

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมแสงสว่างแบบโปรแกรมได้สำหรับห้องประชุม

PROGRAMMABLE LIGHTING CONTROL

FOR CONFERENCE ROOM



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61775
วัน,เดือน,ปี 2 1 ก.ค. 2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**PROGRAMMABLE LIGHTING CONTROL
FOR CONFERENCE ROOM**



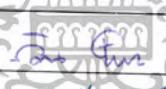

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท ระบบควบคุมแสงสว่างแบบโปรแกรมได้สำหรับห้องประชุม
PROGRAMMABLE LIGHTING CONTROL FOR CONFERENCE ROOM
นักศึกษาผู้จัดทำ นายพงศ์เทพ ศรีสกุลเตียว รหัสประจำตัว 45015512
นายสถาพร ศรีทอง รหัสประจำตัว 45015532
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ผู้คุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
ผศ. อัมพวัน ใจกล้า	
รศ. ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2548
สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว


(รศ. ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบควบคุมแสงสว่างแบบโปรแกรมได้สำหรับห้องประชุม
PROGRAMMABLE LIGHTING CONTROL FOR CONFERENCE
ROOM

นักศึกษาผู้จัดทำ นายพงศ์เทพ ศรีสกุลเต็ย
นายสถาพร ศรีทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์
ผศ.อัมพวัน ใจกล้า

ปีการศึกษา 2547

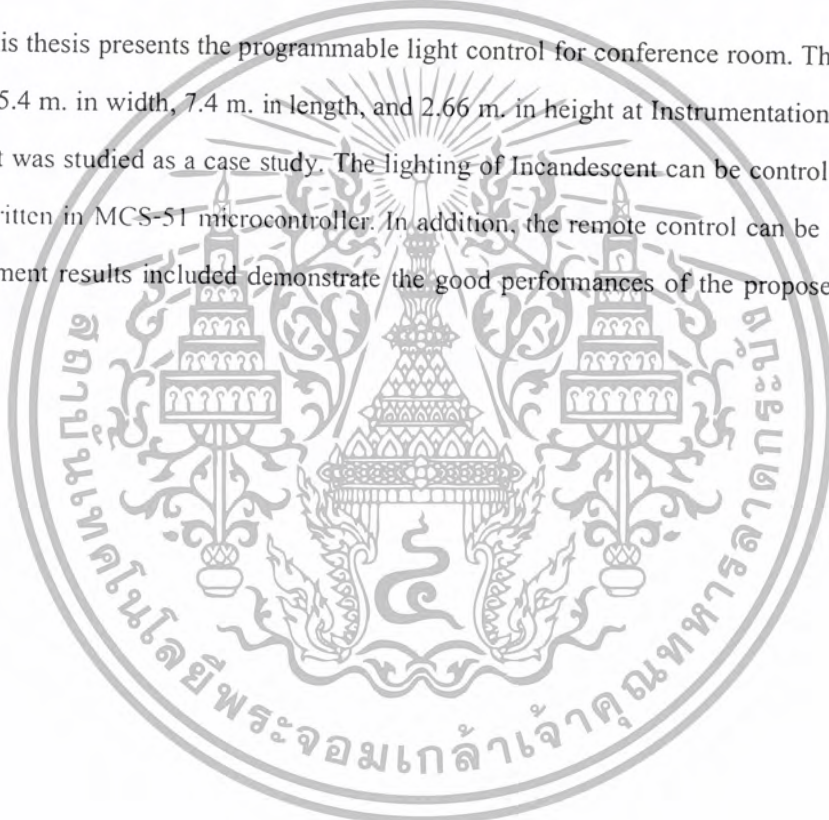
บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอระบบควบคุมแสงสว่างแบบโปรแกรมได้สำหรับห้องประชุม โดยเลือกใช้ห้องประชุมที่มีความกว้าง 5.4 เมตร ความยาว 7.4 เมตร และความสูง 2.66 เมตร ซึ่งเป็นสถานที่ของภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม เป็นกรณีศึกษา แสงสว่างของหลอดอินแคนเดสเซนส์ สามารถควบคุมได้ตามโปรแกรมต่างๆ ที่กำหนดไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นอกเหนือจากนั้นยังสามารถควบคุมแสงสว่างในระยะไกลได้โดยการใช้รีโมต ผลจากการทดลอง ผลที่ได้มีประสิทธิภาพที่ดี

Thesis Title	Programmable lighting control for conference room	
Authors	Mr. Pongthep	Srisakultiew
	Mr. Sathaporn	Srithong
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Prasit	Julsereewong
	Asst.Prof.Amphawan	Chaikla
Year	2004	

ABSTRACT

This thesis presents the programmable light control for conference room. The conference room with 5.4 m. in width, 7.4 m. in length, and 2.66 m. in height at Instrumentation Engineering Department was studied as a case study. The lighting of Incandescent can be controlled using the program written in MCS-51 microcontroller. In addition, the remote control can be also applied. The experiment results included demonstrate the good performances of the proposed technique.



