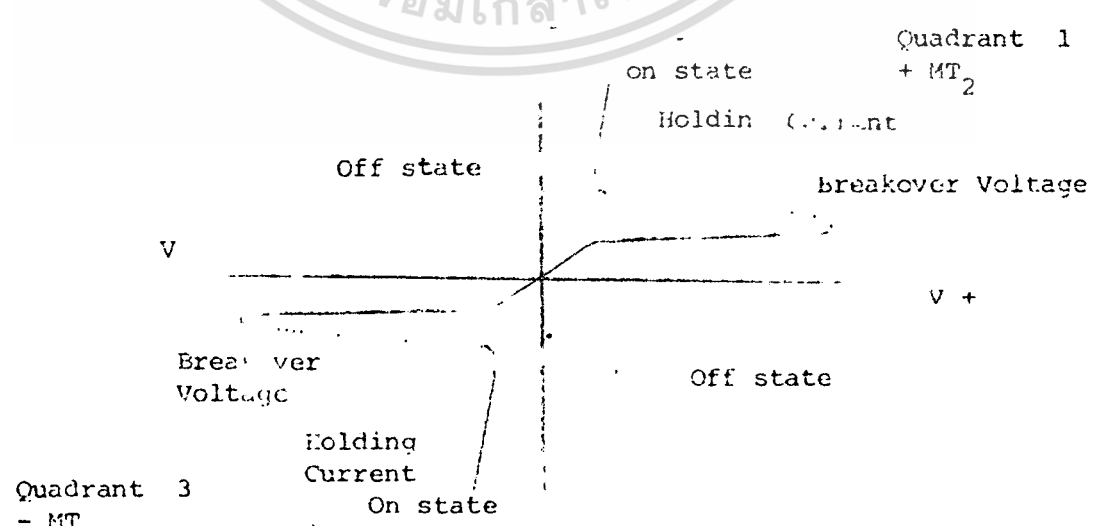


2.3 การควบคุมกำลังไฟฟ้าด้วย TRIAC

Triac เป็นอุปกรณ์ซึ่งยอมให้กระแสไหลกลับ (Bidirectional triode) ได้ในขณะที่ SCR นั้นยินยอมให้กระแสไหลผ่านตัวมันได้เพียง 1 ทิศทางเท่านั้น โดยมันจะไม่ยอมให้กระแสไหลย้อนกลับตามเส้นทางเดิม ดังนั้นแล้วก็ดูเหมือนว่า Triac นั้นก็คือ SCR ที่นำมาขนานกัน แต่กลับหัวกลับหางกันอยู่ ดังนั้นสัญลักษณ์ของ Triac จึงส่วนคล้ายกับที่กล่าวถึง



นั้นมีความสัมพันธ์ระหว่างคักดาและกระแสระหว่างขา MT 1 และ MT2 (Characteristic curve) ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 Characteristic Curve off TRIAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและศักดาของ Triac ในรูปที่ 2.16 นั้นเป็นการวัดที่ขา MT 2 เทียบกับขา MT1 จะเห็นว่าใน Quadrant ที่ 1 นั้นรูปกราฟมีลักษณะเช่นเดียวกับ SCR กล่าวคือหากที่ขา MT2 ได้รับการป้อนศักดาบวก ($V+$) เทียบกับขา MT1 เราจะได้สังเกตเห็นว่าจากจุด Origin นั้น ตัว Triac จะยังไม่นำกระแสคือยังอยู่ในช่วงของ off state Triac จะต้องได้รับการกระตุ้นที่ขา gate (G) ให้ศักดาคร่อมตัว Triac มีค่าเพิ่มขึ้นโดยวิธีการป้อนกระแสกระตุ้นที่ขา G กระแสที่จ่ายเข้าที่ขา gate นี้จะนำไปให้กระแสไหลระหว่างขา MT2 และ MT1 มากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะทำให้ศักดาตกคร่อมขา MT2 และ MT1 ของ Triac ค่อย ๆ มีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ โดยที่สภาวะนี้ Triac ก็ยังไม่นำกระแส ยังคงอยู่ในภาวะ off state ต่อเมื่อศักดาตกคร่อม MT2 และ MT1 มีค่ามากขึ้นจนถึงศักดาที่เรียกว่า Break Over Voltage จุดนี้จะเป็นจุดที่ Triac เกิดกระแสไหลมากขึ้นโดยฉับพลัน ก็จะทำให้ศักดาตกคร่อม MT2 และ MT1 ลดค่าลงอย่างรวดเร็ว ตามเส้นประใน Quadrant ที่ 1 ของรูปที่ 2 กระแสที่เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันนี้มีค่าถึงขนาดหนึ่งที่เราเรียกว่า Holding Current ณ จุดนี้จะถือเป็นจุดเริ่มต้นของการนำกระแสของ Triac ซึ่งกระแสจะไหลได้เป็นจำนวนมาก ในขณะที่ศักดาตกคร่อมตัว Triac มีค่าต่ำมาก ๆ ซึ่งมีสภาพประหนึ่งเป็น switch ปิด-เปิด ไฟฟ้า นั้นเอง

และในทางกลับกันใน Quadrant ที่ 3 นั้น เป็นการป้อนศักดาบวกให้กับ MT1 หรือ เมื่อวัดที่ MT2 เทียบกับ MT1 และศักดาตกคร่อม MT2 และ MT2 จะมีค่าเป็นลบ ซึ่งการกระตุ้นให้เกิดการนำกระแสก็มีไหลดังเช่นที่กล่าวไว้ข้างต้นของ Quadrant ที่ 1 ความสามารถในการทำกระแสของ Triac (รวมทั้ง SCR ด้วย) นั้นมันจะนำกระแสได้มากน้อยเท่าใดนั้นอยู่กับความทนต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากพลังงานสูญเสียที่แผ่กระจาย ออกมาสู่บรรยากาศในรูปของความร้อน โดยกำลังงานที่สูญเสียออกมาในรูปของความร้อนจะมีค่าเป็น

P	$= I_u V_u$	Watt
I_u	$=$ กระแสที่ไหลผ่าน Triac	ขณะนำกระแส
V_u	$=$ คัดดาตกคร่อม Triac	ขณะนำกระแส

ดังนั้น การเลือกใช้ Triac (หรือ SCR) นั้นหากเลือกใช้ Triac ที่ต้องนำกระแสจำนวนมาก ก็จำเป็นจะต้องนำตัวระบายความร้อน (Heat sink) มาช่วยในการระบายความร้อนจากตัว Triac (SCR) ออกสู่บรรยากาศด้วย มิฉะนั้นความร้อนที่เพิ่มขึ้นและสะสมอยู่ที่ตัว Triac จะทำให้ Triac ไหม้ชำรุดเสียหายได้จึงต้องระมัดระวังในเรื่องนี้

การกระตุ้นให้ Triac ทำหน้าที่นำกระแส

Triac นั้นอาจจะดูเสมือนกับ SCR 2 ตัว ที่นำมาขนานกันอย่างกลับหัวกลับหางก็ตาม แต่ในโครงสร้างของมันจริง ๆ แล้ว มิได้มีคุณสมบัติดังเช่น SCR 2 ตัว ที่ขนานกันอย่างกลับหัวกลับหาง ดังนั้นการกระตุ้นให้ Triac ทำหน้าที่นำกระแสจึงมีข้อแตกต่างไปจาก SCR กล่าวคือการกระตุ้นให้ Triac ทำหน้าที่นำกระแส นั้นปรากฏขึ้นได้ 4 วิธีดังนี้ คือ

- 1) แบบ I+ เมื่อ MT2 มีศักดาเป็นบวก (เทียบกับ MT1) และ G มีศักดากระตุ้นเป็นบวก

ในแบบ I+ (I = Quadrant ที่ 1) นี้ การนำกระแสของจะเป็นไปตามรูปกราฟในรูปที่ 1f นั่นคือ กระแสจะไหลจากขา MT2 ของ Triac ผ่านไปยัง MT1 การกระตุ้นแบบ I+ นี้ จากการกระตุ้นที่ทำให้ Triac นำกระแสได้รวดเร็วที่สุด กล่าวคือกระแสกระตุ้นที่ gate นั้นมีจำนวนน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) แบบ I- เมื่อ MT2 มีศักดาเป็นบวก
G มีศักดากระตุ้นเป็นลบ

ในแบบ I- นี้ Triac จะนำกระแสได้ตั้ง Quadrant ที่ 1 ในรูปกราฟที่ 11 คล้าย ๆ กับแบบ I+ แต่ความไวของ Triac ในการนำกระแส นั้นมีค่าน้อยกว่าแบบ I+ โดยที่กระแสกระตุ้นที่ gate จะมีค่ามากกว่าแบบ I+ ประมาณ 2 เท่า

- 3) แบบ III+ เมื่อ MT2 มีศักดาเป็นลบ (เทียบ กับ MT1)
G มีศักดากระตุ้นเป็นบวก

แบบ III+ นี้ (Quadrant ที่ 3) นี้การนำกระแสจะเป็นไปตามกราฟรูปที่ 11 นั่นคือจะมีกระแสไหลจาก MT1 ย้อนไปยัง MT2 การกระตุ้นแบบ III+ จะมีความไวที่น้อยที่สุด กล่าวคือจะต้องใช้กระแสกระตุ้นเป็นจำนวนประมาณ 3 เท่าของแบบ I+

- 4) แบบ III- เมื่อ MT2 มีศักดาเป็นลบ
G มีศักดากระตุ้นเป็นลบ

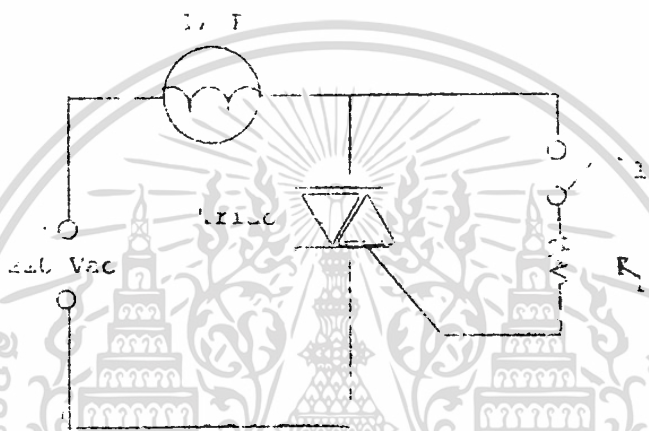
แบบ III- นี้ จะนำกระแสได้เช่นเดียวกับแบบ III+ เล็กน้อยแต่น้อยกว่าแบบ III+ โดยปกติแล้วเราพยายามออกแบบให้การกระตุ้นตกอยู่เฉพาะในแบบ I+ และ III- เท่านั้น แต่ทั้งนี้ก็อาจจะไม่จำเป็นเสมอไป

ในแง่ของการหยุดนำกระแส นั้น Triac มีลักษณะเช่นเดียวกับ SCR กล่าวคือ หากกระแสที่ไหลผ่านระหว่าง MT2 และ MT2 มีค่าน้อยกว่า Holding Current แล้ว Triac ก็หยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำ Triac ไปใช้งานในลักษณะสวิตช์ ปิด-เปิด

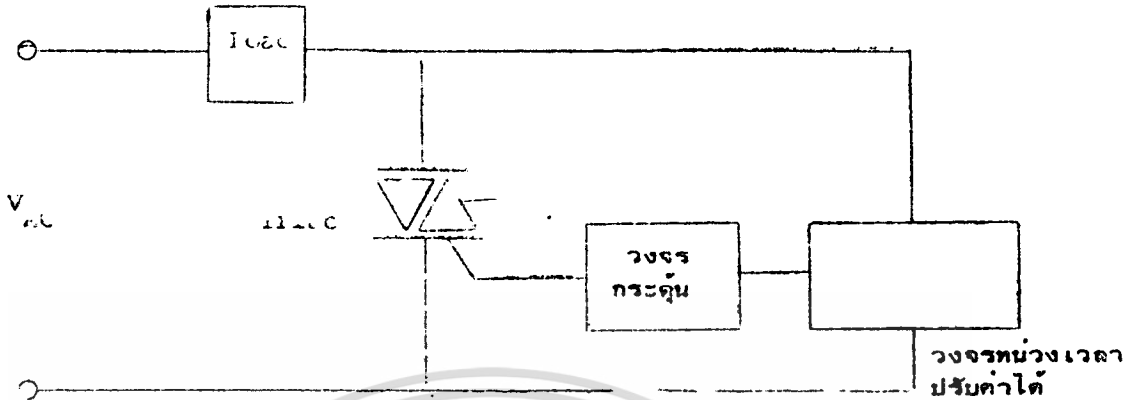
ในรูปที่ 2.17 เป็นวงจรซึ่งอาศัย Triac ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ปิด-เปิด เมื่อสวิตช์ S_1 เปิดอยู่จะไม่มีกระแสกระตุ้น Triac จะไม่ทำหน้าที่นำกระแส แต่หาก S_1 ปิด ในช่วงเริ่มต้นของครึ่งบวกหรือครึ่งลบของไฟ AC กระแสจะไหลผ่านหลอดไฟและ R_1 ไปกระตุ้น Triac ในเสี้ยววินาทีถัดมา Triac จะเริ่มทำหน้าที่นำกระแสหลอดจะสว่างขึ้น



รูปที่ 2.17 Triac ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ปิด-เปิด

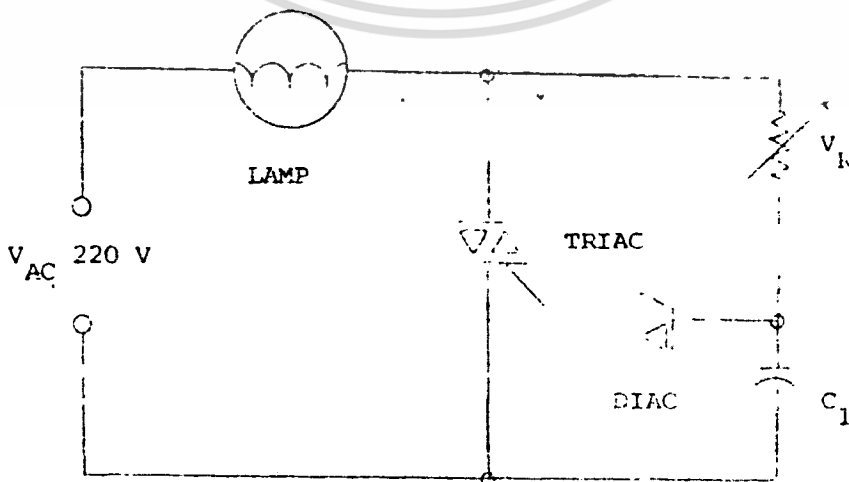
ลักษณะเช่นนี้ Triac จะได้รับการกระตุ้นในแบบของ I+ และ III- ข้อ ลำคั่งที่ต้องพิจารณาสำหรับวงจรนี้คือ ตัว R_1 นี้จะต้องมีน้อยพอที่จะจ่ายกระแสกระตุ้นให้ได้ทันทีที่สวิตช์ S_1 ปิด แต่ในขณะเดียวกันนั้น R_1 จะต้องเปิดตัวจำกัดกระแสที่เพิ่มอย่างฉับพลัน (peak current) ในขณะที่ยิบ S_1 ด้วย

การนำ Triac มาใช้ควบคุมกำลังไฟโดยอาศัยการหน่วงเวลาการกระตุ้น



รูปที่ 2.18

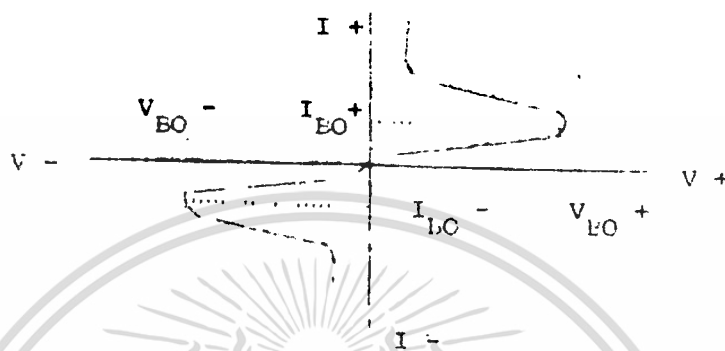
ในรูปที่ 2.18 นั้นแสดงแนวทางการควบคุมกำลังไฟโดยอาศัยวงจรหน่วงเวลาช่วยในการกระตุ้น Triac โดยที่อุปกรณ์ต้องการได้รับการควบคุมกระแส (Load) นั้นอนุกรมอยู่กับ Triac สัญญาณกระตุ้นนั้นได้จากการนำสัญญาณจาก MT2 ของ Triac ไปเข้าวงจรหน่วงเวลาปรับค่าได้ (phase delay Network) แล้วผ่านไปยังตัวสร้างสัญญาณกระตุ้น ส่งไปยังขา gate ของ Triac วงจรหน่วงเวลานั้นสามารถปรับเวลาโดยคิดเป็นมุมของสัญญาณได้ระหว่าง 0 องศา ถึง 180 องศา ซึ่งปกติจะใช้วงจร RC ส่วนตัวสร้างสัญญาณกระตุ้นนั้นมักจะใช้ DIAC ดังในรูปที่ 2.19 (Triac บางชนิดจะมี DIAC ประกอบอยู่ด้วยในตัวเดียวกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.19

DIAC นั้นเป็นอุปกรณ์กึ่งตัวนำ ที่มีโครงสร้างเช่นเดียวกับ Transistor ที่ไม่ได้ต่อขา Base ออกมาและรอยต่อทั้ง 2 ได้รับการแพร่สารเจือให้มีความหนาแน่นประมาณเท่า ๆ กัน ลักษณะของการแพร่สารเจือ เช่นนี้ DIAC มีคุณสมบัติ ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 Voltage-Current characteristic of DIAC

โดยที่หากคักคาคร่อมตัว DIAC มีค่ามากกว่าขนาดของ V_{BO} ทั้งทางด้านบวกและลบ DIAC จะทำหน้าที่นำกระแส ดังนั้นเมื่อนำมาประกอบกับวงจร RC ก็จะได้สัญญาณกระตุ้นตัว Triac ได้ทั้งแบบ I+ และ III- ดังรูปที่ 14

นอกจากนี้ตัวสร้างสัญญาณกระตุ้นอาจจะใช้อุปกรณ์ชนิดอื่นก็ได้ เช่นหลอด Neon, UJT, SUS ฯลฯ