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีก็เพราะความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัมพวัน ใจกล้า และรองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเพื่ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ จึงใคร่ขอขอบพระคุณ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาในการทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณผู้แต่งหนังสือและผู้เขียนบทความทุกท่านที่ให้ความรู้และแนวคิดทาง หนังสือและบทความของท่านในการทำปริญญานิพนธ์นี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีแด่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	2
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	2
1.4 รายละเอียดของปริญญาโท.....	3
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบระบบแสงสว่าง.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 การออกแบบระบบแสงสว่าง.....	6
2.3 สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์.....	9
2.4 อัตราส่วนระหว่างระยะห่างของดวงโคมกับความสูงของดวงโคม.....	9
2.5 กอบความสูญเสียแสง (Light Loss Factor).....	10
2.6 อินแคนเดสเซนต์ (Incandescent).....	11
2.7 การคำนวณ โดยวิธีโชนอลคาวิตี.....	17
2.8 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคม.....	20
2.9 การจัดวางดวงโคม (Layout of the Luminarie).....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	24
3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	24
3.2 คุณสมบัติของออปแอมป์.....	42
3.3 ไตรแอก (Triac).....	46
3.4 วงจรการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก.....	47
3.5 วงจรจุดชนวนเกตด้วยวงจรรวมสำหรับการควบคุมเฟสเบอร์ TCA 785.....	48
บทที่ 4 ระบบควบคุมแสงสว่างที่นำเสนอ.....	51
4.1 กล่าวนำ.....	51
4.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์.....	51
4.3 การออกแบบซอฟต์แวร์ และกำหนดฟังก์ชันการใช้งาน.....	55
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	57
5.1 กล่าวนำ.....	57
5.2 วงจรการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก.....	57
5.3 การต่อวงจรโดยรวม.....	59
5.4 รูปแบบของฟังก์ชันใช้งาน.....	59
บทที่ 6 บทสรุปและแนวทางการพัฒนาต่อ.....	64
6.1 บทสรุป.....	64
6.2 แนวทางศึกษาพัฒนาต่อ.....	65
บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก.....	67
ภาคผนวก ก.....	68
ภาคผนวก ข.....	76
ภาคผนวก ค.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงรูปแบบของห้องประชุม และระบบส่องสว่างในห้องประชุม.....	2
2.1 แสดงตัวอย่างจากตารางแสดงค่าระดับความสว่างที่เหมาะสมของ IES.....	5
2.2 แสดงลักษณะการจัดวางดวงโคมในสำนักงานทั่วไป.....	6
2.3 แสดงลักษณะการจัดวางดวงโคมในห้องทำงานส่วนตัว.....	7
2.4 แสดงลักษณะการจัดวางดวงโคมในบริเวณทางเดิน.....	8
2.5 แสดงตารางที่ ก ถึง ฉ แสดงเปอร์เซ็นต์คงเหลือของปริมาณอันเนื่องมาจากความสกปรก ของดวงโคม (ค่า LLD) จากประเภทที่ 1 ถึง ประเภทที่ 6.....	11
2.6 แสดงส่วนประกอบและโครงสร้างของหลอดอินแคนเดสเซนต์.....	12
2.7 แสดงลักษณะของไส้หลอดแบบต่าง ๆ.....	13
2.8 แสดงรูปร่างและขนาดของหลอดแบบต่าง ๆ.....	14
2.9 แสดงขั้วของหลอดอินแคนเดสเซนต์ชนิดต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ANSI.....	15
2.10 แสดงขั้วหลอดแบบมาตรฐานยุโรป.....	16
2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าอายุการใช้งาน และค่าลูเมนที่เปล่งออกมา.....	16
2.12 แสดงหลักการของการแบ่งโซนควาวิตี.....	17
2.13 แสดงเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของระดับความสว่างภายในห้อง.....	21
2.14 แสดงการจัดวางดวงโคม.....	21
2.15 แสดงลักษณะการวางดวงโคมแบบสมมาตร.....	22
2.16 แสดงการจัดวางดวงโคมทำให้มีความรู้สึกว่าห้องกว้างขึ้นหรือยาวขึ้นได้.....	23
3.1 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8052.....	25
3.2 แสดงสัญญาณต่างๆ ของ MCS-51 เบอร์ 8051.....	27
3.3 แสดงการต่อสัญญาณนาฬิกาที่ขา XTAL1 และ XTAL2.....	28
3.4 แสดงการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก.....	28
3.5 แสดงการต่อสัญญาณรีเซต.....	29
3.6 แสดงการสร้างสัญญาณแอดเดรสและสัญญาณข้อมูล.....	30
3.7 แสดงการต่อวงจรแลตซ์ตำแหน่ง A0-A7.....	31
3.8 แสดงการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051.....	33
3.9 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051.....	34
3.10 แสดงไคอะแกรมเวลาของการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.11 แสดงการต่อ EPROM เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051.....	35
3.12 แสดงการต่อ EPROM หลายตัวเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	37
3.13 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ 8051.....	38
3.14 แสดงการจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน.....	39
3.15 แสดงไคอะแกรมเวลาของการอ่านและบันทึกข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก.....	41
3.16 แสดงการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ RAM 6264.....	42
3.17 แสดงบล็อกไคอะแกรมของวงจรภายในภาคต่าง ๆ ของออปแอมป์.....	43
3.18 แสดงสัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์.....	44
3.19 แสดงลักษณะการทำงานของออปแอมป์.....	45
3.20 แสดงความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆ ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์.....	45
3.21 แสดงวงจรสมมูล และสัญลักษณ์ของไทรแอก.....	46
3.22 แสดงการจับไป้อดีให้กับไทรแอก.....	46
3.23 แสดงกระแสและแรงดันของไทรแอกในการทำงานกวดแรงแที่ที่ 1 และ 3.....	47
3.24 แสดงไคอะแกรมการควบคุมสัญญาณต่างๆ.....	48
3.25 แสดงวงจรจุดชนวนเกิดด้วยวงจรรวมสำหรับการควบคุมเฟสเบอร์ TCA 785.....	49
3.26 แสดงการทำงานของ TCA 785.....	50
4.1 แสดงการออกแบบโดยรวม.....	51
4.2 แสดงการจัดระยะห่างของดวงโคมโดยที่ห้องมีความกว้าง 5.4 เมตร ยาว 7.4 เมตร.....	54
4.3 แสดงชุดของหลอดไฟที่จะควบคุมในห้องประชุม.....	55
5.1 แสดงวงจรการต่อ D/A.....	57
5.2 แสดงการต่อวงจรโดยรวม.....	59
5.3 แสดงผลจากการเลือกฟังก์ชันที่ 1.....	60
5.4 แสดงผลจากการเลือกฟังก์ชันที่ 2.....	61
5.5 แสดงผลจากการเลือกฟังก์ชันที่ 3.....	61
5.6 แสดงผลจากการเลือกฟังก์ชันที่ 4.....	62
5.7 แสดงผลจากการเลือกฟังก์ชันที่ 5.....	62
5.8 แสดงผลจากการเลือกฟังก์ชันที่ 6.....	63
5.9 แสดงการวัดค่าความเข้มของแสงในห้องประชุม.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

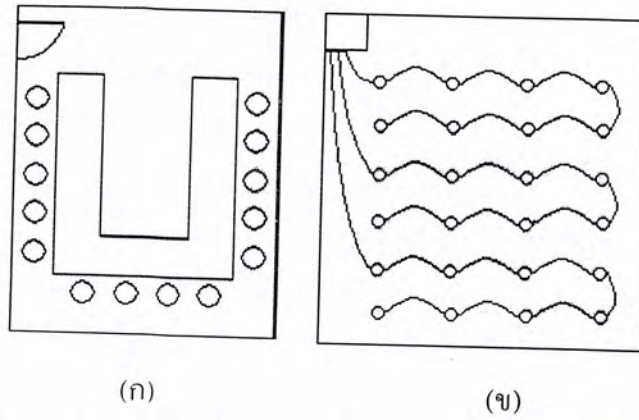
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันมีการออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างมากมายหลายแบบแตกต่างกันไป ในการควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟนั้นสามารถควบคุมได้หลายประเภท อาทิเช่น การควบคุมหลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ ฯลฯ โดยการควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟแต่ละประเภท จะมีวงจรในการควบคุมที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟที่ทำการควบคุม จากการศึกษาพบว่า การควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟสามารถแบ่งประเภทของการควบคุม ได้ดังนี้