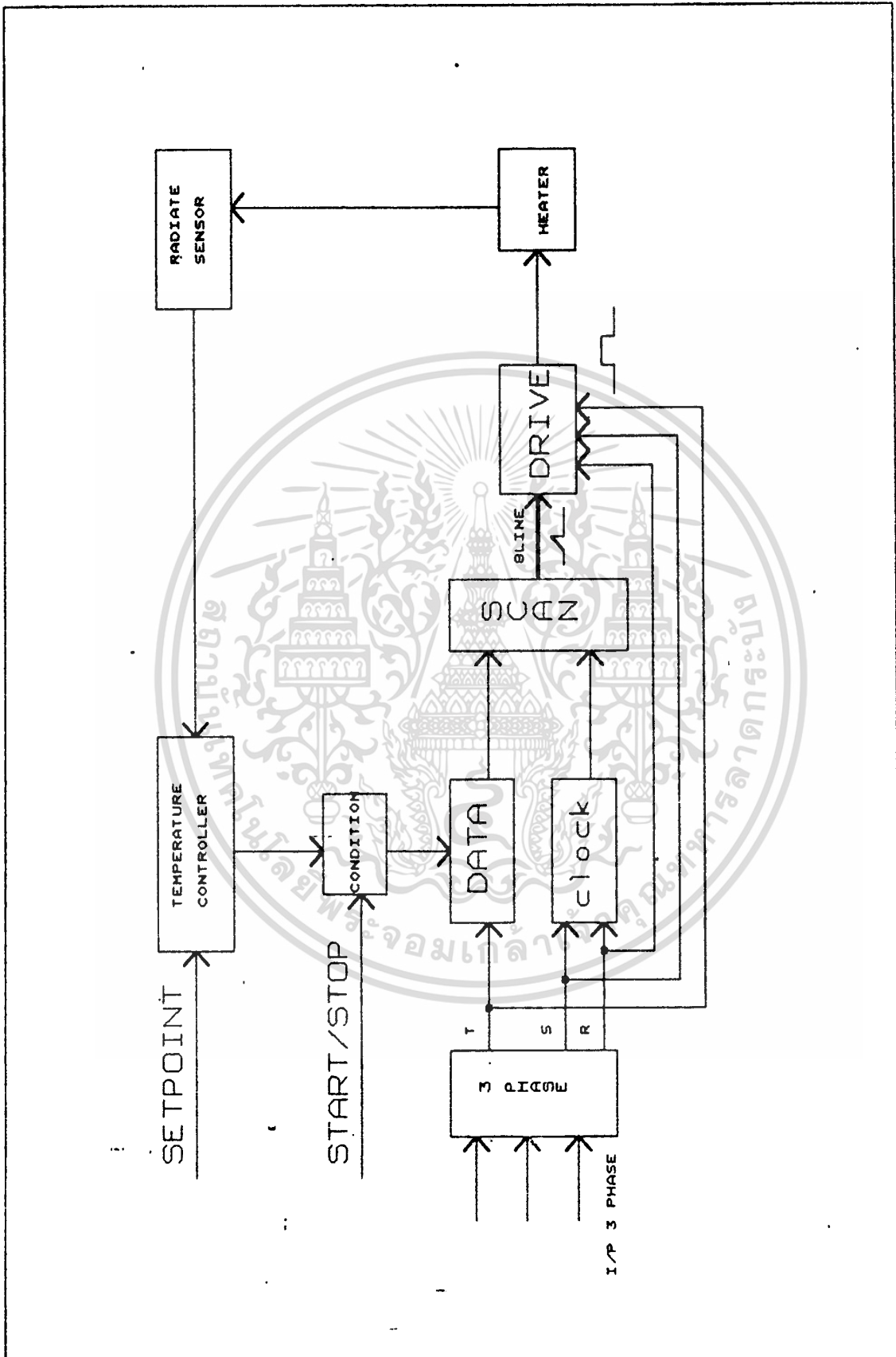
บทที่ 3

การควบคุมตัวทำความร้อน

จากการศึกษา การควบคุมอุณหภูมิที่ใช้อยู่กันโดยปกติทั่วไปนั้น ซึ่งจะพบความยุ่งยากลำบากในการใช้งานอยู่มาก ดังนั้น ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาถึงการควบคุมความร้อนในอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า 3 "Phase Infrared Heater Scanning Controller" ซึ่งมีหลักการ การทำงานคร่าว ๆ ประกอบด้วย ส่วนรับสัญญาณไฟ 3 ผ เข้ามาเพื่อทำการแปลงให้เป็นสัญญาณควบคุม และส่วนที่เป็นสัญญาณ SCAN โดยจะทำการนำสัญญาณทั้ง 2 นี้มา SYNCHRONOUS กัน เพื่อควบคุมให้ HEATER ทำงาน

ซึ่งการมีสัญญาณ SCAN นี้ จะช่วยทำให้เกิดการประหยัดพลังงานด้วย คือ HEATER จะมีการผลัดกันทำงานทีละชุดเป็นรอบ ๆ ด้วยความเร็วในการ SCAN ที่เร็วพอจะทำให้เกิดความร้อนได้สม่ำเสมอ (แทนที่จะต้องให้ HEATER ทำงานตลอดเวลา) รวมทั้งยังช่วยทำให้เกิดการสะสมพลังงานที่ขึ้นงานเพิ่มขึ้นทีละน้อยช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดการ OVERHEAT

และข้อดีที่สำคัญ คือ ในกรณีที่ขึ้นงานมีรูปทรงแบบเดียวกัน แต่มีความหนาบางไม่เท่ากัน การให้ความร้อนที่แต่ละจุดจะถูกเพิ่มขึ้นหรือลดลง เป็นอัตราส่วนเดียวกัน ซึ่งการควบคุมแบบ TEMPERATURE CONTROLLER จะต้องทำการปรับค่า SETPOINT ที่ทุก ๆ จุดใหม่หมด เพราะการควบคุมจะเป็นแบบจุด ดังนั้น การควบคุมแบบที่ศึกษานี้จะทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานขึ้นมาก การทำงานหลัก ๆ ในการควบคุมนี้จะเป็นดังแสดงในรูปที่ 3.1



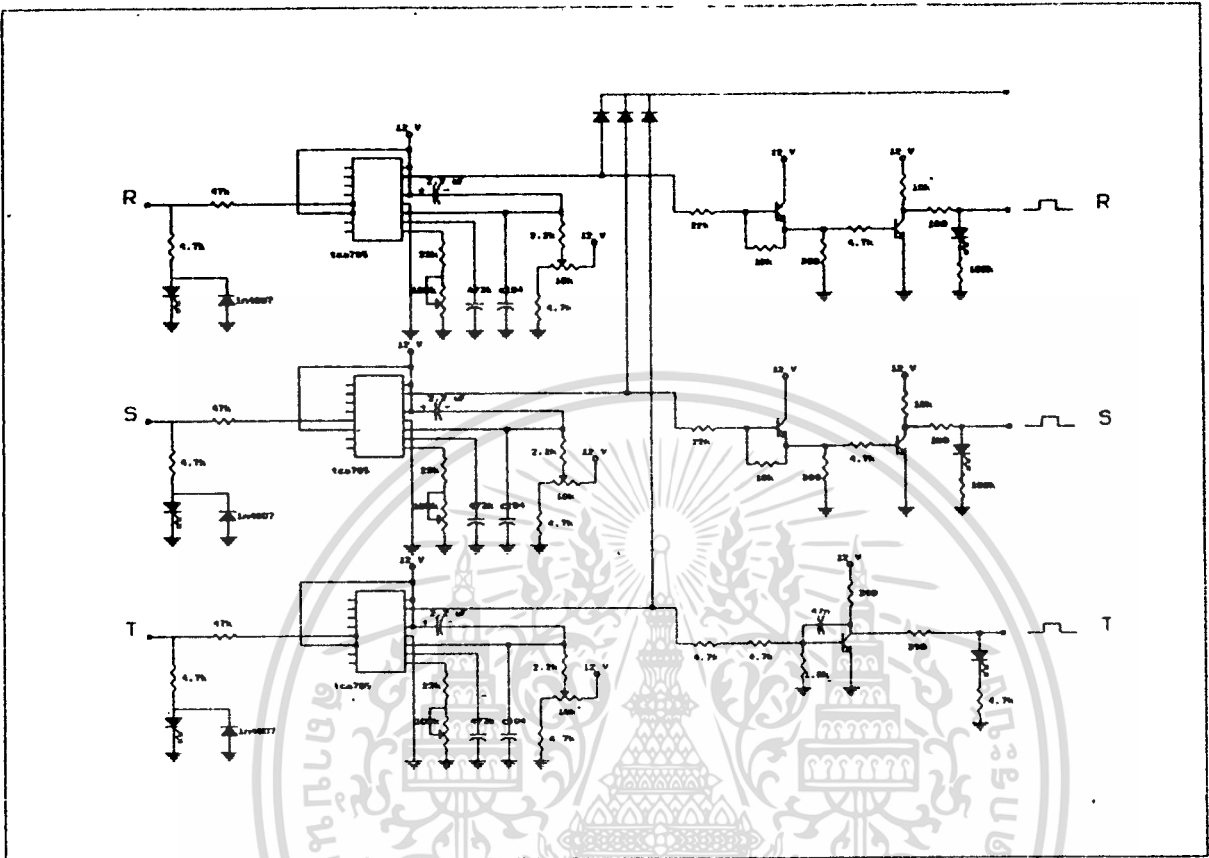
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.1 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญของวงจรควบคุม มีดังนี้

3.1 วงจรสร้างสัญญาณ ควบคุม

ส่วนสร้างสัญญาณควบคุมนี้จะเป็นการใช้หลักการของการควบคุมเฟส (PHASE CONTROL) ซึ่งในที่นี้ใช้ IC เบอร์ TCA 785 ทำการแปลงสัญญาณรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) ทั้ง 3 เฟส ให้เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (PULSE) เพื่อนำไปใช้เป็น "สัญญาณควบคุม" (Control Signal) ซึ่งมีวงจรแสดงในรูปที่ 3.2

จากวงจрдังรูปที่ 3.2 จะเห็นว่า LED จะเป็นตัวแสดงสถานะว่า ขณะนั้นได้มีสัญญาณ Sine Wave เข้ามาแล้วครบทั้ง 3 เฟส จากนั้นสัญญาณ Sine Wave จะผ่านเข้าไปใน TCA 85 โดยที่ TCA 785 จะทำการนำสัญญาณ Sine Wave ที่เข้ามาในเปรียบเทียบกับสัญญาณควบคุมแรงดัน (Control Voltage Signal) โดยมีความต้านทานแบบปรับค่าได้ (Variable Resistance : VR) เพื่อเลือกมุมในการแทรก (trig) - ซึ่งจะได้เป็นสัญญาณเอาต์พุต (Output Signal) โดยสัญญาณที่ได้ออกมา นี้ จะถูกนำไปเป็นสัญญาณควบคุมต่อไป



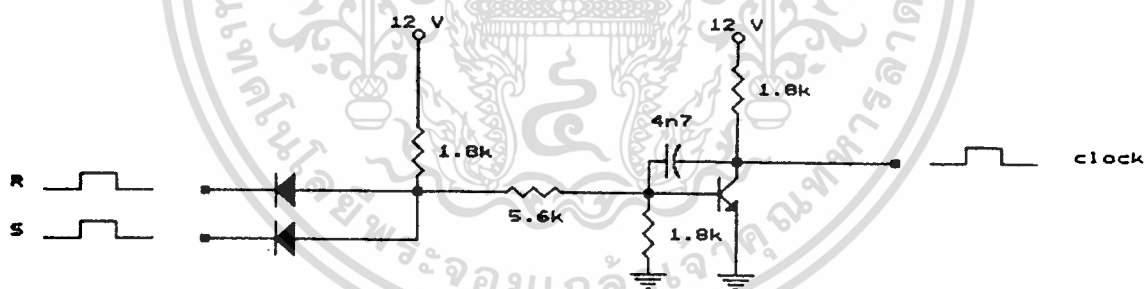
รูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock Signal)

จากสัญญาณควบคุมที่ได้จาก TCA 785 ซึ่งมีทั้งหมด 3 เฟส นั้น เราจะนำมาใช้งานเพียง 2 เฟส เพื่อใช้ในการสร้างเป็น "สัญญาณนาฬิกา" โดยจะทำการรวมสัญญาณทั้ง 2 เฟส นี้เข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้เกิดความเป็น 2 เท่าของสัญญาณควบคุมโดยมีวงจรที่ใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

จากวงจรในรูปที่ 3.2 เราจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC 237 เป็นตัวรับสัญญาณควบคุม 2 เฟส ที่ได้รวมกันแล้วนั้น มาสร้างเป็นสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งก็คือ สัญญาณนาฬิกาที่จะนำไปใช้ในการสแกนต่อไป



รูปที่ 3.3

3.3 วงจรสร้างสัญญาณข้อมูล (DATA Signal)

จากสัญญาณควบคุมที่ได้จาก TCA 785 ซึ่งมีทั้งหมด 3 เฟส จะเหลืออีก 1 เฟส ซึ่งจะถูกนำมาใช้เพื่อสร้างเป็นสัญญาณข้อมูล เพื่อใช้ในการสแกน ดังแสดงในรูปที่ 3.4

3.3.1 หลักการทํางาน

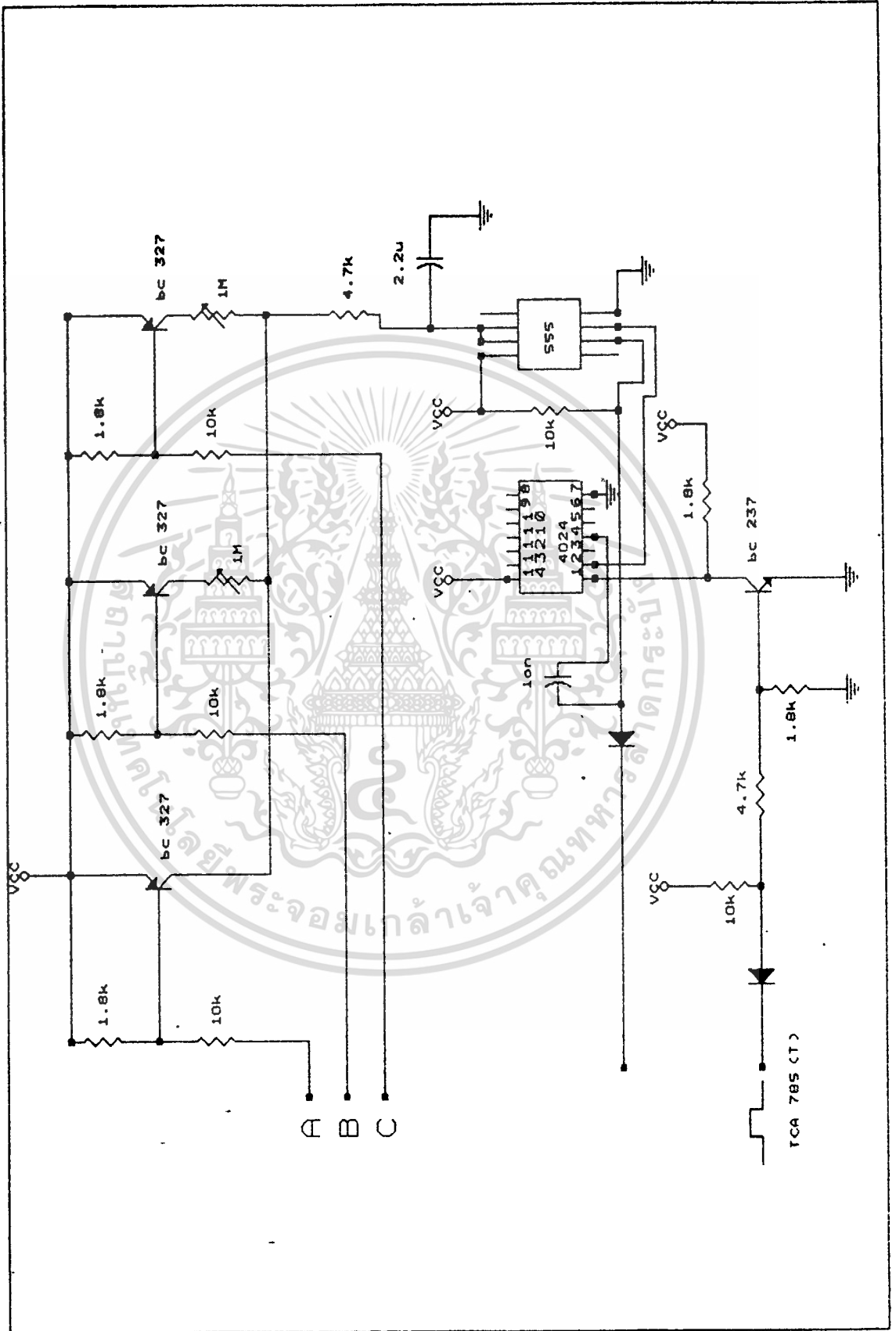
จากรูปที่ 3.4 สัญญาณควบคุมเฟส T จะผ่านทรานซิสเตอร์ BC 237 เพื่อสร้างเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ IC เบอร์ 4024 ซึ่งเป็น IC ประเภท "SEVEN STAGE RIPPLE COUNTER" ซึ่งหลักการทํางานของ 4024 นี้ จะนำสัญญาณนาฬิกามาทำการนับเพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุต ตามจำนวนพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาที่นับได้ โดยสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีทั้งหมด 7 แบบ คือ ทุก ๆ 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 พัลส์ ซึ่งในที่นี้เราจะเลือกใช้เอาต์พุตทุก ๆ 64 พัลส์ ซึ่งขณะที่ 4024 ทํางานนี้ ขารีเซ็ต (RESET) จะต้องมีสถานะเป็นศูนย์ และถ้าขารีเซ็ตมีสถานะเป็น 12 โวลต์ จะเป็นการเริ่มนับสัญญาณนาฬิกาใหม่อีกครั้งหนึ่ง

จากสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จาก 4024 นี้จะนำไปเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ IC เบอร์ 555 ซึ่งในที่นี้จะให้ 555 ทํางานแบบโมโนสเตเบิล (Monostable) โดยเอาต์พุตที่ได้จะนำไปเป็นสัญญาณข้อมูลให้กับวงจรแกนต่อไป

3.3.2 การเลือกขนาดของสัญญาณข้อมูล

จากวงจรในรูปที่ 3.4 จะเห็นว่า IC 555 จะมีความต้านทานแบบปรับค่าได้ต่ออยู่ 2 ตัว ซึ่งจะถูกใช้ในการกำหนดขนาดของสัญญาณข้อมูล โดยที่การปรับขนาดของสัญญาณข้อมูลนั้นจะกระทำได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับสัญญาณ A, B และ C ที่เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่รูปที่ 3.4 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่เงื่อนไขของสัญญาณ A, B และ C นั้นจะเป็นดังต่อไปนี้

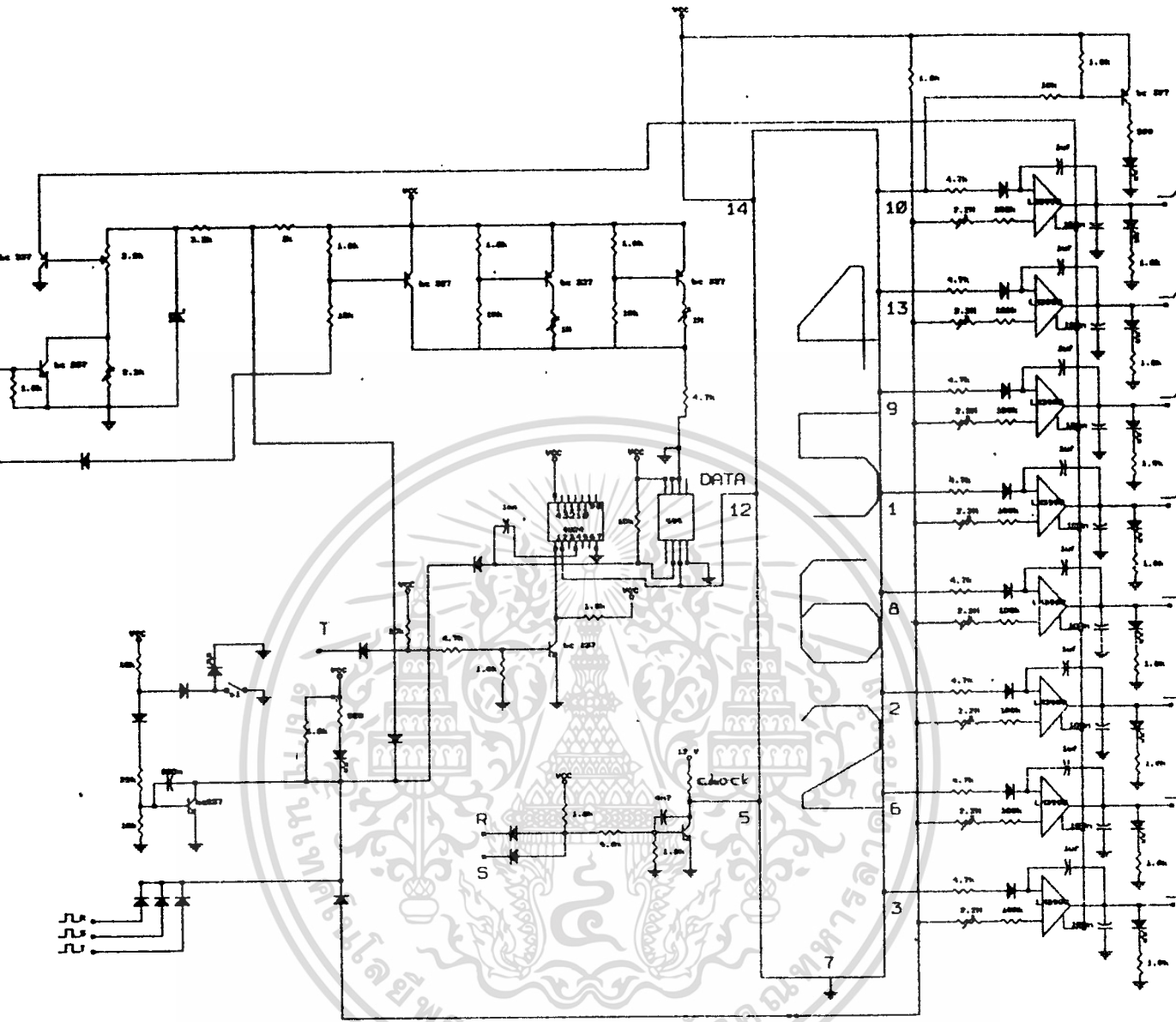
โวลท์			การปรับขนาดข้อมูล			
			RB		RC	
A	B	C	ปรับค่า	ปรับไม่ได้	ปรับได้	ปรับไม่ได้
1	0	0	✓		✓	
1	0	1	✓			✓
1	1	0		✓	✓	
1	1	1		✓		✓
0	1	1		✓		✓
0	1	0		✓		✓
0	0	1		✓		✓
0	0	0		✓		✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรสร้างสัญญาณสแกน

วงจรมีจะเป็นการนำสัญญาณที่ได้จากวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาและวงจรสร้างสัญญาณข้อมูลเข้ามาผ่านวงจรชิฟท์รีจิสเตอร์ (Shift Register) ซึ่งจะได้เป็นสัญญาณเอาต์พุต แล้วนำเอาสัญญาณเอาต์พุตนี้ไปเข้าวงจรออปแอมป์ (Op-Amp) โดยสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรมีก็คือ "สัญญาณสแกน" (SCAN Signal) โดยมีวงจรแสดงดังรูปที่ 3.5

จากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าสัญญาณนาฬิกาและสัญญาณข้อมูลจะผ่านไปยัง IC เบอร์ 4562 ซึ่งเป็น IC ประเภท "128 BIT STATIC SHIFT REGISTER" โดยมีหลักการทำงานคร่าว ๆ คือ การให้สัญญาณเอาต์พุตออกมานั้นจะเป็นไปตามจำนวนสัญญาณนาฬิกาที่นับได้ ซึ่งจะให้อาต์พุตทั้งหมด 8 แบบ คือ จะให้อาต์พุตทุก ๆ 16, 32, 48, 64, 80, 96, 112 และ 128 บิต หลังจากนั้นจะนำเอาต์พุตที่ได้นี้ไปผ่านวงจรออปแอมป์ ซึ่งในที่นี้ใช้ IC เบอร์ LM3900 โดยเอาต์พุตที่ออกจาก LM3900 ประกอบอยู่เพื่อใช้ในการแสดงสถานะของเอาต์พุตทุก ๆ รอบ (Cycle) ของการสแกน

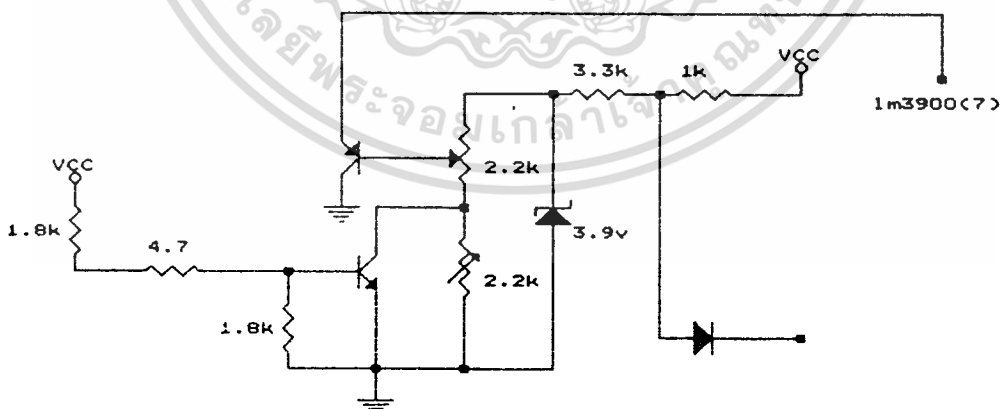


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.5
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรยกยัดสัญญาณสแกน

เป็นวงจรที่ใช้ในการปรับอัตราส่วนของความร้อนที่ตัวทำความร้อน ให้สามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลง ได้ทุก ๆ ชุดพร้อม ๆ กัน เมื่อชิ้นงานมีคุณสมบัติของความหนา-บางต่าง ๆ กัน แต่มีรูปทรงแบบเดียวกัน การปรับค่าจะกระทำได้จาก การปรับค่าของตัวความต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งแสดงวงจрдังรูปที่ 3.6

จากรูปที่ 3.6 จะเห็นว่ามีการต่อขา 7 ของ LM3900 เข้ากับ ขาอิมิตเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ BC327 โดยที่ขา 7 ของ LM3900 นี้ จะเป็น ขาอ้างอิง (REFERENCE) ของสัญญาณเอาต์พุตที่ใช้เป็นสัญญาณสแกน ถ้าสัญญาณ อ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลงระดับก็จะมีผลทำให้สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ในการสแกนเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยที่การเปลี่ยนแปลงสัญญาณอ้างอิงจะกระทำได้โดยการปรับค่า ของตัวความต้านทานปรับค่าได้



รูปที่ 3.6

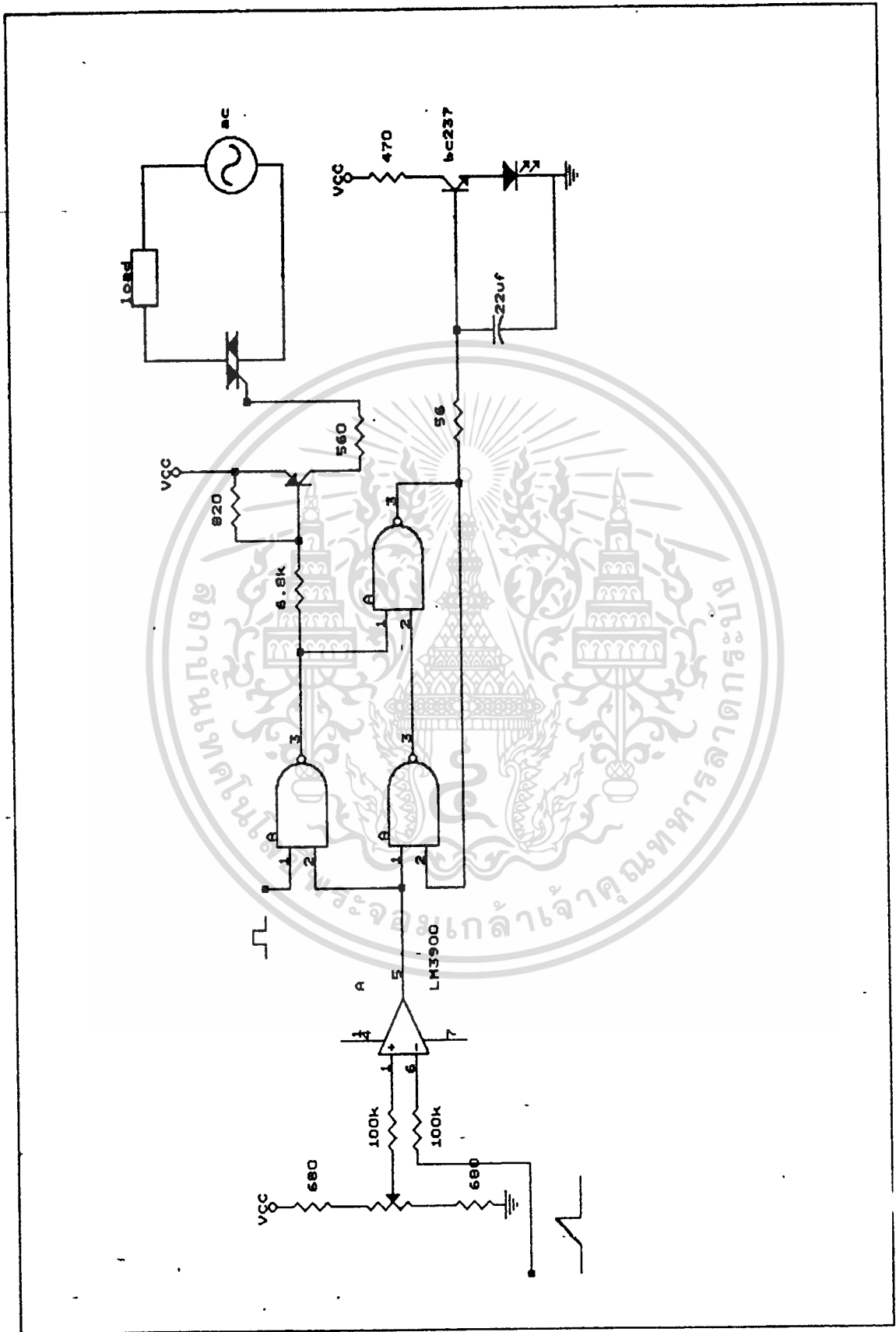
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรขับตัวทำความร้อน (DRIVE HEATER CIRCUIT)

เป็นวงจรที่นำสัญญาณควบคุม และสัญญาณเสกนมารวมกัน โดยผ่านวงจรรวมแพเรเตอร์ (Comparator) ซึ่งจะได้สัญญาณเอาต์พุตที่นำไปควบคุมไตรแอก (Triac) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ปิด-เปิด ให้ไป ปิด-เปิด ตัวทำความร้อนตามสัญญาณควบคุมและสัญญาณเสกนที่เข้ามา โดยที่สัญญาณทั้งสองจะต้องเข้ามาพร้อม ๆ กันตัวทำความร้อนจึงจะทำงาน ซึ่งมีวงจรดังรูปที่ 3.7

จากรูปที่ 3.7 จะเป็นการนำสัญญาณควบคุม และสัญญาณ SCAN มารวมกัน โดยสัญญาณ SCAN จะถูกนำไปผ่านวงจรรวม COMPARATOR เมื่อได้สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรรวม COMPARATOR แล้ว สัญญาณเอาต์พุตนี้จะถูกนำไปเทียบกับสัญญาณควบคุม โดยผ่านวงจรรวม NAND GATE แล้วนำสัญญาณ เอาต์พุตที่ได้ออกมาไปควบคุมการทำงานของไตรแอก ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ปิด-เปิด ของตัวทำความร้อน

จากวงจรแล้วจะเห็นว่า ตัวทำความร้อนจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณควบคุม และสัญญาณ SCAN ส่งเข้ามาพร้อม ๆ กัน ซึ่งเหมือนกับเป็นการ SYNCHRONOUS กัน นั่นเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 3.7 ขาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การหยุดการทำงาน

หลักการที่จะใช้ในการหยุดสแกนก็คือ ทำให้สัญญาณข้อมูลของ 4562 มีสถานะ ON ซึ่งจะทำให้เอาต์พุตของ 4562 อยู่ในสถานะ ON ตลอดเช่นกัน เมื่อผ่านเข้าไปในวงจรรอเฟรมบัพสัญญาณอินพุตจะถูกกลับเฟส ดังนั้น เอาต์พุตของวงจรสแกน จึงมีสถานะ OFF ตลอด จึงไม่มีสัญญาณเข้าไปยังวงจรถับตัวทำความร้อน จึงทำให้ตัวทำความร้อนหยุดการทำงาน

จากหลักการข้างต้นนี้ เราสามารถหยุดการทำงานของตัวทำความร้อนได้ 2 วิธี คือ การหยุดการทำงานโดยใช้สวิตช์ และการหยุดการทำงานโดยวงจรถับสัญญาณ

3.7.1 การหยุดการทำงานโดยใช้สวิตช์

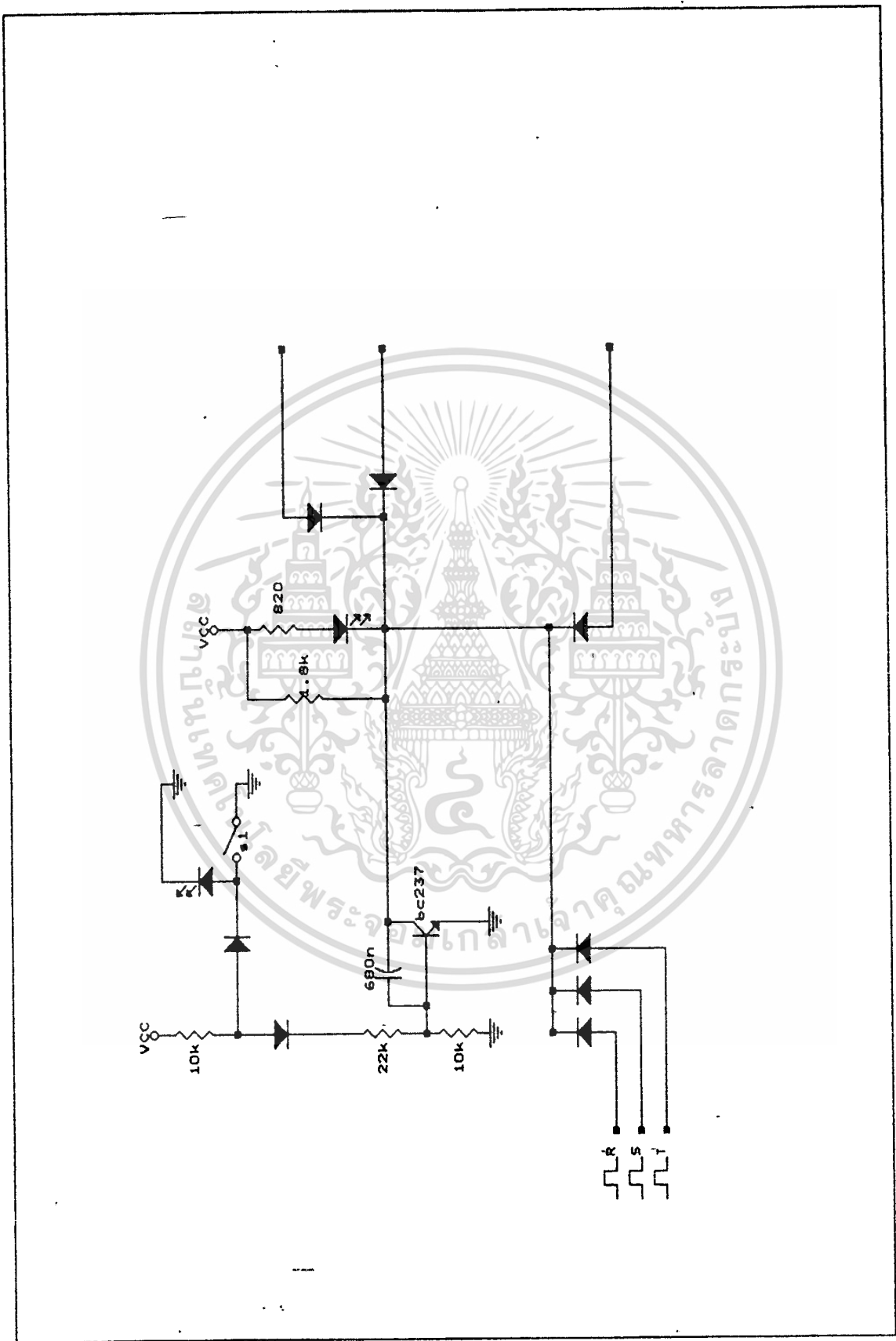
จากหลักการข้างต้นเราจะใช้สวิตช์ เป็นตัวควบคุมการ ปิด-เปิด ตัวทำความร้อนได้ เพราะว่าเมื่อปิดสวิตช์จะทำให้ไม่มีสัญญาณในการสแกน ดังนั้นตัวทำความร้อนจึงไม่ทำงาน ดังรูปที่ 3.8

จากรูปจะเห็นว่า การล๊ابสวิตช์ ปิด-เปิด จะมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ ปิด-เปิด ตามไปด้วย ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์นี้จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมสัญญาณสแกนให้ ปิด-เปิด ตามหลักการข้างต้น

3.7.2 การหยุดทำงานโดยวงจรถับสัญญาณ

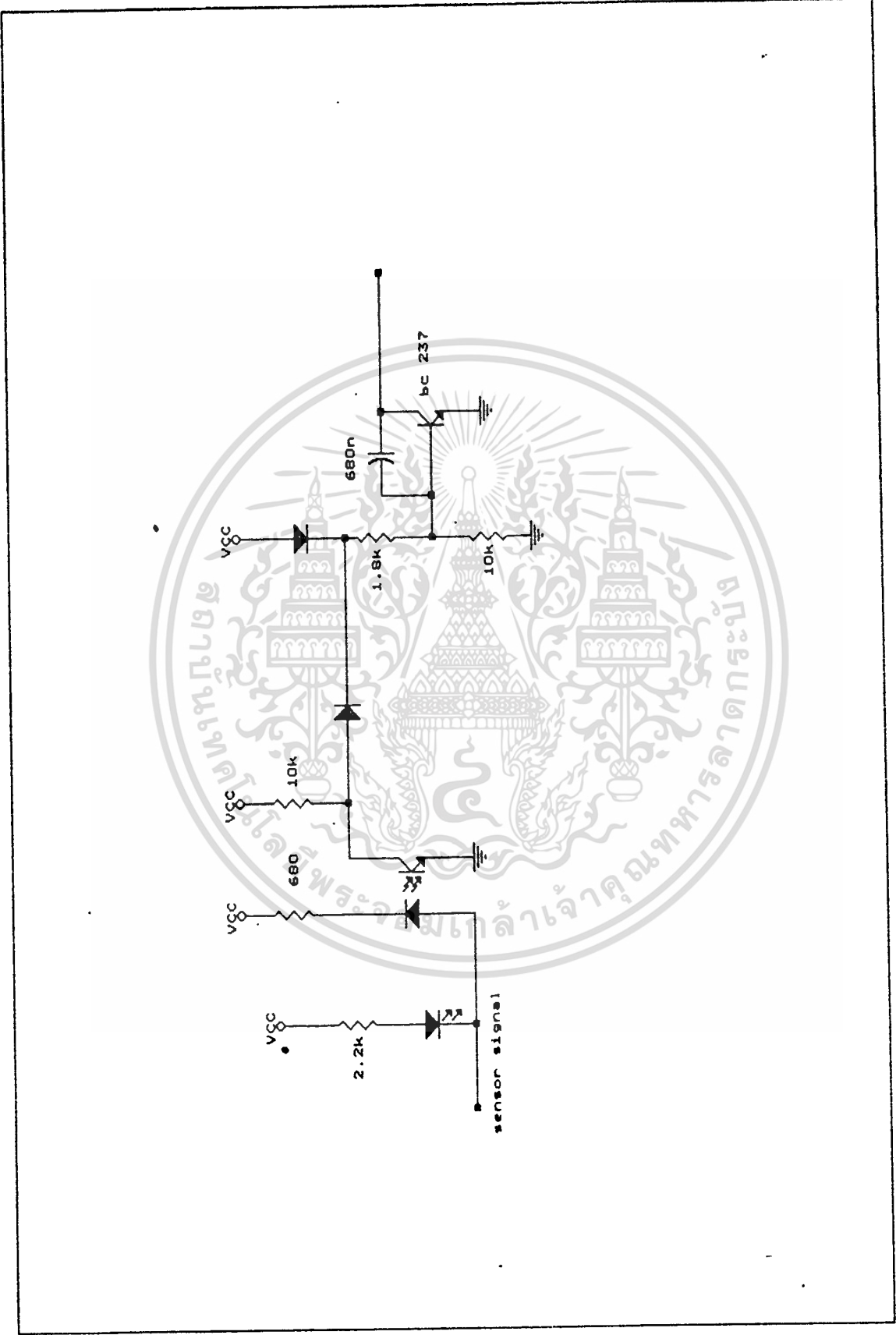
หลักการงานจะคล้ายกับกรณีการหยุดการทำงานโดยใช้สวิตช์ แต่สัญญาณ ปิด-เปิด จะถูกนำมาจากตัวจับสัญญาณแทน โดยสัญญาณจากตัวจับสัญญาณ จะถูกนำมาผ่าน Optocoupler ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จาก Optocoupler จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมการ ปิด-เปิด ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งเป็นไปตามหลักการที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยมีวงจรดังแสดงรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