1. Manual เป็นการควบคุมตามความต้องการของผู้ใช้โดยใช้สวิตช์แบบกด(Push Button Switch) หรือสวิตช์แบบโยก(Selector Switch) เลือกว่าจะให้สว่างระดับไหน หรือจะใช้สวิตช์หรี่ไฟ(Dimmer Switch) หมุนปรับตามความต้องการของผู้ใช้ ในการควบคุมโดยทั่วไป
2. Program เป็นการควบคุมโดยใช้เครื่องควบคุมที่มีการตั้งค่าไว้ในโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกความสว่างได้ตามต้องการ
3. Lan เป็นการควบคุมโดยการควบคุมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นระบบขนาดใหญ่ มีแสงสว่างหลากหลายรูปแบบนิยมใช้ในห้องประชุมที่มีการจัดแสดงขนาดใหญ่
4. Remote เป็นการควบคุมระยะไกล เพื่ออำนวยความสะดวกในการควบคุมให้มากยิ่งขึ้น โดยสามารถควบคุมได้จากทุกจุดภายในห้องที่ต้องการควบคุม
5. Telephone เป็นการควบคุมผ่านทางโทรศัพท์ เป็นการควบคุมที่ทันสมัย ส่วนใหญ่แล้วจะใช้ควบคุมภายในบ้าน หรือสำนักงาน

จากที่กล่าวมา ในโครงงานนี้จึงได้เล็งเห็นความสำคัญในการควบคุมแสงสว่าง จึงได้ทำการศึกษาและออกแบบการควบคุมแสงสว่างแบบโปรแกรมได้โดยได้แสดงตัวอย่างในการออกแบบ แสงสว่างสำหรับห้องประชุม โดยและรูปแบบของห้องประชุมมีดังภาพที่ 1.1 ดังนี้



ภาพที่ 1.1 แสดงรูปแบบของห้องประชุม และระบบส่องสว่างในห้องประชุม

จากภาพที่ 1.1 (ก) แสดงรูปแบบของการจัดวางตำแหน่งของโต๊ะและเก้าอี้ในห้องประชุม ส่วนภาพที่ 1.1 (ข) แสดงลักษณะของการเดินสายไฟฟ้าภายในห้องประชุมที่ได้ออกแบบขึ้นเพื่อเป็นกรณีศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญญานิพนธ์

ในโครงการนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

1. สามารถนำหลักการออกแบบเพื่อควบคุมแสงสว่างไปประยุกต์ใช้งานได้จริง
2. สามารถออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างในห้องประชุมขนาดเล็กโดยใช้ MCS-51 ได้
3. สามารถสร้างชุดควบคุมแสงสว่างแบบโปรแกรมได้โดยใช้ชุดควบคุมระยะไกล หรือ รีโมต(Remote)

1.3 ขอบเขตของปัญญานิพนธ์

ในการทำโครงการนี้ได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1. มีการออกแบบแสงสว่างของห้องประชุม โดยใช้ห้องประชุมขนาด 5.4 m X 7.4 m เป็นกรณีศึกษา
2. ใช้ MCS-51 ในการควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟ แทนการใช้สัญญาณลจิกควบคุม
3. สามารถกำหนดรูปแบบแสงสว่างในห้องประชุมแบบต่างๆ ได้โดยใช้ MCS-51
4. มีรีโมตเป็นอุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการควบคุมระยะไกลได้

1.4 รายละเอียดของปฏิญานិพนธ์

ในปฏิญานิพนธ์นี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บท และภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำ ซึ่งกล่าวถึงความเป็นมา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงการและรายละเอียดของปฏิญานิพนธ์ในแต่ละบท

บทที่ 2 เป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบระบบแสงสว่าง ซึ่งกล่าวถึงการออกแบบระบบแสงสว่างโดยทั่วไป

บทที่ 3 เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งกล่าวถึงหลักการการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ คุณสมบัติของออปแอมป์ ไทรแอก วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก และวงจรจุดชนวนเกิดด้วยวงจรรวมสำหรับการควบคุมเฟสเบอร์ TCA 785

บทที่ 4 เป็นระบบควบคุมแสงสว่างที่นำเสนอ ซึ่งกล่าวถึง การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์และการกำหนดฟังก์ชันการใช้งาน

บทที่ 5 เป็นผลการทดลอง ซึ่งกล่าวถึงผลการทดลองของ วงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก การต่อวงจรโดยรวม รูปแบบของฟังก์ชันใช้งาน

บทที่ 6 เป็นบทสรุปและแนวทางการพัฒนา ซึ่งกล่าวถึง บทสรุปและแนวทางการพัฒนาต่อ

ภาคผนวก ก. เป็นข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณระบบแสงสว่าง

ภาคผนวก ข. เป็นคู่มือการใช้หรีโมต

ภาคผนวก ค. เป็นข้อมูลไอซีที่ใช้ในวงจร

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบระบบแสงสว่าง

2.1 กล่าวนำ

การออกแบบเพื่อให้ได้ระบบแสงสว่างที่ดี นอกจากจะต้องให้ได้ปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งานนั้น ไม่มากไปหรือน้อยไปแล้ว ยังจะต้องทำให้ผู้ปฏิบัติงานอยู่ภายใต้แสงนั้นมีความรู้สึกสบายในการทำงาน และมีความรู้สึกสบายในการใช้สายตา (Visual comfort) กล่าวคือความจ้าของแสงที่เกิดขึ้นจากชิ้นงานและสภาพแวดล้อมที่จะต้องมีความกลมกลืนกัน ไม่มีแสงแยงตาจากดวง โคม โดยตรง หรือสะท้อนจากชิ้นงาน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความสวยงามของระบบแสงสว่างที่ติดตั้งตลอดจนลักษณะของงานที่ทำอีกด้วย

การปฏิบัติงานภายใต้ระบบแสงสว่างที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้เร็วขึ้น มากขึ้น ประสิทธิภาพดีขึ้น มีความพึงพอใจในการทำงานมากขึ้นเท่านั้น แต่ยังทำให้ขวัญและกำลังใจของพนักงานดีขึ้นด้วย ในทำนองกลับกัน ถ้าพนักงานต้องทำงานอยู่ในสถานที่ซึ่งมีปริมาณแสงสว่างไม่เพียงพอ อาจจะมีผลทำให้จำนวนครั้งของความผิดพลาดในการทำงานมีมากขึ้นและถ้าหากพนักงานจะต้องทำงานอยู่ในสถานที่นั้นเป็นเวลานาน ๆ อาจจะมีผลกระทบทำให้กล้ามเนื้อตาและเสื่อมได้ง่าย

IES (Illuminating Engineering Society) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาค่าระดับความสว่างที่เหมาะสม สำหรับลักษณะงานประเภทต่าง ๆ ภายในสำนักงาน กับนักศึกษาซึ่งอยู่ในระดับวิทยาลัยกลุ่มใหญ่กลุ่มหนึ่ง และได้จัดทำเป็นตารางเสนอแนะค่าระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมดังภาพที่ 2.1