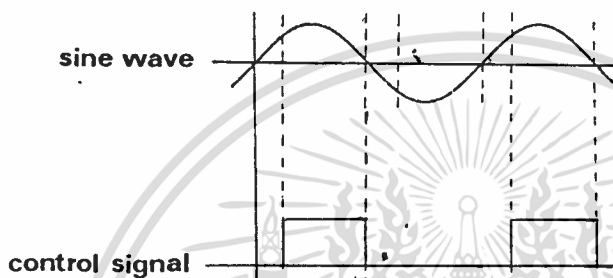
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 3.9 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณควบคุม

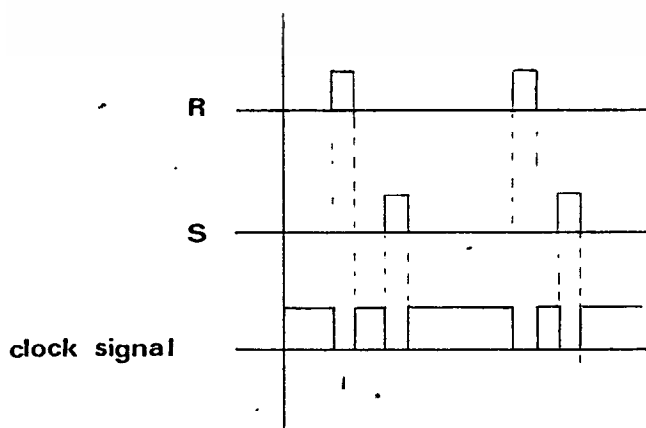
เมื่อทำการต่อวงจร ดังรูปที่ 3.2 แล้ว จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1

4.2 ผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

เมื่อทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.3 แล้ว จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.2



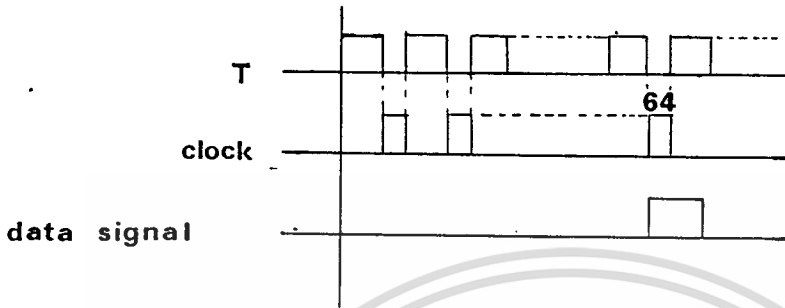
รูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณข้อมูล

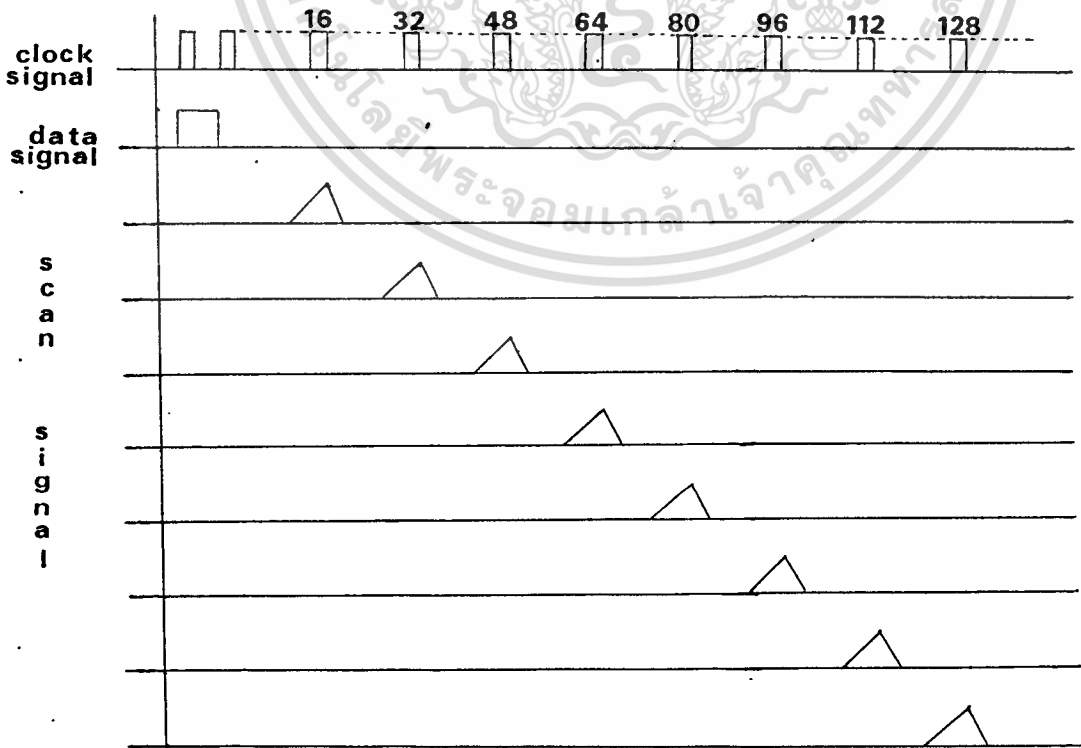
เมื่อทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.4 แล้ว จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3

4.4 ผลการทดลองของวงจรสร้างสัญญาณ

เมื่อทำการต่อวงจร ดังรูปที่ 3.5 แล้ว จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.4



บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

วงจรถวลคุมตัวทำความร้อน โดยทั่ว ๆ ไปนั้น ปกติมักจะถูกนำไปใช้ในงานทางด้านอุตสาหกรรมได้กว้างขวางมาก โดยเฉพาะงานทางด้านการขึ้นรูปพลาสติก ซึ่งจากการศึกษาวจรถวลคุมตัวทำความร้อน ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ก็สามารถนำไปใช้งานได้ อย่างสะดวก โดยสามารถขึ้นรูปพลาสติกที่มีรูปทรงต่าง ๆ กันได้ เพราะสามารถกำหนดให้ความร้อนที่แต่ละจุดมีค่าไม่เท่ากัน และกรณีที่ขึ้นงานรูปทรงเดียวกัน แต่มีความหนา-บางต่าง ๆ กัน ก็สามารถยกระดับความร้อนให้แปรค่าได้ในอัตราส่วนเดียวกัน

วงจรถวลคุมตัวทำความร้อนที่ศึกษามา นี้ จะเป็นวงจรถวลคุม "การควบคุมแบบเปิด-ปิด" (ON-OFF CONTROL) เท่านั้น คือ ไม่มีการนำสัญญาณย้อนกลับจากตัวทำความร้อนกลับมาเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ แต่สามารถทำการติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณ เพื่อให้ตัวตรวจจับสัญญาณตรวจสอบสถานะความร้อนของชิ้นงาน แล้วส่งสัญญาณกลับไปทางด้านอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของวงจรถวลคุมตัวทำความร้อนได้ เมื่อความร้อนสูงเกินไป ซึ่งก็คล้าย ๆ กับเป็นการควบคุมแบบย้อนกลับ (FEED BACK CONTROL) ได้เช่นกัน

อย่างไรก็ดี แม้ว่าวงจรถวลคุมตัวทำความร้อนนี้จะสามารถทำงานได้อย่างง่่ายดาย และควบคุมตัวทำความร้อนได้หลายรูปแบบก็ตาม แต่ก็ยังสามารถพัฒนาการใช้งานให้ดีขึ้นได้อีก โดยอาจจะนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมเมเบิล ลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER) ซึ่งจะช่วยให้การควบคุมการทำงานสามารถทำได้ง่ายขึ้นอีกมาก เพราะสามารถควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ หวังว่าคงจะเป็นประโยชน์ให้แก่ผู้ที่สนใจ งานทางด้าน การควบคุมตัวทำความร้อน ซึ่งจะช่วยให้สามารถนำหลักการที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นไปพัฒนา และปรับปรุงข้อบกพร่องบางอย่างที่อาจจะถูกพบ เพื่อให้ได้วงจรถวลคุมตัวทำความร้อนที่ สามารถทำงานได้ดีมากยิ่งขึ้น และจะช่วยให้เกิดประโยชน์อย่างมากต่อวงการอุตสาหกรรม ของประเทศต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Type	Ordering code	Package
TCA 715	G67000 A2321	P-DIP 16

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0° and 180°. Typical applications include converter circuits, AC controllers and three phase current controllers.

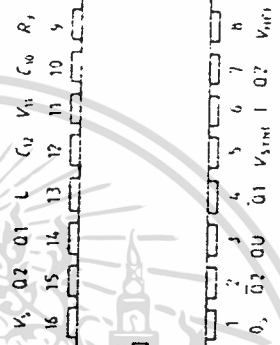
This IC replaces the previous types TCA 710 and TCA 710 D

Features

- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Large temperature range

Pin configuration

top view



Pin	Symbol	Function
1	0	Ground
2	Q2	Output 2 inverted
3	Q1	Output 1
4	Q1	Output 1 inverted
5	V _{sync}	Synchronous voltage
6	L	Inhibit
7	Q2	Output 2
8	V _{ref}	Stabilized voltage
9	R ₁	Ramp resistance
10	C ₁₀	Ramp capacitance
11	V ₁₁	Control voltage
12	C ₁₂	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q1	Output 1
15	Q2	Output 2
16	V _s	Supply voltage

Functional description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (voltage V_5). A zero voltage detector evaluates the zero passages and transfers them to the synchronization register.

This synchronization register controls a ramp generator, the capacitor C_{10} of which is charged by a constant current (determined by R_9). If the ramp voltage V_{10} exceeds the control voltage V_{11} (triggering angle ψ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage V_{11} , the triggering angle ψ can be shifted within a phase angle of 0° to 180° .

For every h.u. wave, a positive pulse of approx. $30 \mu s$ duration appears at the outputs Q1 and Q2. The pulse duration can be prolonged up to 180° via a capacitor C_{12} . If pin 12 is connected to ground, pulses with a duration between ψ and 180° will result.

Outputs $\bar{Q}1$ and $\bar{Q}2$ supply the inverse signals of Q1 and Q2.

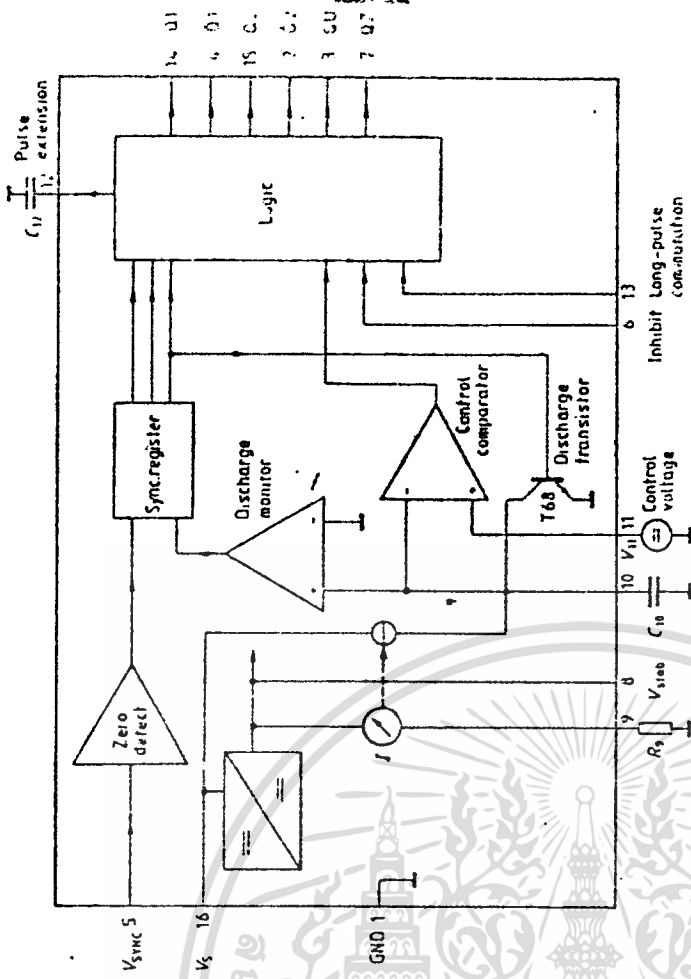
A signal of $\psi + 180^\circ$ which can be used for controlling an external logic, is available at pin 3.

A signal which corresponds to the NOR link of Q1 and Q2 is available at output QZ (pin 7).

The inhibit input can be used to disable outputs Q1, Q2, $\bar{Q}1$, $\bar{Q}2$, QZ.

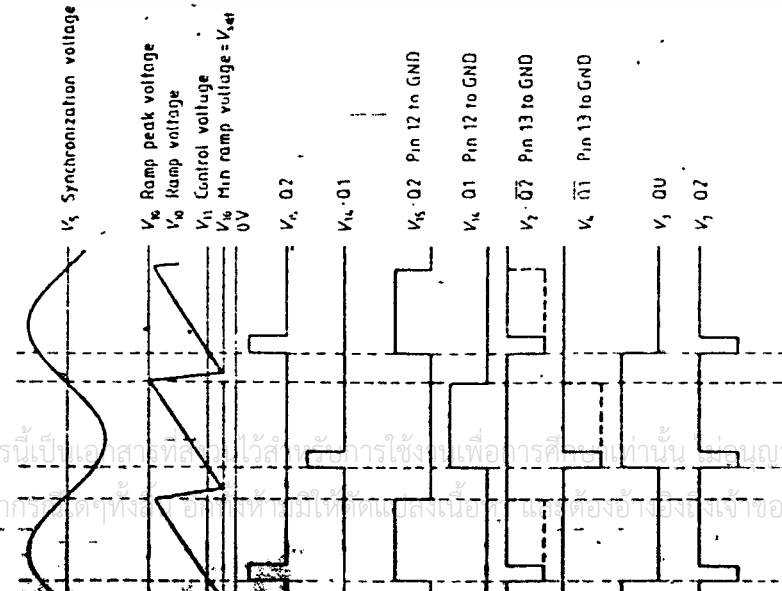
Pin 13 can be used to extend the outputs $\bar{Q}1$ and $\bar{Q}2$ to full pulse length ($180^\circ - \psi$).

Block diagram



เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wave diagram



Maximum ratings

- Supply voltage
- Output current at pin 14, 15
- Inhibit voltage
- Control voltage
- Voltage short-pulse circuit
- Synchronization input current
- Output voltage at pin 14, 15
- Output current at pin 2, 3, 4, 7
- Output voltage at pin 2, 3, 4, 7

- Junction temperature
- Storage temperature
- Thermal resistance (system-air)

Operating range

- Supply voltage
- Operating frequency
- Ambient temperature

	Lower limit D	Upper limit A	
V_s	-0.5	18	V
I_o	-10	400	mA
V_i	-0.5	V_s	V
V_{11}	-0.5	V_s	V
V_{12}	-0.5	V_s	V
I_i	-200	± 200	μ A
V_{14}		V_s	V
I_o		10	mA
V_{12}		V_s	V
V_{13}		V_s	V
T_j		125	$^{\circ}$ C
T_{sho}	-55	125	$^{\circ}$ C
R_{thSA}		80	K/W
V_s	8	18	V
f	10	500	Hz
T_a	-25	85	$^{\circ}$ C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการของสถาบันฯ

Characteristics
 $8 \leq V_S \leq 18 \text{ V}$; $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$; $f = 50 \text{ Hz}$

Test circuit	Lower limit B	$f = 50 \text{ Hz}$ $V_S = 15 \text{ V}$ typ	Upper limit A
1	4.5	6.5	10
1	30	30	200
4			75

Long pulse switch-over
 pin 13
 switch-over of S 8
 Short pulse at output
 Long pulse at output
 Input current
 $V_{13} = 15 \text{ V}$
 Input current
 $V_{13} = 17 \text{ V}$

Test circuit	Lower limit B	$f = 50 \text{ Hz}$ $V_S = 15 \text{ V}$ typ	Upper limit A
1	3.5	2.5	2
1		2.5	10
1	45	05	100

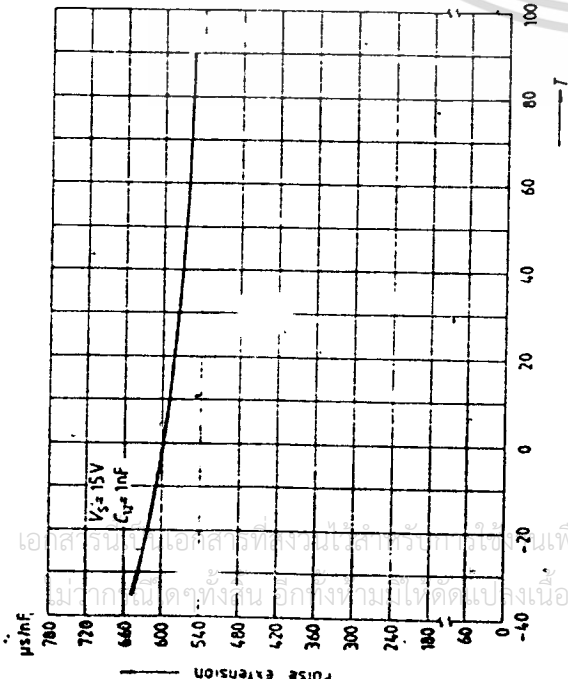
Application hints for external components

min max
 Ramp capacitance C_{10} 500 pF 1 μF ¹⁾
 Triggering point $t_{Tr} = \frac{V_{11} \times R_{11} \times C_{10}}{V_{ref} \times K}$ 2)
 Charging current $I_{10} = \frac{V_{ref} \times K}{R_{11}}$ 2)
 Ramp voltage $V_{10 \text{ max}} = V_S - 2 \text{ V}$ $V_{10} = \frac{V_{ref} \times K \times f}{R_{11} \times C_{10}}$ 2)

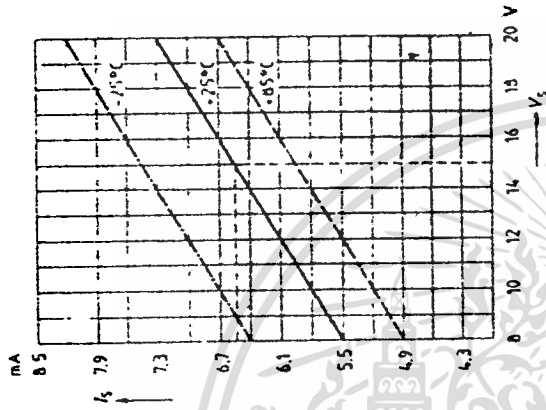
The minimum and maximum values of I_{10} are to be observed

1) Attention to flyback times
 2) $K = 1.10 \pm 20\%$

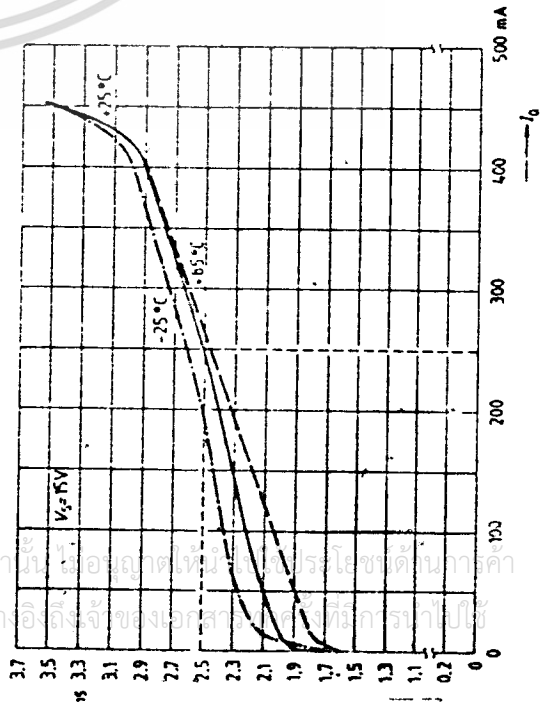
Pulse extension versus temperature



Supply current versus supply voltage



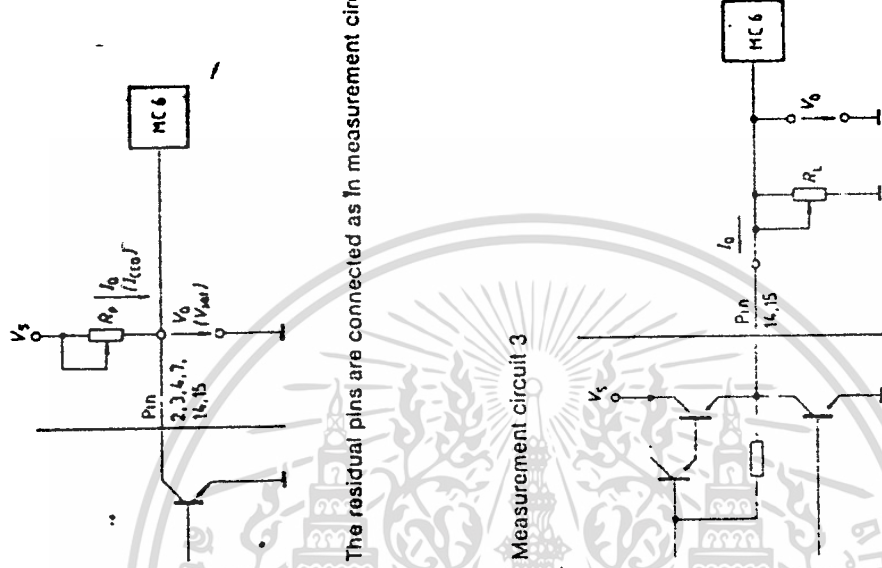
Output voltage measured to +V_S



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เอกสารที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

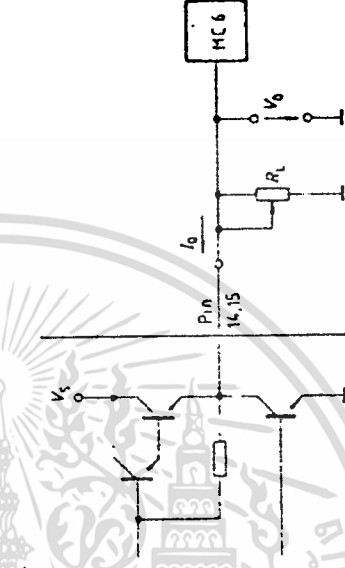
Test and measurement circuits

Measurement circuit 2



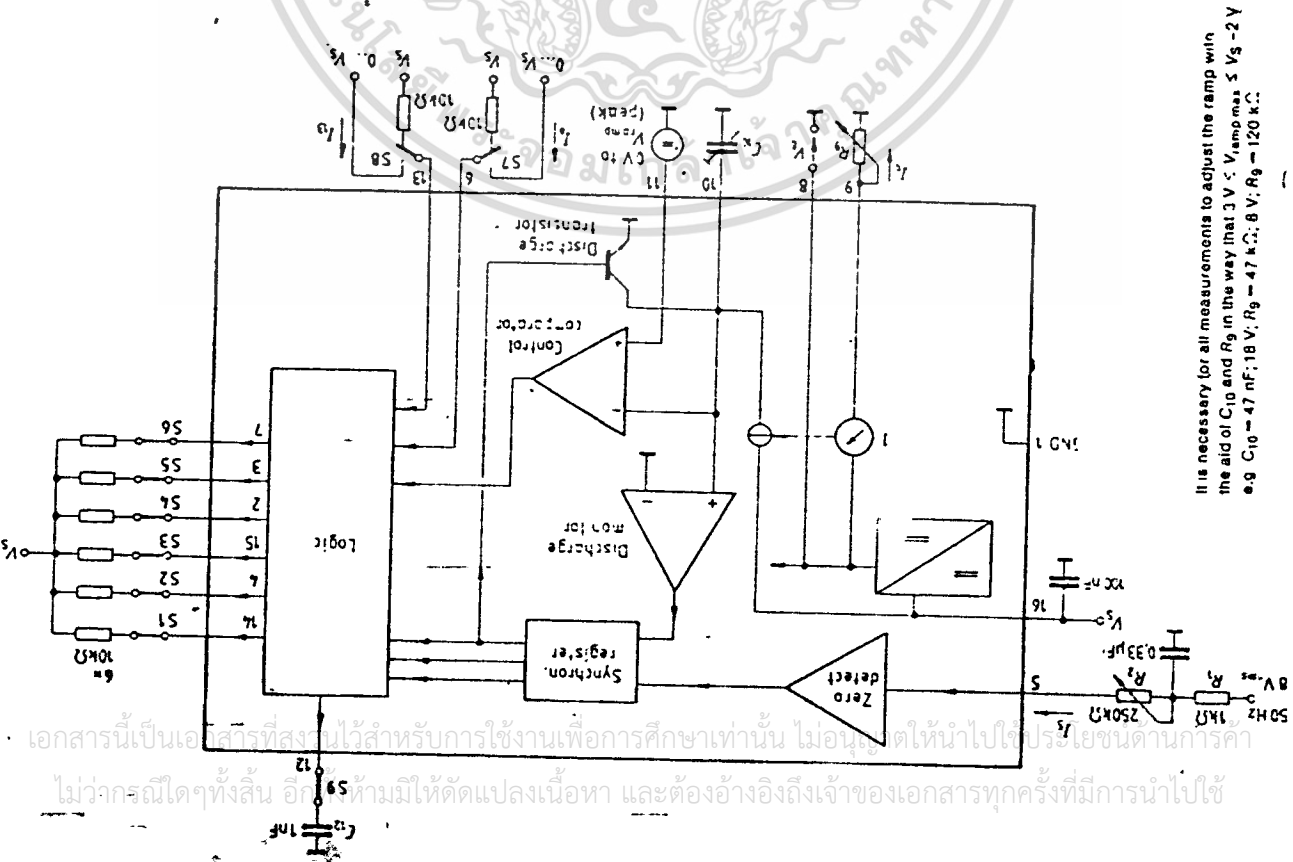
The residual pins are connected as in measurement circuit 1

Measurement circuit 3



The residual pins are connected as in measurement circuit 1

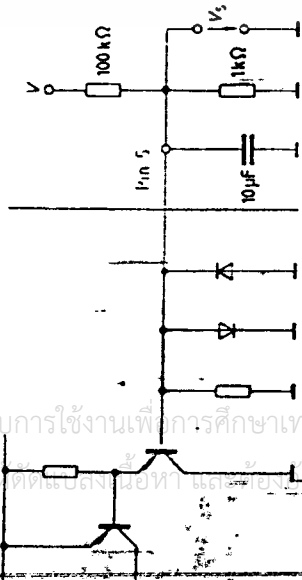
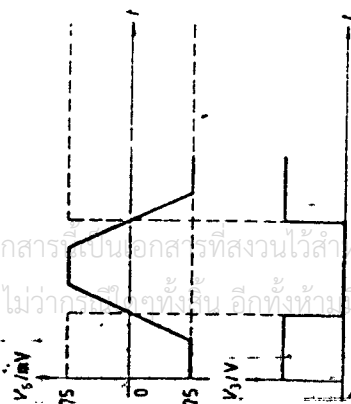
Test and measurement circuit 1



It is necessary for all measurements to adjust the ramp with the aid of C_{10} and R_9 in the way that $3V_s \leq V_{ramp} \leq 5V_s - 2V$
 e.g. $C_{10} = 47nF$; $R_9 = 47k\Omega$; $R_8 = 47k\Omega$; $R_7 = 120k\Omega$

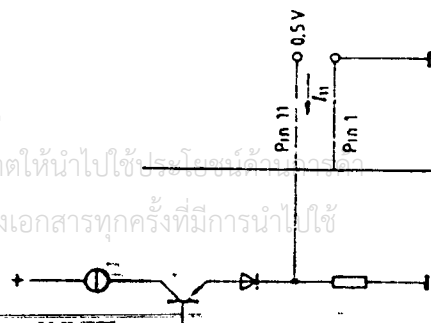
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญัตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อ้อ! ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Measurement circuit 4

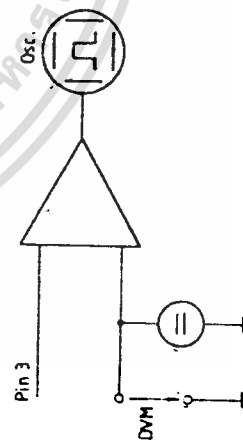


Residual pins are connected as in measurement circuit 1
 The 10 μF capacitor at pin 5 serves only for test purposes

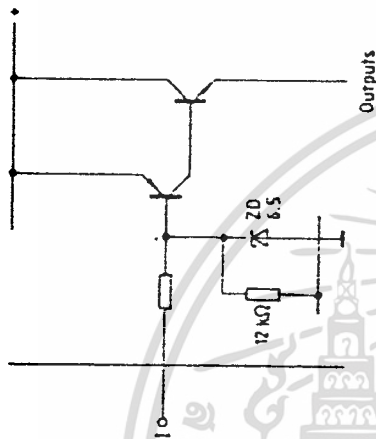
Measurement circuit 5



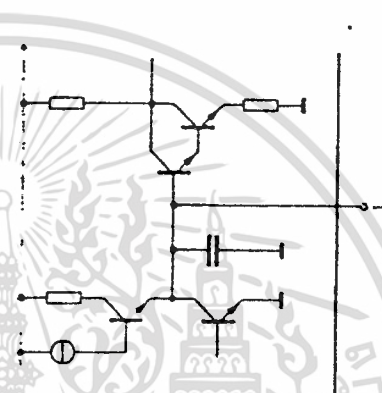
Measurement circuit 6



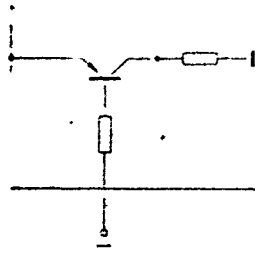
Inhibit 6



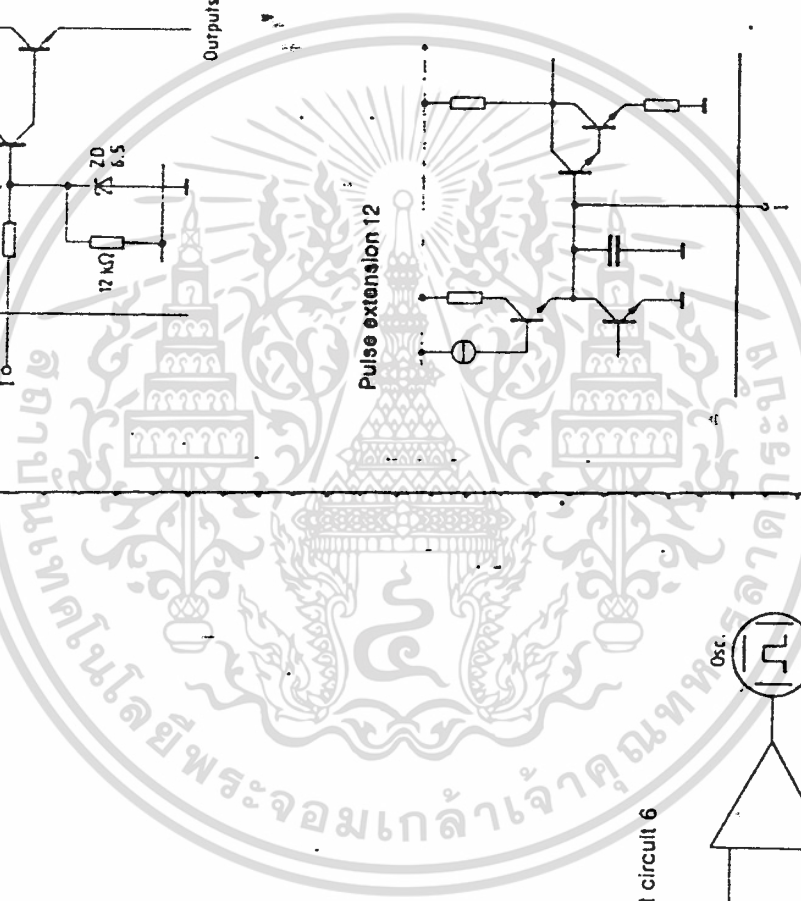
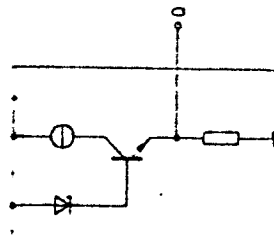
Pulse extension 12

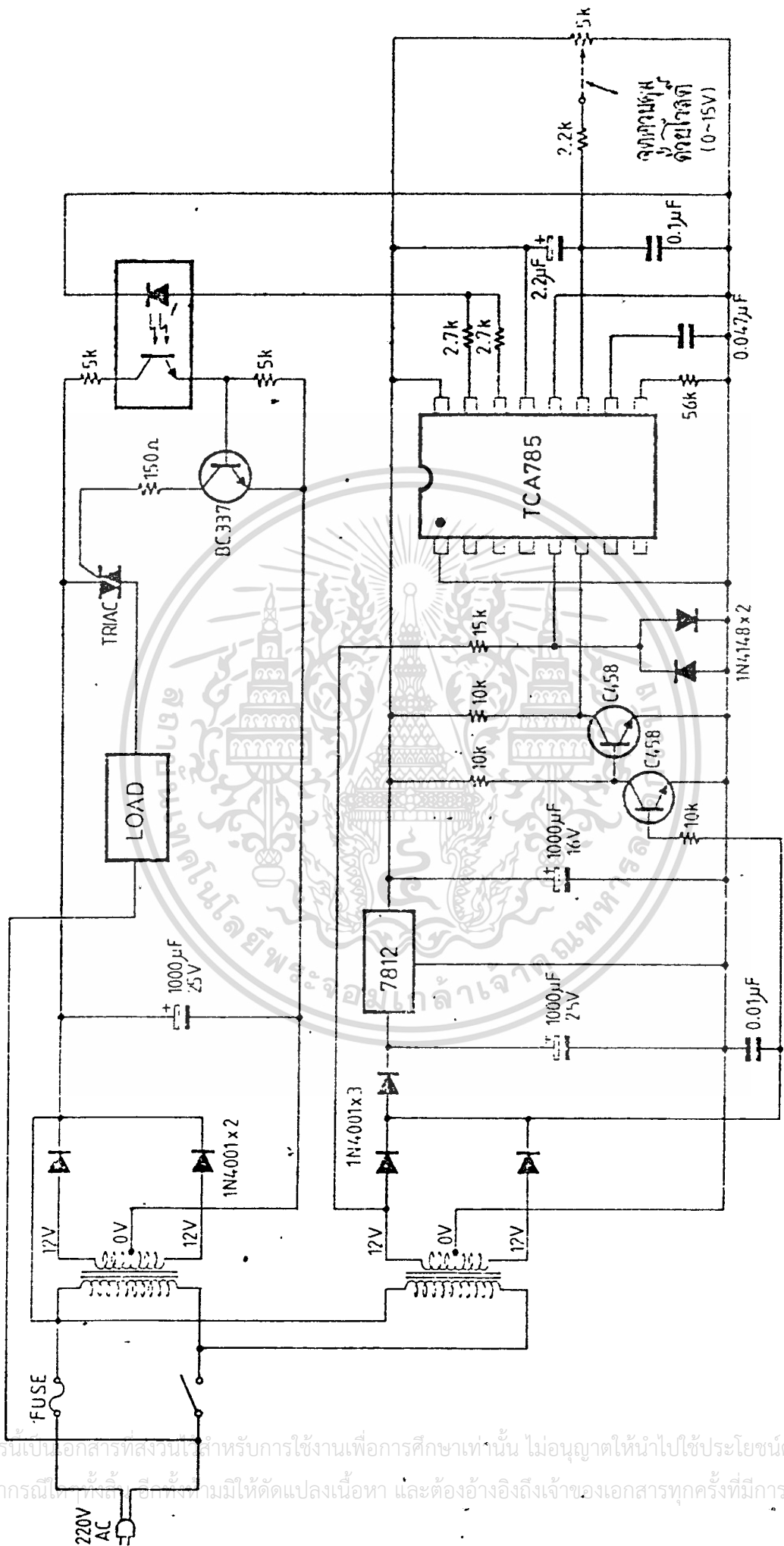


Long pulse 13



Reference voltage 8





วงจรควบคุมการตัดเฟสไฟ AC แบบแยกตัวจากไฟ AC



MOTOROLA

MC14562B

128-BIT STATIC SHIFT REGISTER

The MC14562B is a 128-bit static shift register constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. Data is clocked in and out of the shift register on the positive edge of the clock input. Data outputs are available every 16 bits, from 16 through bit 128. This complementary MOS shift register is primarily used where low power dissipation and/or high noise immunity is desired

- Diode Protection on All Inputs
- Noise Immunity = 45% of V_{DD} typical
- Single Supply Operation – Positive or Negative
- Fully Static Operation
- Exceedingly Slow Input Transition Rates May Be Applied to the Clock Input
- 5.6 MHz Operation @ $V_{DD} = 10$ Vdc
- Cascadable to Provide Longer Shift Register Lengths – 1.5 MHz Operation @ $V_{DD} = 10$ Vdc
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads, One Low-power Schottky TTL Load or Two HTL Loads Over the Rated Temperature Range

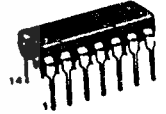
CMOS LSI

(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)

128-BIT STATIC SHIFT REGISTER.



**L SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 632**



**P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646**

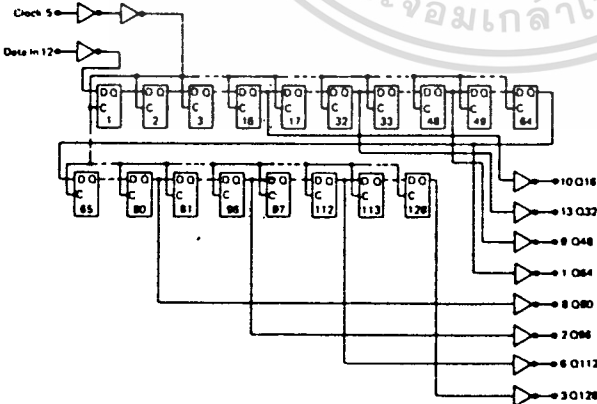
ORDERING INFORMATION

MC14XXXB	Suffix	Denotes
L	Ceramic Package	
P	Plastic Package	
A	Extended Operating Temperature Range	
C	Limited Operating Temperature Range	

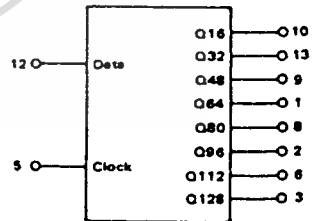
MAXIMUM RATINGS (Voltages referenced to V_{SS})

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	V_{DD}	-0.5 to +18	Vdc
Input Voltage, All Inputs	V_{in}	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	Vdc
DC Current Drain per Pin	I	10	mAdc
Operating Temperature Range – AL Device CL/CP Device	T_A	-55 to +125 -40 to +85	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}C$

LOGIC DIAGRAM



BLOCK DIAGRAM



Pins 4 and 11 not used.