อย่างไรก็ตาม จะต้องระลึกไว้เสมอว่า ค่าระดับความสว่างที่แสดงไว้ในตารางนั้นเป็นค่าต่ำสุดที่แนะนำไว้เท่านั้น ในการออกแบบระบบแสงสว่างจริง ๆ จะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจทำให้ปริมาณของระดับแสงสว่างที่ออกแบบไว้ในตอนแรกตกลง เช่น ความเสื่อมของตัวหลอดไฟเอง การสะสมฝุ่นละอองของดวงโคม ตลอดจนผนังและเพดานห้อง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงอายุของพนักงานที่จะปฏิบัติงานอยู่ภายใต้แสงนั้นด้วย กล่าวคือ ถ้าอายุโดยเฉลี่ยของพนักงานค่อนข้างสูง ค่าระดับความสว่างที่ต้องการ ก็อาจสูงขึ้นตามไปด้วย

ในบางครั้งถึงแม้ว่าระดับความสว่างโดยเฉลี่ยภายในห้องปฏิบัติงานจะสอดคล้องหรือมากกว่าระดับที่ IES ได้เสนอแนะไว้แล้ว แต่พนักงานก็ยังมีความรู้สึกไม่สบายตา ทั้งนี้เพราะความจ้าของแสงอันเกิดจากชิ้นงาน หรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้ ๆ กัน ไม่เหมาะสมกลมกลืนกัน เราสามารถที่จะแก้ไขและควบคุมระดับความจ้าของแสงที่อาจจะแตกต่างกันมากนี้ได้ โดยกำหนดชนิดและ

สีของวัสดุที่ใช้ทำเพดาน ผนัง พื้น ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ภายในห้องให้มีความสามารถในการสะท้อนแสงที่เหมาะสมดังตารางที่ 2.1

Offices	
Cartography, designng, detaile drafting.....	200
Accountig, auditing, tabulating, bookkeeping business maching operating, reding poor reproductions, rough layout draft ing.....	150
Regular office work, reading good reproduc- tions, reading or transcing handwrit- ting in hard pencil or on poor paper, ac- tive filing, index references, mail sorting.	100
Reading or transcribing handwriting in ink or medium pencil on good quality paper, intermittent filing.....	70
Reading high-contrast or well-promoted ,aterial tasks and areas not involving critical or prolonged seeing such as conferring, interviewing, inactive gles, washrooms.....	30
Corridors, elevators, escalators, stairways	

ภาพที่ 2.1 แสดงตัวอย่างจากตารางแสดงค่าระดับความสว่างที่เหมาะสมของ IES

ตารางที่ 2.1 แสดงความสะท้อนแสงที่เหมาะสม

ผิวของวัสดุ	ค่าความสะท้อนแสง(%)
เพดาน	70 – 90
ผนัง	40 – 60
ส่วนบนของเฟอร์นิเจอร์	25 – 45
อุปกรณ์สำนักงาน	25 – 45
พื้น	20 – 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบแสงสว่างโดยทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบระบบแสงสว่างภายใน สำนักงาน โรงเรียน โรงงานอุตสาหกรรม หรือสถานที่ใด ๆ ก็ตาม จะต้องออกแบบให้ระบบแสงสว่างกลมกลืนเข้ากับสถานที่นั้นและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียง และต่อจากนี้ไป เราจะพิจารณาถึงการจัดวางดวงโคม การตัดแปลงดวงโคมให้เข้ากับเพดานและสิ่งแวดล้อมภายในห้องเพื่อลดการแยงตาและการปรับความแตกต่างของความจ้าของแสงที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องให้สัมพันธ์กัน

2.2 การออกแบบระบบแสงสว่าง

ข้อพิจารณาพิเศษในการออกแบบระบบแสงสว่าง [1] ในสำนักงานมีดังนี้

2.2.1 บริเวณโดยทั่วไปของสำนักงาน (General office) บริเวณโดยทั่วไปของสำนักงานมักใช้ประโยชน์ร่วมกันหลายฝ่ายหลายแผนก มีลักษณะของงานกระ다ยต่าง ๆ หลายประเภทด้วยกัน เกี่ยวข้อง นับตั้งแต่งานพิมพ์เขียน งานพิมพ์ดีด งานถ่ายเอกสาร หรือในบางครั้งอาจจะมีลักษณะงานบางอย่างที่จะต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย และจะต้องอ่านข้อมูลบนจอภาพหรือบนกระดาศคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ก็ยังมีภารกิจย้ายและจัดโต๊ะทำงานใหม่บ่อย ๆ หรืออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม หรือรื้อถอนผนังกันห้องในภายหลัง ฉะนั้นการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับบริเวณ โดยทั่วไปของสำนักงานให้เหมาะสมสำหรับลักษณะงานทุกประเภท เพื่อให้ได้ ปริมาณและคุณภาพพร้อม ๆ กัน จึงทำได้ยาก โดยทั่วไปแล้วเรามักจะจัดเรียง(Layout) ตำแหน่งของดวงโคมในลักษณะแบบที่เรียกว่าการจัดแบบสมมาตร ดังภาพที่ 2.2 เพื่อให้มีความคล่องตัวสูง และมีลักษณะของความสวยงามเป็นระเบียบในตัวเอง

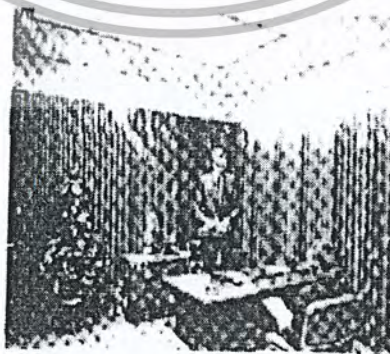
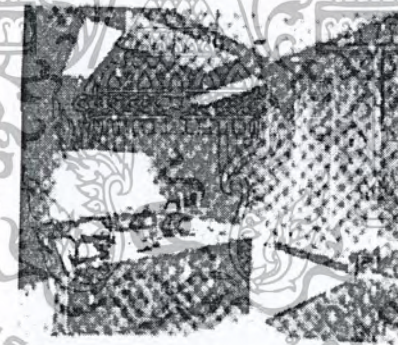


ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะการจัดวางดวงโคมในสำนักงานทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังจะต้องพยายามควบคุมระดับความจ้าและลดการแยงตาให้น้อยที่สุด เช่น ใช้ โคมไฟแบบฝังเข้าไปในเพดาน บางครั้งอาจจะต้องใช้ดวงโคมเฉพาะบริเวณเข้าช่วยในบางจุดบาง ตำแหน่งที่ต้องการปริมาณแสงมากขึ้นเป็นพิเศษ และยังอาจจะต้องคำนึงถึงระดับแสงสว่างบริเวณ รอบ ๆ ผนังอีกด้วย ดวงโคมควรจะต้องอยู่ชิดผนังพอสมควรเพื่อรักษาระดับแสงสว่างบนพื้นงานใน บริเวณนี้ให้ใกล้เคียงกับบริเวณอื่นด้วย ข้อควรพิจารณาอีกประการหนึ่งสำหรับการออกแบบระบบ แสงสว่างสำหรับบริเวณ โดยทั่วไปของสำนักงานก็คือ ประสิทธิภาพของระบบและการถ่ายเท ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากดวงโคม

2.2.2 ห้องทำงานส่วนตัว (Private office) จุดประสงค์ของการออกแบบแสงสว่างสำหรับ ห้องทำงานส่วนตัว มักมุ่งไปที่การสร้างบรรยากาศให้รู้สึกสบายในการทำงานมากกว่าที่จะพิจารณา ถึงเรื่องประสิทธิภาพของระบบ ระดับแสงสว่างภายในห้องควรจะเน้นมากขึ้นเป็นพิเศษบริเวณโต๊ะ ทำงานตำแหน่งหรือแนวของดวงโคมควรอยู่ในแนวเหนือศีรษะของผู้ปฏิบัติงาน มิใช่มีศูนย์กลาง อยู่ที่โต๊ะทำงาน และควรพยายามหลีกเลี่ยงการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์บนโต๊ะทำงานเพราะจะทำให้ เกิดเงาได้งาน การให้แสงสว่างแก่ผนังหรือบานในบางครั้งจะช่วยทำให้ห้องดูกว้างขึ้น และมี บรรยากาศดีขึ้น



(๖)

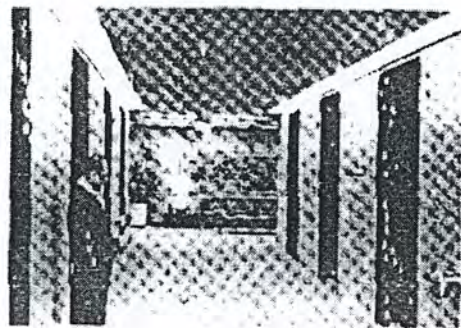
ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะการจัดวางดวงโคมในห้องทำงานส่วนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ห้องประชุม (Conference room) ห้องประชุมมักจะเป็นสถานที่ใช้ในการปรึกษาหารือ อภิปราย และมักจะต้องมีการแสดงตัวเลข สถิติ ตาราง เอกสารต่าง ๆ เพื่อใช้ในการอภิปรายและตัดสินใจ ซึ่งอาจมีผลกระทบโดยตรงต่อพนักงานหรือเกี่ยวข้องกับเงินเป็นจำนวนมากของบริษัท การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องประชุม จะต้องพยายามทำอย่างพิถีพิถันและทำให้เอื้ออำนวยต่อการประชุม เอื้ออำนวยต่อการใช้ความคิด นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงโสตทัศนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น สไลด์ เครื่องฉายภาพยนตร์ ระบบแสงสว่างภายในห้องประชุมในบางครั้งจึงต้องจัดเตรียมไว้เป็นพิเศษอีกชุดหนึ่งหรือหลายชุด หรืออาจจะมีระบบควบคุมไฟหรือตั้งนี้เพื่อให้มีความคล่องตัวสูงและเหมาะสมสำหรับการใช้งานได้หลายประเภท การเพิ่มระดับแสงสว่างบนระนาบตั้งในบางตำแหน่ง เช่น บนกระดานดำ หรือบนชาร์ต (chart) ต่าง ๆ เป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาเป็นพิเศษด้วย

2.2.4 ห้องรับรองหรือห้องโถง (Reception area) ห้องรับรองหรือห้องโถงมักเป็นบริเวณที่ผู้มาติดต่อกับบริษัทจะต้องผ่านเข้าออกหรือนั่งรออยู่เป็นประจำการออกแบบระบบแสงสว่างภายในบริเวณห้องรับรอง จะต้องทำให้เกิดความรู้สึกประทับใจและอบอุ่น โดยทั่วไปมักจำใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์เข้าช่วย อาจจะต้องเพิ่มปริมาณแสงมากขึ้นเป็นพิเศษที่โต๊ะทำงานของพนักงานต้อนรับหรือมีดวงโคมส่องเฉพาะจุด เช่น บนบริเวณเครื่องหมายการค้าของบริษัท รูปภาพตลอดจนกระทั่งถึงตัวอย่างสินค้า ซึ่งอาจจะโหลอยู่ภายในห้องรับรองด้วย

2.2.5 บริเวณทางเดินและเฉลียง (Corridors lighting) แสงสว่างในบริเวณนี้ไม่ควรต่ำกว่าหนึ่งในห้าของระดับแสงสว่างภายในสำนักงานที่อยู่ข้างเคียง และจะต้องไม่ต่ำกว่า 20 ฟุตแคนเดิล ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและความสบายตาต่อการปรับตัวของม่านตา ในบางครั้งก็ใช้ไฟกึ่งติดบนผนังแทนที่จะติดอยู่ในแนวกึ่งกลางบนเพดาน ซึ่งอาจช่วยในด้านความรู้สึกและเกิดความสวยงามขึ้นบ้าง ระยะห่างระหว่างดวงโคมไม่ควรเกิน 1 ถึง 1.5 เท่าของระดับความสูงของดวงโคมดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะการจัดวางดวงโคมในบริเวณทางเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency lighting) ผู้ออกแบบระบบแสงสว่างจะต้อง ออกแบบระบบแสงสว่างฉุกเฉินเพื่อไว้ในกรณีที่เกิดไฟดับ หรือเมื่อระบบไฟฟ้าหลักเกิดการขัดข้อง โดยทั่วไประบบแสงสว่างฉุกเฉินมักจะติดตั้งอยู่บนบริเวณทางเข้าออกสำนักงาน ทางเดิน บริเวณ หน้าลิฟต์ และบ่อยครั้งที่จะถูกติดตั้งอยู่ใกล้บริเวณ โต๊ะทำงานของพนักงานเก็บเงิน

2.3 สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์

สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization) หรือ CU คือ อัตราส่วนระหว่างลูเมนที่ไปตกถึงพื้นงานที่เราต้องการต่อลูเมนที่ออกมาจากดวงโคม ค่า CU ไม่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายแสงของโคมเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความสูงและสัดส่วนของห้อง ตลอดจนความสามารถในการกระจายแสงของเพดานผนังและพื้นอีกด้วย ผู้ออกแบบระบบแสงสว่างสามารถที่จะหาค่า CU ของดวงโคมใด ๆ ได้จากตารางที่โรงงานผู้ผลิตดวงโคมนั้นจัดทำขึ้น

เราสามารถหาประสิทธิภาพของดวงโคมได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของดวงโคม} = \frac{\text{ลูเมนรวมของดวงโคม}}{\text{ลูเมนรวมของหลอดไฟ}} \quad (2.1)$$

ตัวเลขดังกล่าวบอกให้เราทราบว่าลูเมนรวมที่ออกมาจากหลอดไฟจะหายไปมากน้อยเพียงใด อย่งไรก็ตามดวงโคมที่มีประสิทธิภาพสูงมิได้หมายความว่าดวงโคมนั้นจะดีกว่าดวงโคมที่มี ประสิทธิภาพต่ำเสมอไป ทั้งนี้เพราะว่าดวงโคมที่มีประสิทธิภาพสูงอาจจะเป็นดวงโคมที่มี สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ต่ำก็ได้ แต่ถ้าหากเรามีดวงโคม 2 ชุดที่มีค่า CU เท่ากัน ดวงโคมที่มี ประสิทธิภาพสูงย่อมจะต้องดีกว่าดวงโคมที่มีประสิทธิภาพต่ำ