V_{DD} = Pin 14
 V_{SS} = Pin 7

1 2 3 16 7 8 13

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	VDD Vdc	T _{low} *		25°C			T _{high} *		Unit
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
Output Voltage V _{in} VDD or 0	"0" Level VOL	5.0	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	Vdc
		10	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
		15	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
	"1" Level VOH	5.0	4.95	-	4.95	5.0	-	4.95	-	Vdc
		10	9.95	-	9.95	10	-	9.95	-	
		15	14.95	-	14.95	15	-	14.95	-	
Input Voltage [#] (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc)	"0" Level VIL	5.0	-	1.5	-	2.25	1.5	-	1.5	Vdc
		10	-	3.0	-	4.50	3.0	-	3.0	
		15	-	4.0	-	6.75	4.0	-	4.0	
	"1" Level VIH	5.0	3.5	-	3.5	2.75	-	3.5	-	Vdc
		10	7.0	-	7.0	5.50	-	7.0	-	
		15	11.0	-	11.0	8.25	-	11.0	-	
Output Drive Current (AL Device)	Source IOH	5.0	-1.2	-	-1.0	-1.7	-	-0.7	-	mAdc
		5.0	-0.25	-	-0.2	-0.36	-	-0.14	-	
		10	-0.62	-	-0.5	-0.9	-	-0.35	-	
	Sink IOL	5.0	0.64	-	0.51	0.88	-	0.36	-	mAdc
		10	1.6	-	1.3	2.25	-	0.9	-	
		15	4.2	-	3.4	8.8	-	2.4	-	
Output Drive Current (CL/CP Device)	Source IOH	5.0	-1.0	-	-0.8	-1.7	-	-0.6	-	mAdc
		5.0	-0.2	-	-0.16	-0.36	-	-0.12	-	
		10	-0.5	-	-0.4	-0.9	-	-0.3	-	
	Sink IOL	5.0	0.52	-	0.44	0.88	-	0.36	-	mAdc
		10	1.3	-	1.1	2.25	-	0.9	-	
		15	3.6	-	3.0	8.8	-	2.4	-	
Input Current (AL Device)	I _{in}	15	-	±0.1	-	±0.00001	±0.1	-	±1.0	μAdc
Input Current (CL/CP Device)	I _{in}	15	-	±0.3	-	±0.00001	±0.3	-	±1.0	μAdc
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	-	-	-	-	5.0	7.5	-	-	pF
Quiescent Current (AL Device) (Per Package)	I _{DD}	5.0	-	5.0	-	0.010	5.0	-	150	μAdc
		10	-	10	-	0.020	10	-	300	
		15	-	20	-	0.030	20	-	600	
Quiescent Current (CL/CP Device) (Per Package)	I _{DD}	5.0	-	50	-	0.010	50	-	375	μAdc
		10	-	100	-	0.020	100	-	750	
		15	-	200	-	0.030	200	-	1500	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I _T	5.0				I _T = (1.94 μA/kHz) I • I _{DD}				μAdc
		10				I _T = (3.81 μA/kHz) I • I _{DD}				
		15				I _T = (5.52 μA/kHz) I • I _{DD}				

*T_{low} = -55°C for AL Device, -40°C for CL/CP Device.
 *T_{high} = +125°C for AL Device, +85°C for CL/CP Device.
 †Noise immunity specified for worst-case input combination.
 Noise Margin for both "1" and "0" level = 1.0 Vdc min @ VDD = 5.0 Vdc
 2.0 Vdc min @ VDD = 10 Vdc
 2.5 Vdc min @ VDD = 15 Vdc

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:
 $I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + 4 \times 10^{-3} (C_L - 50) V_{DD} f$
 where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V_{DD} in Vdc, and f in kHz is input frequency.

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

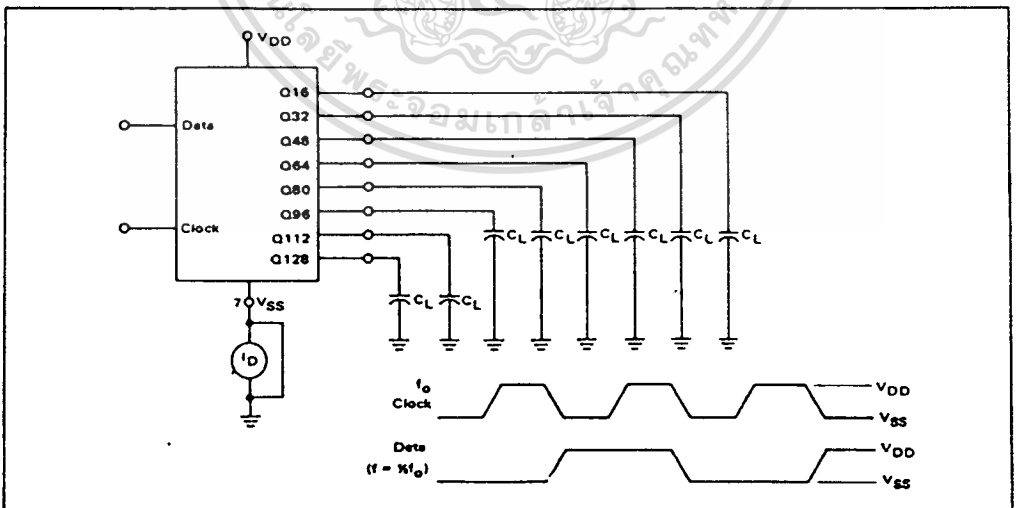
This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high impedance circuit. For proper operation it is recommended that V_{in} and V_{out} be constrained to the range V_{SS} < (V_{in} or V_{out}) < V_{DD}.
 Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (i.e., either V_{SS} or V_{DD}).

SWITCHING CHARACTERISTICS* (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Characteristic	Symbol	V _{DD}	Min	Typ	Max	Unit
Output Rise Time $t_{rLH} = (3.0 \text{ ns/pF}) C_L + 30 \text{ ns}$ $t_{rLH} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 15 \text{ ns}$ $t_{rLH} = (1.1 \text{ ns/pF}) C_L + 10 \text{ ns}$	t _{rLH}	5.0 10 15	— — —	180 90 65	360 180 130	ns
Output Fall Time $t_{fHL} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 25 \text{ ns}$ $t_{fHL} = (0.75 \text{ ns/pF}) C_L + 12.5 \text{ ns}$ $t_{fHL} = (0.55 \text{ ns/pF}) C_L + 9.5 \text{ ns}$	t _{fHL}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	200 100 80	ns
Propagation Delay Time Clock to Q $t_{pLH}, t_{pHL} = (1.7 \text{ ns/pF}) C_L + 516 \text{ ns}$ $t_{pLH}, t_{pHL} = (0.85 \text{ ns/pF}) C_L + 217 \text{ ns}$ $t_{pLH}, t_{pHL} = (0.5 \text{ ns/pF}) C_L + 145 \text{ ns}$	t _{pLH} , t _{pHL}	5.0 10 15	— — —	600 250 170	1200 500 340	ns
Clock Pulse Width (50% Duty Cycle)	t _{WH}	5.0 10 15	600 220 150	300 110 75	— — —	ns
Clock Pulse Frequency	f _{cl}	5.0 10 15	— — —	1.9 5.5 8.0	1.1 3.0 4.0	MHz
Data to Clock Setup Time	t _{su(1)}	5.0 10 15	-20 -10 0	-170 -64 -60	— — —	ns
	t _{su(0)}	5.0 10 15	-20 -10 0	-91 -58 -48	— — —	ns
Data to Clock Hold Time	t _{h(1)}	5.0 10 15	350 165 155	263 109 100	— — —	ns
	t _{h(0)}	5.0 10 15	350 200 140	267 140 93	— — —	ns

*The formula given is for the typical characteristics only.

FIGURE 1 - POWER DISSIPATION TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS



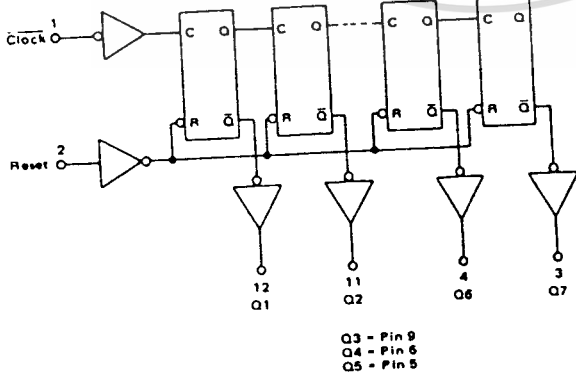
SEVEN STAGE RIPPLE COUNTER

The MC14024B is a seven stage ripple counter with short propagation delays and high maximum clock rates. The Reset input has standard noise immunity (typically 45% of VDD), however the Clock input has increased noise immunity due to Hysteresis, with no maximum Clock input rise or fall time. The output of each counter stage is buffered.

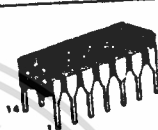
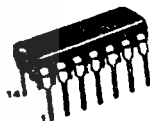
- Quiescent Current = 5.0 nA/package typical @ 5 Vdc
- Noise Immunity = 45% of VDD typical
- Diode Protection on All Inputs
- Output Transitions Occur on the Falling Edge of the Clock Pulse
- 8-MHz Operation @ VDD = 10 Vdc typical
- Exceedingly Slow Input Transition Rates may be Applied to the Clock Input
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads, One Low-power Schottky TTL Load or Two HTL Loads Over the Rated Temperature Range
- Pin-for-Pin Replacement for CD4024B

MAXIMUM RATINGS (Voltages referenced to VSS)

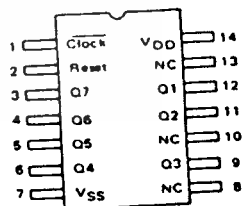
Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	VDD	-0.5 to +18	Vdc
Input Voltage, All Inputs	V _{in}	-0.5 to VDD + 0.5	Vdc
DC Current Drain per Pin	I	10	mA
Operating Temperature Range - AL Device	T _A	-55 to +125	°C
Operating Temperature Range - CL/CP Device		-40 to +85	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C

LOGIC DIAGRAM

CMOS SSI

(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)

**SEVEN STAGE
RIPPLE COUNTER**

**L SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 632**

**P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646**
ORDERING INFORMATION

MC14XXXB	Suffix	Denotes
L	Ceramic Package	
P	Plastic Package	
A	Extended Operating Temperature Range	
C	Limited Operating Temperature Range	

PIN ASSIGNMENT


VDD - Pin 14
VSS - Pin 7
NC - No Connection

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	T _{low} *		25°C			T _{high} *		Unit
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
Output Voltage V _{in} V _{DD} or 0 V _{in} 0 or V _{DD}	"0" Level V _{OL}	5.0	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	Vdc
		10	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
		15	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
	"1" Level V _{OH}	5.0	4.95	-	4.95	5.0	-	4.95	-	Vdc
		10	9.95	-	9.95	10	-	9.95	-	
		15	14.95	-	14.95	15	-	14.95	-	
Input Voltage** (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc) (V _O = 0.5 or 4.5 Vdc) (V _O = 1.0 or 9.0 Vdc) (V _O = 1.5 or 13.5 Vdc)	"0" Level V _{IL}	5.0	-	1.5	-	2.25	1.5	-	1.5	Vdc
		10	-	3.0	-	4.50	3.0	-	3.0	
		15	-	4.0	-	6.75	4.0	-	4.0	
	"1" Level V _{IH}	5.0	3.5	-	3.5	2.75	-	3.5	-	Vdc
		10	7.0	-	7.0	5.50	-	7.0	-	
		15	11.0	-	11.0	8.25	-	11.0	-	
Output Drive Current (AL Device) (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) (V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	Source I _{OH}	5.0	-1.2	-	-1.0	-1.7	-	-0.7	-	mA _{dc}
		10	-0.25	-	-0.2	-0.36	-	-0.14	-	
		15	-0.62	-	-0.5	-0.9	-	-0.35	-	
		15	-1.8	-	-1.5	-3.5	-	-1.1	-	
	Sink I _{OL}	5.0	0.64	-	0.51	0.88	-	0.36	-	mA _{dc}
		10	1.6	-	1.3	2.25	-	0.9	-	
Output Drive Current (CL/CP Device) (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) (V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	Source I _{OH}	5.0	-1.0	-	-0.8	-1.7	-	-0.6	-	mA _{dc}
		10	-0.2	-	-0.16	-0.36	-	-0.12	-	
		15	-0.5	-	-0.4	-0.9	-	-0.3	-	
		15	-1.4	-	-1.2	-3.5	-	-1.0	-	
	Sink I _{OL}	5.0	0.52	-	0.44	0.88	-	0.36	-	mA _{dc}
		10	1.3	-	1.1	2.25	-	0.9	-	
Input Current (AL Device) I _{in}	15	-	±0.1	-	±0.00001	±0.1	-	±1.0	μA _{dc}	
	15	-	±0.3	-	±0.00001	±0.3	-	±1.0	μA _{dc}	
	15	-	-	-	5.0	7.5	-	-	pF	
Quiescent Current (AL Device) (Per Package) I _{DD}	5.0	-	5.0	-	0.005	5.0	-	150	μA _{dc}	
	10	-	10	-	0.010	10	-	300		
	15	-	20	-	0.015	20	-	600		
Quiescent Current (CL/CP Device) (Per Package) I _{DD}	5.0	-	20	-	0.005	20	-	150	μA _{dc}	
	10	-	40	-	0.010	40	-	300		
	15	-	80	-	0.015	80	-	600		
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) I _T (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	5.0				I _T = (0.31 μA/kHz) f + I _{DD}					μA _{dc}
	10				I _T = (0.80 μA/kHz) f + I _{DD}					
	15				I _T = (0.89 μA/kHz) f + I _{DD}					

*T_{low} = -55°C for AL Device, -40°C for CL/CP Device.

T_{high} = +125°C for AL Device, +85°C for CL/CP Device.

**Noise immunity specified for worst-case input combination.

Noise Margin for both "1" and "0" level = 1.0 Vdc min @ V_{DD} = 5.0 Vdc

2.0 Vdc min @ V_{DD} = 10 Vdc

2.5 Vdc min @ V_{DD} = 15 Vdc

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF.

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + 1 \times 10^{-3} (C_L - 50) V_{DD} f$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V_{DD} in Vdc, and f in kHz is input frequency.

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

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high impedance circuit. For proper operation it is recommended that V_{in} and V_{out} be constrained to the range V_{SS} < (V_{in} or V_{out}) < V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}).

SWITCHING CHARACTERISTICS* (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Characteristic	Symbol	V _{DD}	Min	Typ	Max	Unit
Output Rise Time t _{TLH} = (3.0 ns/pF) C _L + 30 ns t _{TLH} = (1.5 ns/pF) C _L + 15 ns t _{TLH} = (1.1 ns/pF) C _L + 10 ns	t _{TLH}	5.0 10 15	— — —	180 90 65	360 180 130	ns
Output Fall Time t _{FHL} = (1.5 ns/pF) C _L + 25 ns t _{FHL} = (0.75 ns/pF) C _L + 12.5 ns t _{FHL} = (0.55 ns/pF) C _L + 9.5 ns	t _{FHL}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	200 100 80	ns
Propagation Delay Time Clock to Q1 t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 295 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 117 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 85 ns Clock to Q7 t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 915 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 367 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 275 ns Reset to Q _n t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 415 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 217 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 155 ns	t _{PLH} , t _{PHL}	5.0 10 15 5.0 10 15 5.0 10 15	— — — — — — — — —	380 150 110 1000 400 300 500 250 180	600 230 175 3000 750 565 800 400 300	ns
Clock Pulse Width	t _{WH}	5.0 10 15	500 165 125	200 60 40	— — —	ns
Reset Pulse Width	t _{WH}	5.0 10 15	600 350 260	375 200 150	— — —	ns
Reset Removal Time	t _{rem}	5.0 10 15	625 190 145	250 75 50	— — —	ns
Clock Input Rise and Fall Times	t _{TLH} , t _{FHL}	5.0 10 15			No Limit	
Input Pulse Frequency	f _{cl}	5.0 10 15	— — —	2.5 8.0 12	1.0 3.0 4.0	MHz

* The formula given is for the typical characteristics only.

TRUTH TABLE





CLOCK	RESET	STATE
0	0	No Change
0	1	All Outputs Low
1	0	No Change
1	1	All Outputs Low
	0	No Change
	1	All Outputs Low
	0	Advance One Count
	1	All Outputs Low

FIGURE 1 - TYPICAL OUTPUT SOURCE CHARACTERISTICS TEST CIRCUIT

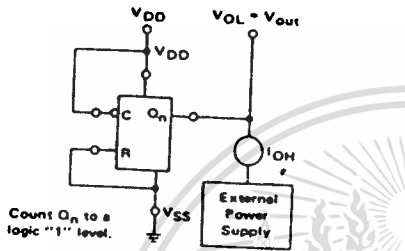


FIGURE 2 - TYPICAL OUTPUT SINK CHARACTERISTICS TEST CIRCUIT

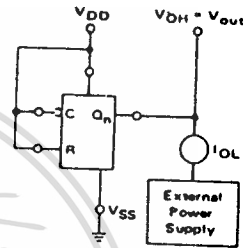


FIGURE 3 - POWER DISSIPATION TEST CIRCUIT

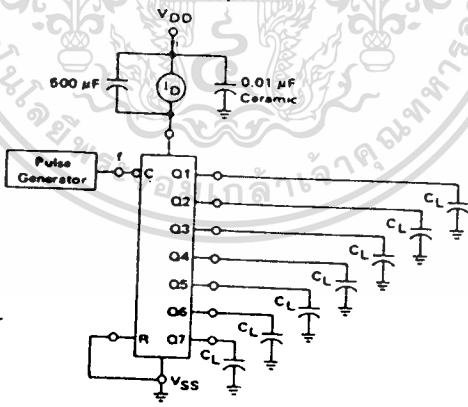
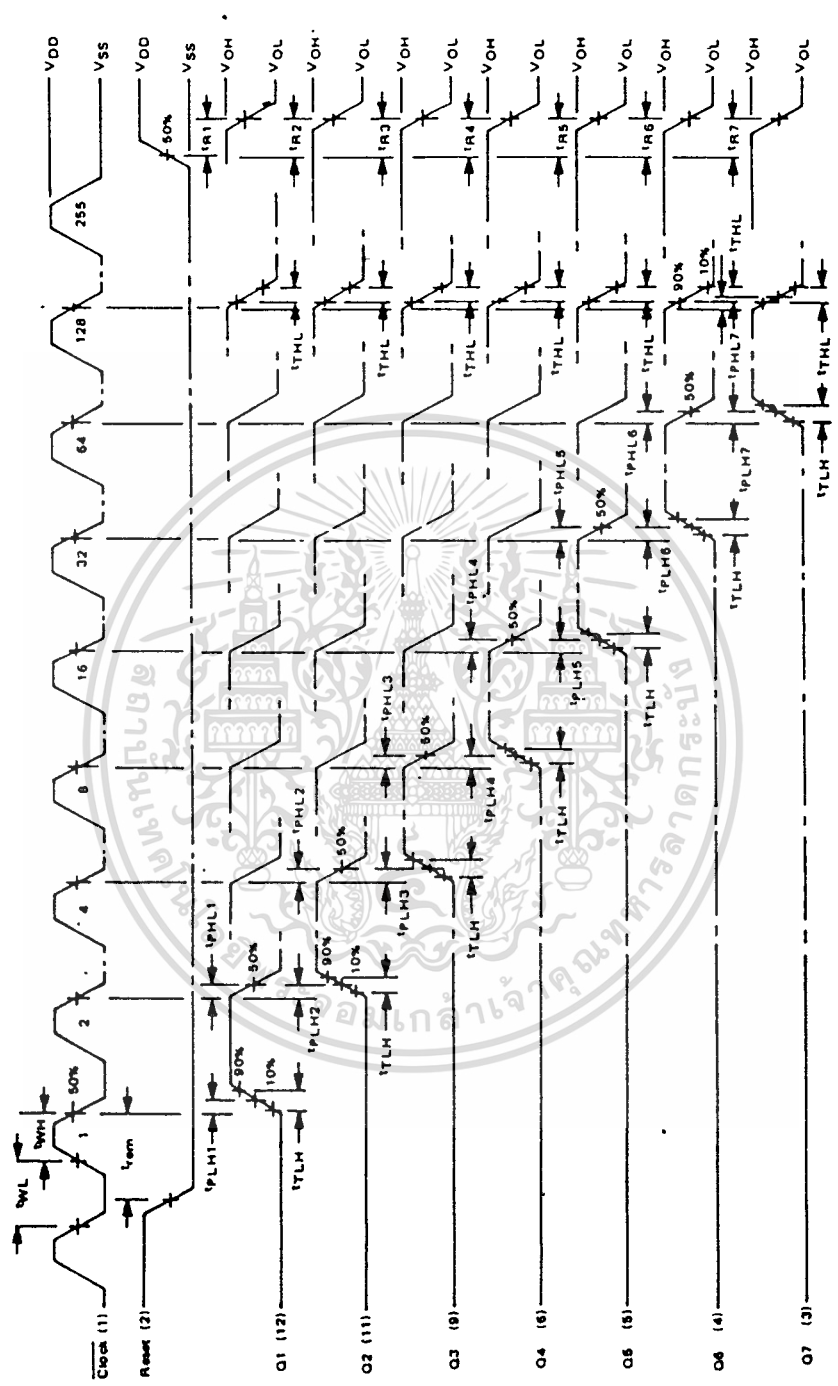


FIGURE 4 - FUNCTIONAL WAVEFORMS



Input t_{TLH} and $t_{TTL} = 20$ ns



MOTOROLA

DUAL UP COUNTERS

The MC14518B dual BCD counter and the MC14520B dual binary counter are constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. Each consists of two identical, independent, internally synchronous 4-stage counters. The counter stages are type D flip-flops, with interchangeable Clock and Enable lines for incrementing on either the positive-going or negative-going transition as required when cascading multiple stages. Each counter can be cleared by applying a high level on the Reset line. In addition, the MC14518B will count out of all undefined states within two clock periods. These complementary MOS up counters find primary use in multi-stage synchronous or ripple counting applications requiring low power dissipation and/or high noise immunity.