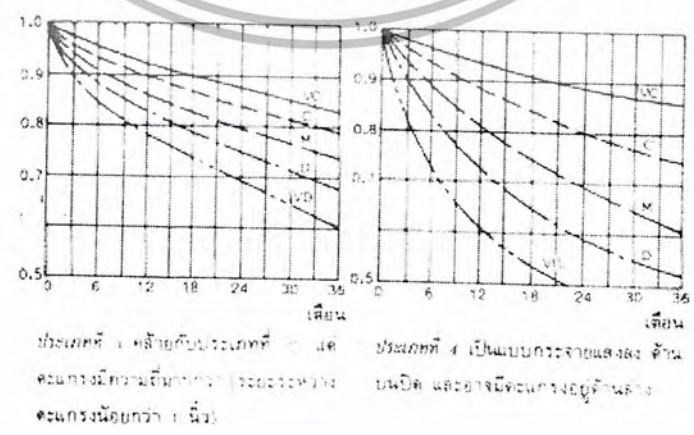
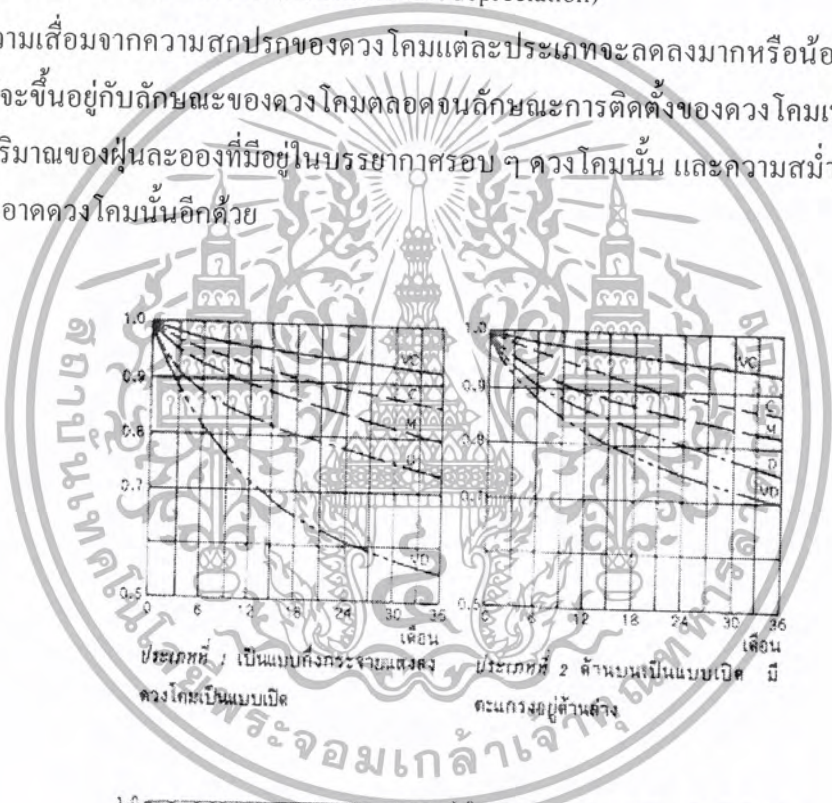
2.4 อัตราส่วนระหว่างระยะห่างของดวงโคมกับความสูงของดวงโคม

การออกแบบระบบแสงสว่างที่ดี ไม่เพียงแต่จะต้องได้ปริมาณแสงเฉลี่ยทั้งพื้นที่ผิวของงาน ตามค่าที่กำหนดไว้เท่านั้น แต่จะต้องพยายามไม่ให้ปริมาณแสงบนพื้นงานที่จุดต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันมากเกินไปอีกด้วย ค่าของปริมาณแสงที่มากที่สุดและที่น้อยที่สุด ณ ตำแหน่งใด ๆ บนพื้นงาน ไม่ควรเกินหนึ่งในหกของค่าปริมาณแสงเฉลี่ยบนพื้นงานนั้น โรงงานผู้ผลิตมักจะกำหนดค่ามากที่สุดของระยะห่างระหว่างดวงโคมมาให้ ในรูปของความสูงของดวง โคมจากพื้นงาน ซึ่งเราเรียกว่า อัตราส่วนระหว่างระยะห่างของดวงโคมกับความสูงของดวง โคม (Spacing per mounting height ratio)

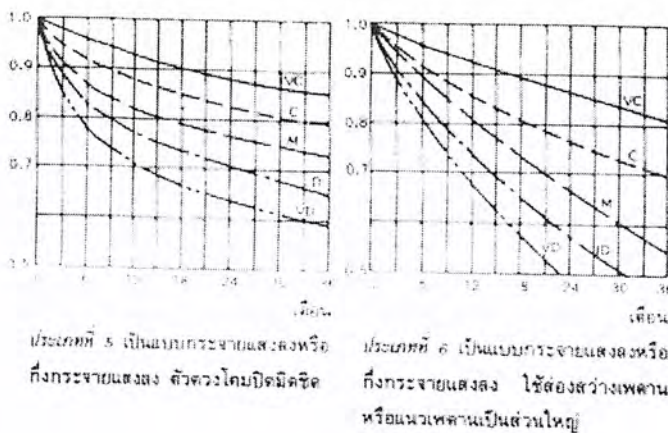
2.5 ตัวประกอบความสูญเสียแสง (Light Loss Factor)

เมื่ออายุการใช้งานของหลอดไฟนานขึ้นลูเมนรวมจะลดน้อยลง และในการออกแบบระบบแสงใด ๆ เราจะต้องคำนึงถึงค่าความเสื่อมของหลอดไฟด้วย สำหรับดวงโคมก็เช่นเดียวกัน เมื่อหลอดไฟถูกใช้งานไปนาน ๆ เข้า ความสามารถในการสะท้อนแสงของดวงโคมจะเริ่มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการสะสมของฝุ่นละอองจากบรรยากาศ ถ้าดวงโคมติดตั้งอยู่ในสถานที่ที่มีฝุ่นละอองในบรรยากาศสูง เราก็จำเป็นต้องหมั่นทำความสะอาดดวงโคมบ่อยขึ้น มิฉะนั้นความสามารถในการสะท้อนแสงของดวงโคมก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว ความสามารถในการสะท้อนแสงที่ลดลงของดวงโคมอันเนื่องมาจากการสะสมของฝุ่นละอองในบรรยากาศรอบตัวมันนั้น เราเรียกว่า ความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (Luminaire dirt depreciation)

ความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคมแต่ละประเภทจะลดลงมากหรือน้อย ช้าหรือเร็ว ไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับลักษณะของดวงโคมตลอดจนลักษณะการติดตั้งของดวงโคมเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ดวงโคมนั้น และความสม่ำเสมอในการทำความสะอาดดวงโคมนั้นอีกด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 แสดงเปอร์เซ็นต์คงเหลือของปริมาณอินเนื่องมาจากความสกปรกของดวงโคม (ค่าLLD) จากประเภทที่ 1 ถึง ประเภทที่ 6

จากภาพที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคมแต่ละประเภทกล่าวคือ เราจะแบ่งดวงโคมออกเป็น 6 ประเภทใหญ่ ๆ ตามลักษณะของการสะสมของฝุ่นละอองของมัน และจำแนกลักษณะบรรยากาศของสถานที่ที่ดวงโคมนั้น ๆ ถูกติดตั้งอยู่ออกเป็น 5 ระดับด้วยกันคือ บรรยากาศที่สะอาดมาก สะอาด ปานกลาง สกปรก และสกปรกมาก ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคมจากรูป สามารถจะหาได้เมื่อเรารู้จักลักษณะของดวงโคม ระดับความสะอาดของบรรยากาศที่ดวงนั้นถูกติดตั้งอยู่ ตลอดจนความสม่ำเสมอในการทำความสะอาดดวงโคมดังกล่าว เมื่อฝุ่นละอองมาจับที่ดวงโคมมากขึ้น ไม่เพียงแต่ประสิทธิภาพของดวงโคมจะลดลงเท่านั้น ลักษณะการกระจายแสงก็จะเปลี่ยนไปด้วย

2.6 อินแคนเดสเซนต์ (Incandescent)

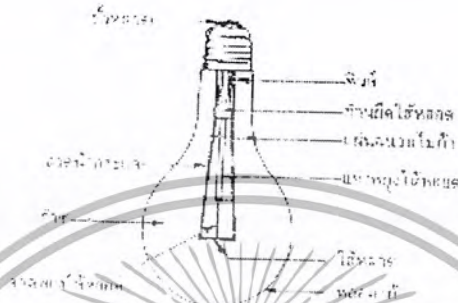
การทำงานของหลอดอินแคนเดสเซนต์ [2] เกิดขึ้นจากการปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าสู่ขดลวดทั้งสแตง ขดลวดจะเริ่มร้อนแดงและเปล่งแสงออกปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดนี้มากขึ้นเท่าไร มันก็ยิ่งเปล่งแสงออกมาได้มากขึ้นเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามก็มีข้อจำกัดอยู่ที่ว่า เราไม่สามารถให้ขดลวดทั้งสแตงทำงานเกินจุดหลอมเหลวของมันได้

หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพต่ำ เคยมีผู้ทำการทดลองและได้ผลว่าเมื่อเราปล่อยให้อุณหภูมิของขดลวดทั้งสแตงสูงขึ้นถึงจุดหลอมเหลวของมัน มันจะเปล่งแสงออกมาได้เพียง 53 ลูเมนต่อวัตต์ อย่างไรก็ตามความนิยมในการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ก็ยังมีอยู่มากเนื่องจากการติดตั้งหลอดอินแคนเดสเซนต์ทำได้ง่ายและราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดแสงจันทร์ หรือหลอดโซเดียม นอกจากนี้การเปลี่ยนขนาดของหลอดเพื่อเพิ่ม

กำลังแห่งการส่องสว่างก็ทำได้โดยการเปลี่ยนหลอดใหม่เข้าไปแทนที่หลอดเก่าเท่านั้น โดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดและชนิดของบัลลาสต์ที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 โครงสร้างของหลอดอินแคนเดสเซนต์

ประกอบไปด้วยไส้หลอด ตัวหลอด และขั้วหลอดดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบและโครงสร้างของหลอดอินแคนเดสเซนต์

ประสิทธิภาพของหลอดอินแคนเดสเซนต์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของไส้หลอด (Filament) อุณหภูมิของไส้หลอด อุณหภูมิยิ่งสูงไส้หลอดยิ่งเปล่งแสงออกมาได้มาก ในระยะเริ่มแรกเมื่อเอคิ สันประดิษฐ์หลอดไฟขึ้น สารหลายชนิดได้ถูกนำมาทดลองใช้ รวมถึงไส้คาร์บอนเนื่องจากมี อุณหภูมิของจุดหลอมเหลวสูง แต่คาร์บอนก็มีข้อเสียที่ว่า มันระเหิด (Evaporate) อย่างรวดเร็วเมื่อ อุณหภูมิของมันสูงขึ้นมาก ๆ ในที่สุดจึงได้มีการเปลี่ยนมาทดลองใช้ทั้งสแตนเพราะว่ามันสามารถ ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิใกล้จุดหลอมเหลวของมัน โดยปกติแล้วเราจะใช้หลอดทุกสแตนทำงานที่ อุณหภูมิระหว่าง 4000 ถึง 5000 เคลวิน ไส้หลอดที่ใช้จะมีอยู่หลายลักษณะและจะนิยมใช้อักษรย่อที่ จะแสดงถึงลักษณะของไส้หลอด ดังนี้

- S หมายถึง ไส้หลอดแบบเส้นตรง (straight)
- C หมายถึง ไส้หลอดแบบคอยล์ (coil)
- CC หมายถึง ไส้หลอดแบบคอยล์-คอยล์ (coiled-coil)
- r หมายถึง ไส้หลอดแบบริบบิ้น (ribbon) หรือเรียบ (flat)

การออกแบบไส้หลอดจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ใช้ และลักษณะประเภทของ งานที่จะนำหลอดดังกล่าวไปใช้ด้วย เช่น สำหรับค่ากำลังไฟฟ้า (wattage) หนึ่ง ๆ เมื่อแรงดันไฟฟ้า ต่ำลง เส้นผ่านศูนย์กลางของไส้หลอดจะต้องใหญ่ขึ้น เพื่อรองรับกระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านตัวมัน

ในการทำงานเดียวกันที่ค่าแรงดันไฟฟ้าหนึ่ง ๆ เมื่อกำลังไฟฟ้าของหลอดสูงขึ้น เส้นผ่านศูนย์กลางของ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น มิได้อยู่ภายใต้การคุ้มครองด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไส้หลอดก็จะต้องใหญ่ขึ้นตามไปด้วย และเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของไส้หลอดใหญ่ขึ้น ไส้หลอดก็สามารถทำงานที่อุณหภูมิสูงขึ้น อันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของไส้หลอดในที่สุด

ลักษณะของไส้หลอดในสมัยก่อนนั้น จะทำเป็นเส้นตรง และบรรจุอยู่ในหลอดสุญญากาศ แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการค้นพบว่าถ้าขดไส้หลอดให้เป็นรูปขดลวด หรือการขดขดลวดของไส้ให้เป็นรูปขดลวด หรือการขดลวดของไส้หลอดอีกชั้นหนึ่ง ไม่เพียงแต่จะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่กระจัดกระจายออกไปอย่างรวดเร็วเท่านั้น แต่ยังจับตัวเป็นกลุ่มก้อนรอบขดลวด ซึ่งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ขดลวดอีกทางหนึ่ง และทำให้ประสิทธิภาพของหลอดเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มความแข็งแรงและประหยัดขนาดของหลอดได้อีกมากด้วย