- Quiescent Current = 5.0 nA/package typical @ 5 Vdc
- Noise Immunity = 45% of VDD typical
- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Low Input Capacitance = 5.0 pF typical
- Internally Synchronous for High Internal and External Speeds
- Logic Edge-Clocked Design - Incremented on Positive Transition of Clock or Negative Transition on Enable
- 6.0 MHz Counting Rate
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads, One Low-power Schottky TTL Load or Two HTL Loads Over the Rated Temperature Range

MAXIMUM RATINGS (Voltages referenced to VSS)

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	VDD	-0.5 to +18	Vdc
Input Voltage, All Inputs	Vin	-0.5 to VDD + 0.5	Vdc
DC Current Drain per Pin	I	10	mA dc
Operating Temperature Range - AL Device	TA	-55 to +125	°C
CL/CP Device		-40 to +85	
Storage Temperature Range	Tstg	-65 to +150	°C

TRUTH TABLE

CLOCK	ENABLE	RESET	ACTION
	1	0	Increment Counter
0		0	Increment Counter
	X	0	No Change
X		0	No Change
	0	0	No Change
1		0	No Change
X	X	1	Q0 thru Q3 = 0

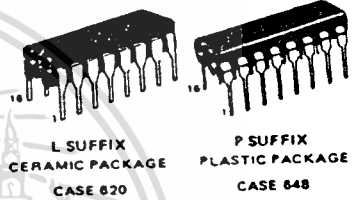
X = Don't Care

MC14518B
MC14520B

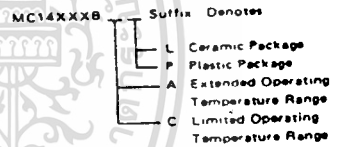
CMOS MSI

(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)

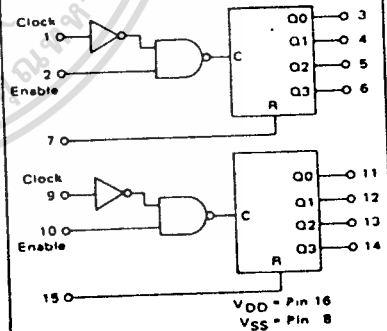
DUAL BCD UP COUNTER (MC14518B)
DUAL BINARY UP COUNTER (MC14520B)



ORDERING INFORMATION



BLOCK DIAGRAM



This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high impedance circuit. For proper operation it is recommended that Vin and Vout be constrained to the range VSS < (Vin or Vout) < VDD. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either VSS or VDD).

MC14518B • MC14520B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	VDD Vdc	T _{low} *		25°C			T _{high} *		Unit
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
Output Voltage V _{in} = VDD or 0 V _{in} = 0 or VDD	"0" Level VOL	5.0	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	Vdc
		10	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
		15	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
	"1" Level VOH	5.0	4.95	-	4.95	5.0	-	4.95	-	Vdc
		10	9.95	-	9.95	10	-	9.95	-	
		15	14.95	-	14.95	15	-	14.95	-	
Input Voltage [#] (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc) (V _O = 0.5 or 4.5 Vdc) (V _O = 1.0 or 9.0 Vdc) (V _O = 1.5 or 13.5 Vdc)	"0" Level VIL	5.0	-	1.5	-	2.25	1.5	-	1.5	Vdc
		10	-	3.0	-	4.50	3.0	-	3.0	
		15	-	4.0	-	6.75	4.0	-	4.0	
	"1" Level VIH	5.0	3.5	-	3.5	2.75	-	3.5	-	Vdc
		10	7.0	-	7.0	5.50	-	7.0	-	
		15	11.0	-	11.0	8.75	-	11.0	-	
Output Drive Current (AL Device) Source (VOH = 2.5 Vdc) (VOH = 4.6 Vdc) (VOH = 9.5 Vdc) (VOH = 13.5 Vdc) Sink (VOL = 0.4 Vdc) (VOL = 0.5 Vdc) (VOL = 1.5 Vdc)	IOH	5.0	-1.7	-	-1.0	-1.7	-	-0.7	-	mAdc
		5.0	-0.75	-	-0.2	-0.36	-	-0.14	-	
		10	-0.62	-	-0.5	-0.9	-	-0.35	-	
	IOL	5.0	0.64	-	0.51	0.88	-	0.36	-	mAdc
		10	1.6	-	1.3	2.25	-	0.9	-	
		15	4.2	-	3.4	8.8	-	2.4	-	
Output Drive Current (CL/CP Device) Source (VOH = 2.5 Vdc) (VOH = 4.6 Vdc) (VOH = 9.5 Vdc) (VOH = 13.5 Vdc) Sink (VOL = 0.4 Vdc) (VOL = 0.5 Vdc) (VOL = 1.5 Vdc)	IOH	5.0	-1.0	-	-0.8	-1.7	-	-0.6	-	mAdc
		5.0	-0.2	-	-0.16	-0.36	-	-0.12	-	
		10	-0.5	-	-0.4	-0.9	-	-0.3	-	
	IOL	5.0	0.52	-	0.44	0.88	-	0.36	-	mAdc
		10	1.3	-	1.1	2.25	-	0.9	-	
		15	3.6	-	3.0	8.8	-	2.4	-	
Input Current (AL Device)	I _{in}	15	-	±0.1	-	±0.00001	±0.1	-	±1.0	μAdc
Input Current (CL/CP Device)	I _{in}	15	-	±0.3	-	±0.00001	±0.3	-	11.0	μAdc
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	-	-	-	-	5.0	7.5	-	-	pF
Quiescent Current (AL Device) (Per Package)	IDD	5.0	-	5.0	-	0.005	5.0	-	150	μAdc
		10	-	10	-	0.010	10	-	300	
		15	-	20	-	0.015	20	-	600	
Quiescent Current (CL/CP Device) (Per Package)	IDD	5.0	-	20	-	0.005	20	-	150	μAdc
		10	-	40	-	0.010	40	-	300	
		15	-	80	-	0.015	80	-	600	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	IT	5.0	IT = (0.6 μA/kHz) f + IDD							μAdc
		10	IT = (1.2 μA/kHz) f + IDD							
		15	IT = (1.7 μA/kHz) f + IDD							

*T_{low} = -55°C for AL Device, -40°C for CL/CP Device.

*T_{high} = +125°C for AL Device, +85°C for CL/CP Device.

#Noise immunity specified for worst-case input combination

Noise Margin for both "1" and "0" level = 1.0 Vdc min @ VDD = 5.0 Vdc

2.0 Vdc min @ VDD = 10 Vdc

2.5 Vdc min @ VDD = 15 Vdc

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + 2 \times 10^{-3} (C_L - 50) V_{DD} f$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V_{DD} in Vdc, and f in kHz is input frequency.

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

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

Characteristic	Symbol	V_{DD}	All Types			Unit
			Min	Typ	Max	
Output Rise Time $t_{TLH} = (3.0 \text{ ns/pF}) C_L + 30 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 15 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (1.1 \text{ ns/pF}) C_L + 10 \text{ ns}$	t_{TLH}	5.0 10 15	— — —	180 90 65	360 180 130	ns
Output Fall Time $t_{THL} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 25 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.75 \text{ ns/pF}) C_L + 12.5 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.55 \text{ ns/pF}) C_L + 9.5 \text{ ns}$	t_{THL}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	200 100 80	ns
Propagation Delay Time Clock to Q/Enable to Q $t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 \text{ ns/pF}) C_L + 215 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.86 \text{ ns/pF}) C_L + 97 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 \text{ ns/pF}) C_L + 75 \text{ ns}$ Reset to Q $t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 \text{ ns/pF}) C_L + 265 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 \text{ ns/pF}) C_L + 117 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 \text{ ns/pF}) C_L + 95 \text{ ns}$	t_{PLH}, t_{PHL}	5.0 10 15	— — —	280 115 80	560 230 160	ns
Clock Pulse Width	t_{WH}, t_{WL}	5.0 10 15	200 100 70	100 50 35	— — —	ns
Clock Pulse Frequency	f_{cl}	5.0 10 15	— — —	2.5 6.0 8.0	1.5 3.0 4.0	MHz
Clock or Enable Rise and Fall Time	t_{THL}, t_{TLH}	5.0 10 15	— — —	— — —	15 5.0 4.0	μs
Enable Pulse Width	$t_{WH(E)}$	5.0 10 15	440 200 140	220 100 70	— — —	ns
Reset Pulse Width	$t_{WH(R)}$	5.0 10 15	250 110 80	125 55 40	— — —	ns

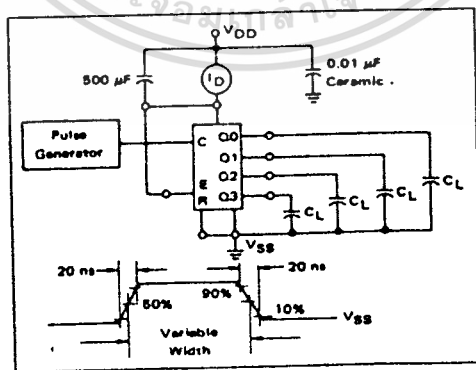
FIGURE 1 - POWER DISSIPATION TEST
CIRCUIT AND WAVEFORM

FIGURE 2 - SWITCHING TIME TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS

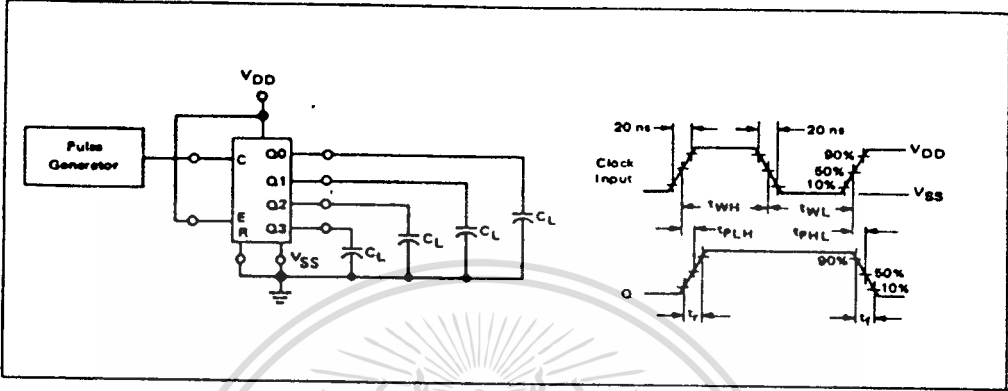


FIGURE 3 - TIMING DIAGRAM

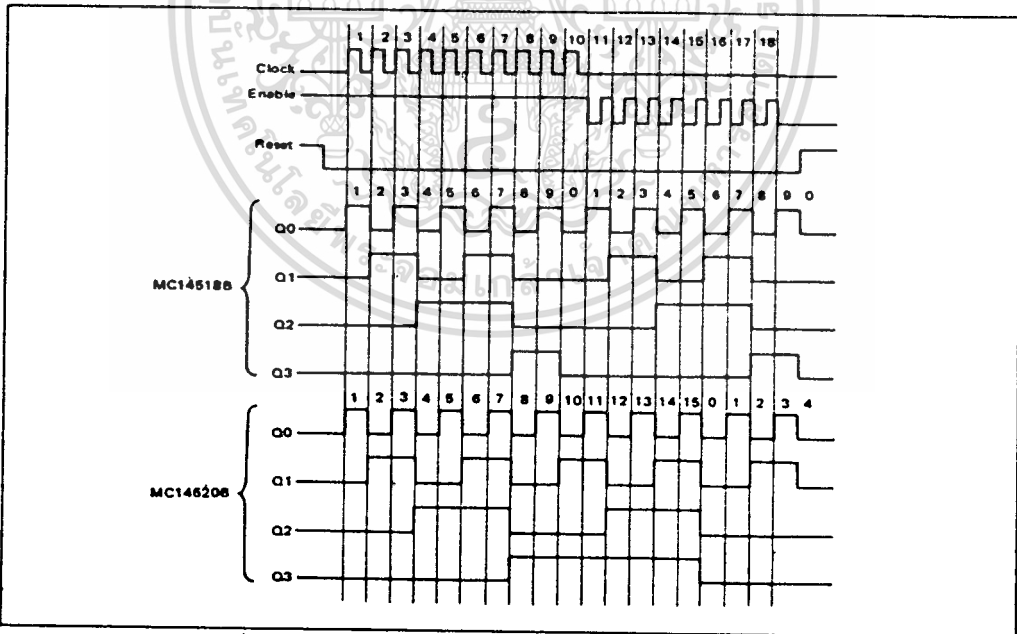


FIGURE 4 - DECADE COUNTER (MC14518B) LOGIC DIAGRAM
(1/2 OF DEVICE SHOWN)

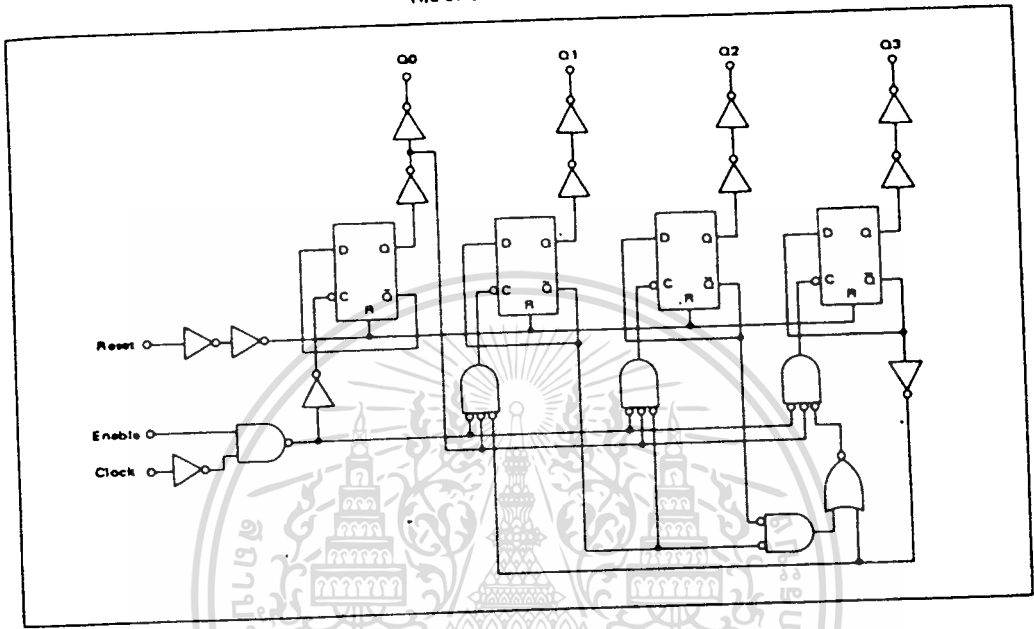
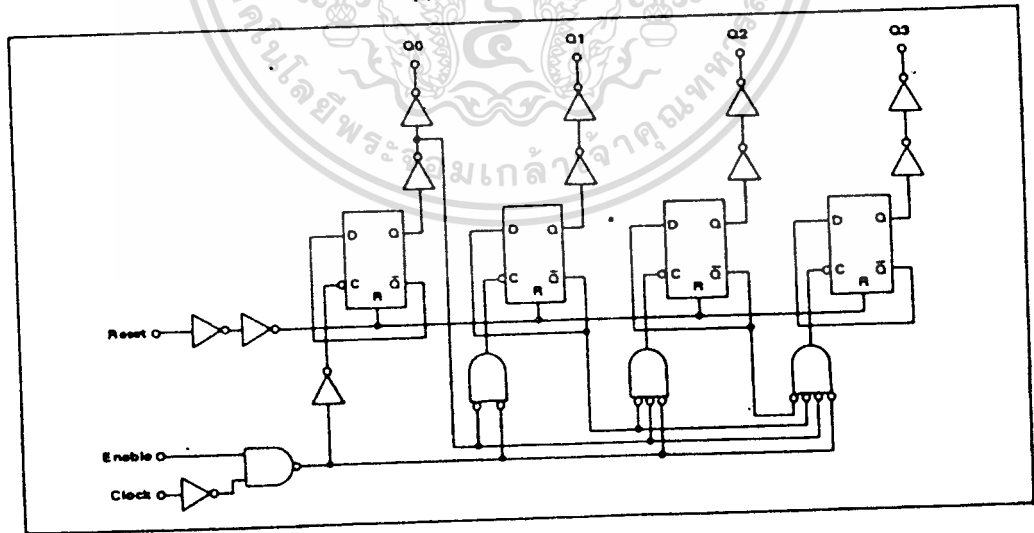




FIGURE 5 - BINARY COUNTER (MC14520B) LOGIC DIAGRAM
(1/2 OF DEVICE SHOWN)



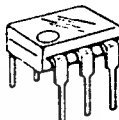
6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

These devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Convenient Plastic Dual-in-Line Package
- Economical
- High Input-Output Isolation Guaranteed — 7500 Volts Peak
- UL Recognized. File Number E54915 
- VDE approved per standard 0883 6.80 (Certificate number 41853), with additional approval to DIN IEC380/VDE0806, IEC435/VDE0805, IEC65/VDE0860, VDE110b, covering all other standards with equal or less stringent requirements, including IEC204 
- Special lead form available (add suffix "T" to part number) which satisfies VDE0883: 6.80 requirement for 8 mm minimum creepage distance between input and output solder pads.
- Various lead form options available. Consult "Optoisolator Lead Form Options" data sheet for details.

**H11A1
 thru
 H11A5**

**6-PIN DIP
 OPTOISOLATORS
 TRANSISTOR OUTPUT**



**CASE 730A-02
 PLASTIC**

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

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C)	P_D	120	mW
		1.41	mW°C

OUTPUT TRANSISTOR

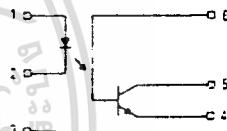
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	30	Volts
Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	7	Volts
Collector Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C)	P_D	150	mW
		1.76	mW°C

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	V _{ac}
Total Device Power Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C)	P_D	250	mW
		2.94	mW°C
Ambient Operating Temperature Range	T_A	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T_{sol}	260	$^\circ\text{C}$

(1) Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

SCHEMATIC



- 1 LED ANODE
- 2 LED CATHODE
- 3 NC
- 4 EMITTER
- 5 COLLECTOR
- 6 BASE

H11A1 thru H11A5

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

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

INPUT LED

Forward Voltage ($I_f = 10\text{ mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	V_F	—	1.15	1.5	Volts
$T_A = -55^\circ\text{C}$		—	1.3	—	
$T_A = 100^\circ\text{C}$		—	1.05	—	
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	0.01	10	μA
Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_J	—	18	—	pF

OUTPUT TRANSISTOR

Collector-Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}$)	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	I_{CEO}	—	1 1	50 —	nA μA
Collector-Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	I_{CBO}	—	0.2 100	20 —	n/ —
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 10\text{ mA}$)		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter-Collector Breakdown Voltage ($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$)		$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain ($I_C = 5\text{ mA}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$)		h_{FE}	—	500	—	—
Collector-Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CE} = 0\text{ V}$)		C_{CE}	—	7	—	pF
Collector-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CB} = 0\text{ V}$)		C_{CB}	—	19	—	pF
Emitter-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{EB} = 0\text{ V}$)		C_{EB}	—	9	—	pF

COUPLED

Output Collector Current ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CE} = 10\text{ V}$)	H11A1 H11A2,3 H11A4 H11A5	I_C	5 2 1 3	12 7 5 9	— — — —	mA
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 0.5\text{ mA}$, $I_f = 10\text{ mA}$)		$V_{CE(sat)}$	—	0.1	0.4	Volts
Turn-On Time ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$, Figure 11)		t_{on}	—	2.8	—	μs
Turn-Off Time ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$, Figure 11)		t_{off}	—	4.5	—	μs
Rise Time ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$, Figure 11)		t_r	—	1.2	—	μs
Fall Time ($I_f = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$, Figure 11)		t_f	—	1.3	—	μs
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$)		V_{ISO}	7500	—	—	V(acpk)
Isolation Resistance ($V = 500\text{ V}$)		R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω
Isolation Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)		C_{ISO}	—	0.2	—	pF

TYPICAL CHARACTERISTICS

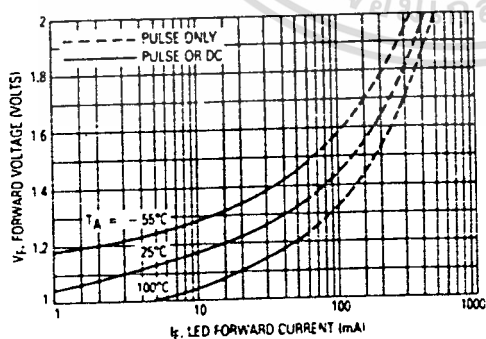


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

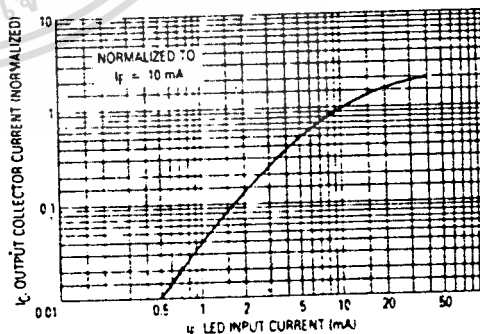


Figure 2. Output Current versus Input Current

H11A1 thru H11A5

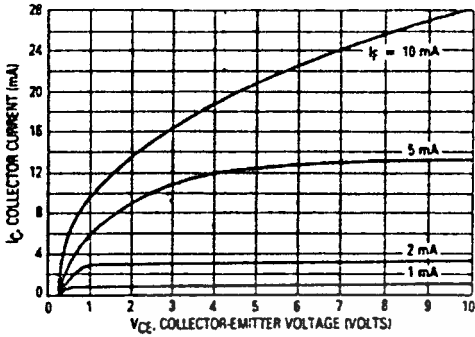


Figure 3. Collector Current versus Collector-Emitter Voltage

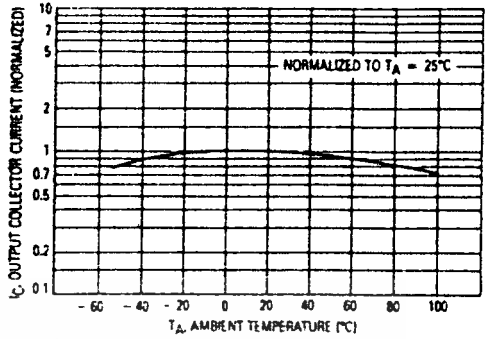


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

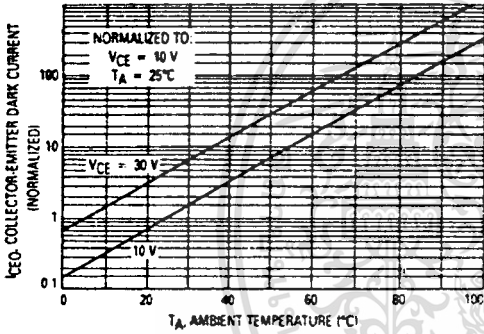


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

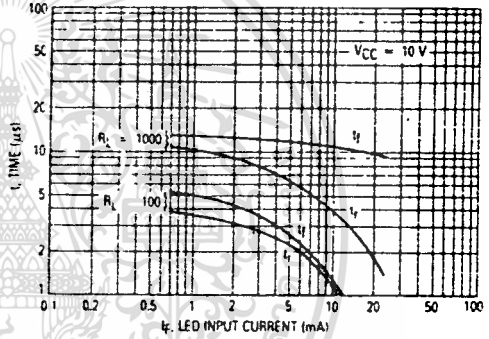


Figure 6. Rise and Fall Times

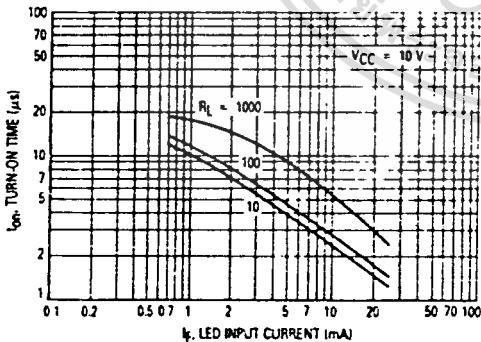


Figure 7. Turn-On Switching Times

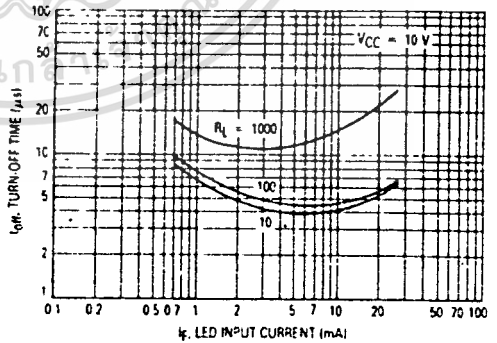


Figure 8. Turn-Off Switching Times

H11A1 thru H11A5

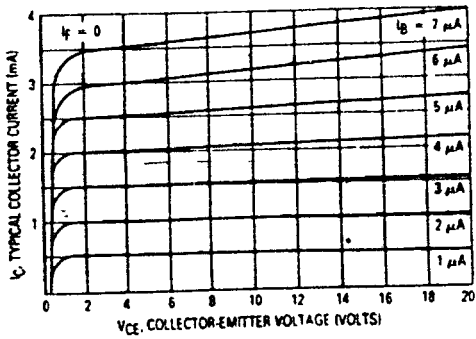


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

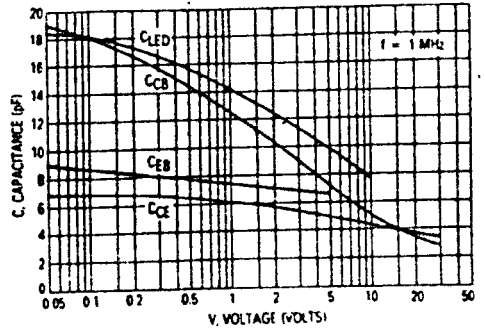


Figure 10. Capacitances versus Voltage

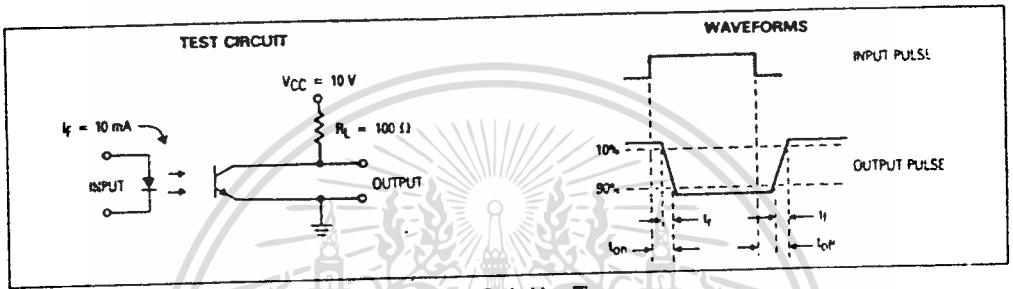
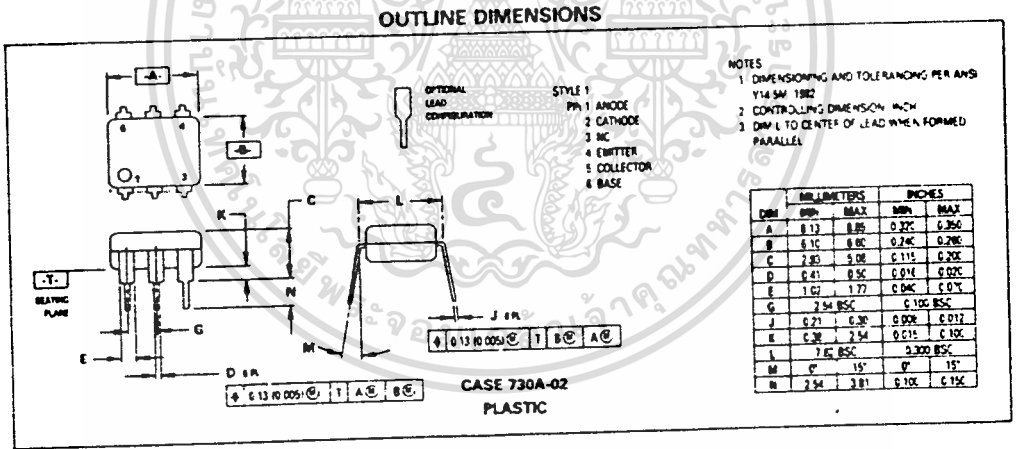


Figure 11. Switching Times



4N25, 4N25A, 4N26, 4N27, 4N28

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED					
Forward Voltage ($I_f = 10\text{ mA}$)	V_f	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1.15	1.5
		$T_A = -55^\circ\text{C}$	—	1.3	—
		$T_A = 100^\circ\text{C}$	—	1.05	—
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	—	100	μA
Capacitance ($V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$)	C_J	—	18	—	pF

OUTPUT TRANSISTOR					
Collector-Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$)	4N25, 25A, 26, 27 4N28	I_{CEO}	—	1	50
			—	1	100
	All Devices	I_{CEO}	—	1	—
Collector-Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)		I_{CBO}	—	0.2	—
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1\text{ mA}$)		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—
Emitter-Collector Breakdown Voltage ($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$)		$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—
DC Current Gain ($I_C = 2\text{ mA}, V_{CE} = 5\text{ V}$)		h_{FE}	—	500	—
Collector-Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{CE} = 0$)		C_{CE}	—	7	—
Collector-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{CB} = 0$)		C_{CB}	—	19	—
Emitter-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{EB} = 0$)		C_{EB}	—	9	—

COUPLED					
Output Collector Current ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$)	4N25, 25A, 26 4N27, 28	I_C	2 1	7 5	—
					mA
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 2\text{ mA}, I_f = 50\text{ mA}$)		$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5
Turn-On Time ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$)		t_{on}	—	2.8	—
Turn-Off Time ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$)		t_{off}	—	4.5	—
Rise Time ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$)		t_r	—	1.2	—
Fall Time ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$)		t_f	—	1.3	—
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}, t = 1\text{ sec}$)		V_{ISO}	7500	—	—
Isolation Resistance ($V = 500\text{ V}$)		R_{ISO}	10^{11}	—	—
Isolation Capacitance ($V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$)		C_{ISO}	—	0.2	—

TYPICAL CHARACTERISTICS

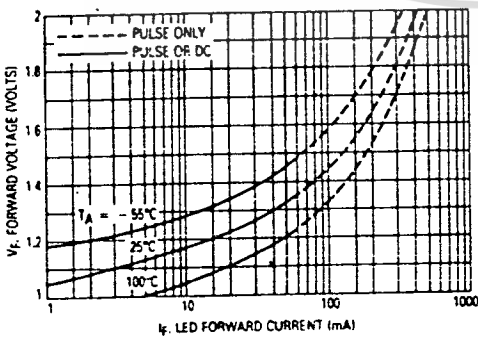


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

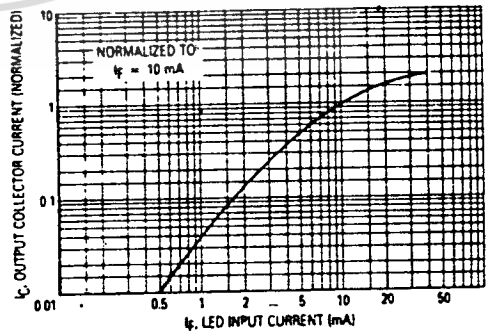


Figure 2. Output Current versus Input Current

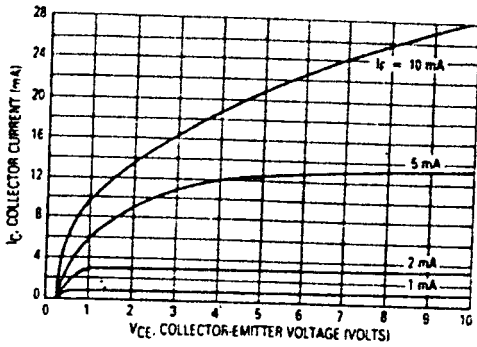


Figure 3. Collector Current versus Collector-Emitter Voltage

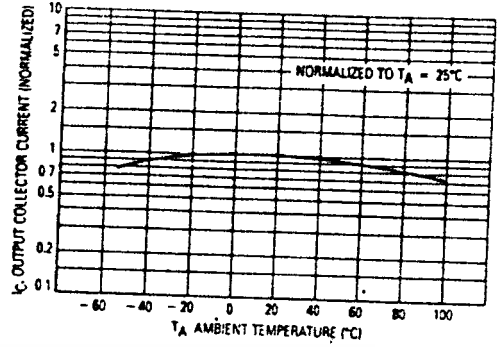


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

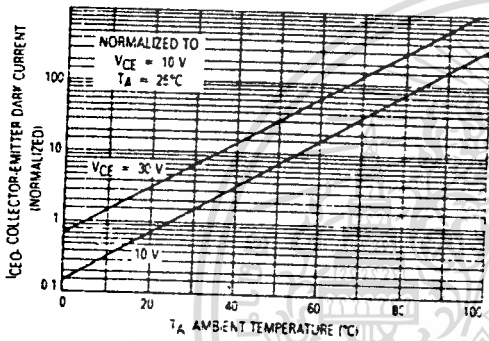


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

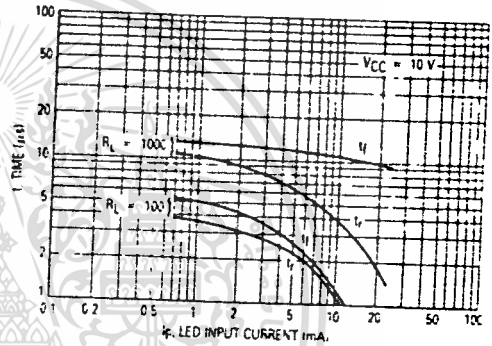


Figure 6. Rise and Fall Times

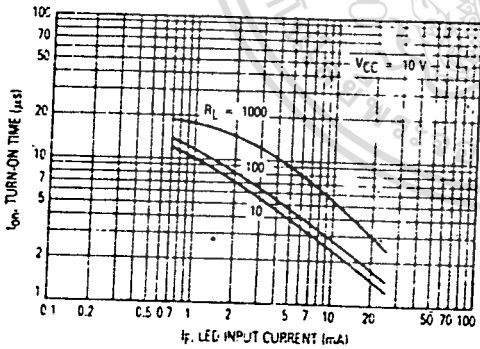


Figure 7. Turn-On Switching Times

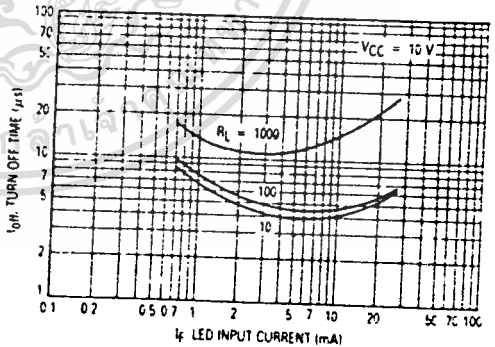


Figure 8. Turn-Off Switching Times

4N25, 4N25A, 1N26, 4N27, 4N28

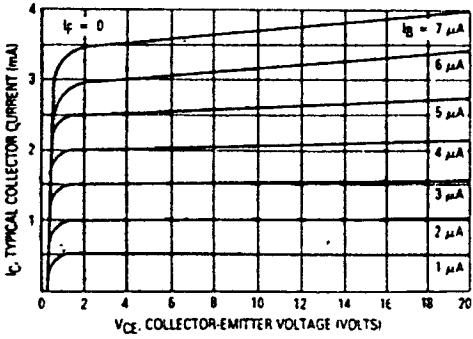


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

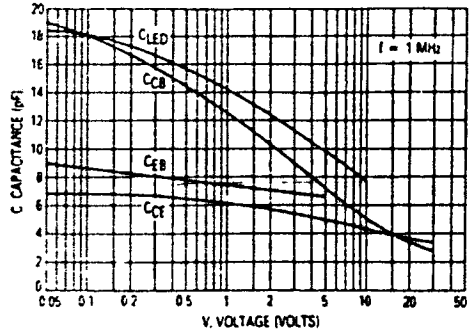


Figure 10. Capacitances versus Voltage

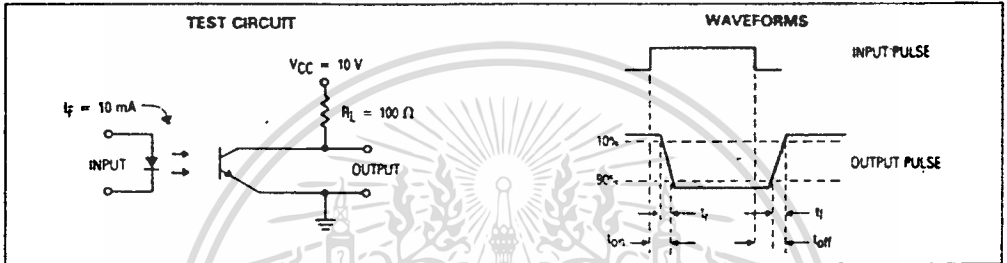
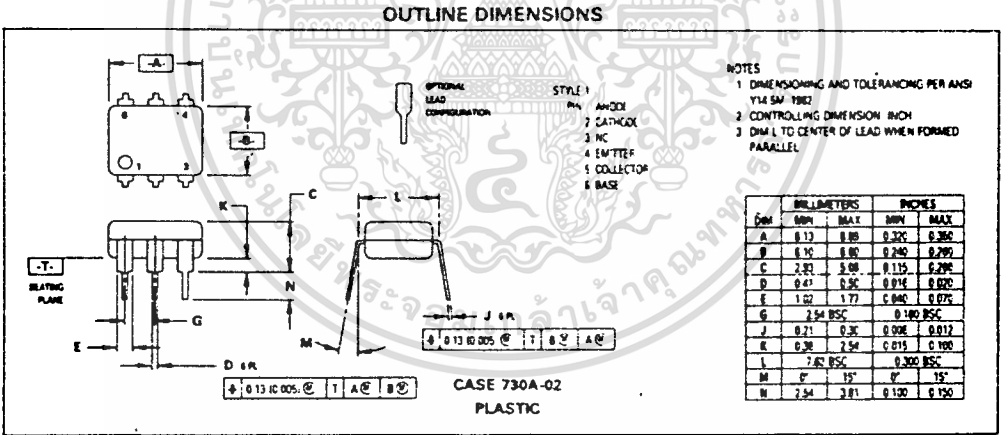


Figure 11. Switching Times



กิตติกรรมประกาศ

โครงการ และ วิทยานิพนธ์นี้ มีโอกาสที่จะสำเร็จลงได้ ตามวัตถุประสงค์ ถ้าปราศจาก ความร่วมมือ และ คำแนะนำต่าง ๆ ดังนั้นในนามของผู้จัดทำจึงต้อง ขอขอบคุณแก่ผู้ที่ให้ความร่วมมือ ทุกฝ่าย อาทิ อาจารย์ และ เพื่อน ๆ ทุกคน ที่ได้ ร่วมกันแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และที่สำคัญที่สุดคือ อาจารย์ สุพรรณ กุสพาณิชย์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุก ๆ ด้าน ในการวิจัยครั้งนี้อย่างมาก และขอมอบความดี และ ประโยชน์ จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กลับสู่ผู้ที่ให้ความร่วมมือ ทุก ๆ ท่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. อ.นรินทร์ เชาวประทีป , "การคำนวณวงจรรทรานซิสเตอร์" ,

หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์

2. "คู่มือ/เทียบเบอร์ ไอซี CMOS" , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

3. ADEL S. SEDRA AND KENNETH C. SMITH ,

"MICROELECTRONIC CIRCUITS" , CBS COLLEGE PUBLISHING , 1982

4. KUTSUHIKO OGATA , "MODERN CONTROL ENGINEERING" ,

PRENTICE-HALL OF INDIA , 1978