โรงงานผู้ผลิตจะจัดทำสัญลักษณ์เป็นตัวอักษรหรือตัวเลขกำกับบอกให้รู้ถึงลักษณะของไส้หลอดชนิดต่าง ๆ ดังภาพที่ 2.7 เป็นสัญลักษณ์ของไส้หลอดที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐานของ ANSI (American National Standard Institute) ของสหรัฐอเมริกาจะเห็นได้ว่าตัวอักษรหมายถึงไส้หลอดที่เป็นเส้นตรง (straght) หมายถึงขดลวด (coiled) และ CC หมายถึงขดของขดลวด (coiled-coil) ส่วนตัวเลขจะบอกถึงความยาวของไส้หลอด



ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะของไส้หลอดแบบต่าง ๆ

ตัวหลอดหรือหลอดแก้ว (bulb) ลักษณะของหลอดแก้วที่ใช้กันอยู่ในทุกวันนี้ได้มีการพัฒนาขึ้นมาจากหลอดแก้วเดิมที่ใช้อยู่ในสมัยเอ็ดสันมาก มีการเคลือบผิวในด้วยสารที่กระจายแสง (diffusing material) ซึ่งทำให้หลอดดูสว่างสม่ำเสมอทั่วทั้งผิวหลอด หรือมีการเคลือบผิวในของหลอดด้วยเงิน (silver) หรืออะลูมิเนียม (aluminum) ซึ่งทำให้แสงสามารถที่จะสะท้อนออกมาได้จากส่วนดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีการเคลือบผิวในของหลอดด้วยสีต่าง ๆ เพื่อทำหลอดสีใช้ในการ

ตกแต่งทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างของหลอดแก้วก็ยังมีอีกมากมายหลายชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2.8 ตัวอักษรที่ใช้กำกับอยู่ก็ใช้เป็นการบอกรูปร่างของหลอดแก้ว ตัวอย่างเช่น

- PAR หมายถึงหลอดซึ่งโคนของมันเป็นรูปพาราโบลา
- R หมายถึงหลอดซึ่งเคลือบผิวในด้วยสารสะท้อนแสง
- T หมายถึงหลอดที่ซึ่งมีลักษณะคล้ายหลอดแก้วทดลอง

หลอดดังกล่าว มักจะมีตัวเลขกำกับอยู่หลังตัวอักษรเหล่านี้ บอกให้รู้ถึงเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวหลอดในหน่วยของหุน (1/8 นิ้ว) ถ้าเป็นหลอดที่ผลิตตามมาตรฐาน ANSI ซึ่งผู้อ่านจะสามารถศึกษารายละเอียดต่าง ๆ เหล่านี้เพิ่มเติมได้จากหนังสือคู่มือหลอดของโรงงานผู้ผลิตต่าง ๆ

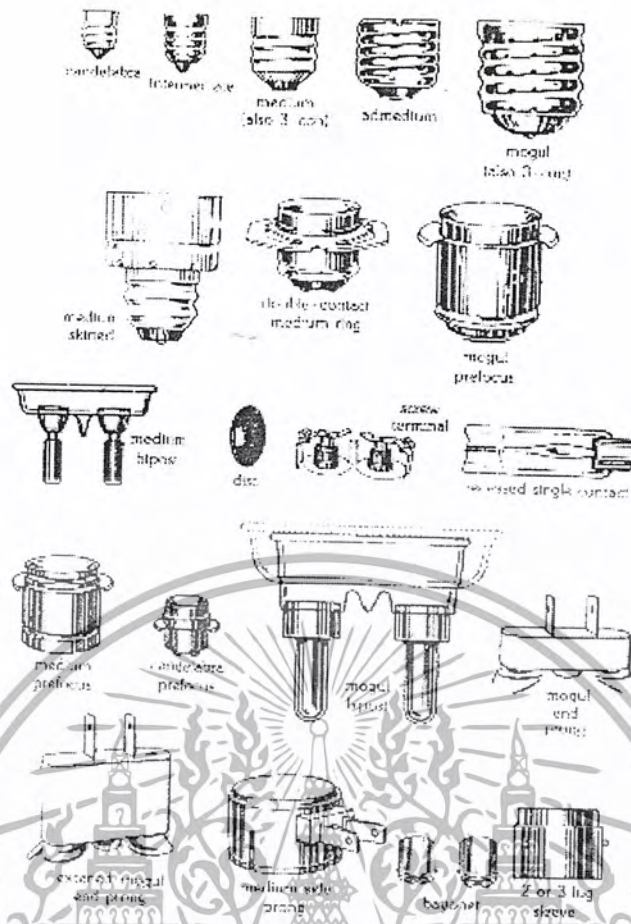


ภาพที่ 2.8 แสดงรูปร่างและขนาดของหลอดแบบต่าง ๆ

ขั้วหลอด (base) แต่เดิมนั้นขั้วหลอดมักจะทำด้วยทองเหลือง แต่ในปัจจุบันนี้โรงงานผู้ผลิตส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนมาใช้อะลูมิเนียมแทน เพราะมีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดีกว่า ขนาดของขั้วหลอดที่ใช้กันอยู่ในท้องตลาดนั้น แบ่งออกเป็น 2 มาตรฐานใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ มาตรฐาน ANSI นั้น ขั้วหลอดของอินแคนเดสเซนต์ที่เป็นแบบเกลียว(screw) จะมีอยู่ 4 แบบด้วยกัน คือ candelabra, intermediate, medium และ mogul ดังภาพที่ 2.9

ขั้ว candelabra มักจะใช้กับหลอดขนาดเล็ก จำนวนวัตต์ต่ำ เช่น หลอดไฟระดับหรือหลอดสัญญาณ (indicator lamp) ขั้วหลอดแต่ละขนาดจะสามารถทนกระแสได้มากน้อยต่างกันไป เช่น ขั้วหลอดแบบ medium จะทนกระแสได้ถึง 25 แอมแปร์ ในขณะที่ขั้วหลอดแบบ mogul สามารถทนกระแสได้ถึง 35 แอมแปร์ที่แรงดัน 120 โวลต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



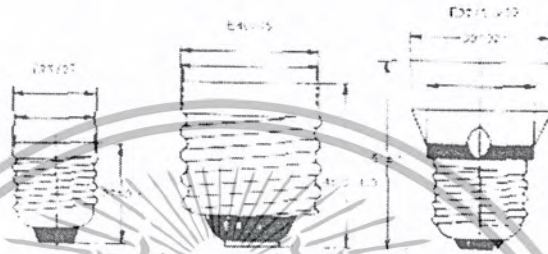
ภาพที่ 2.9 แสดงขั้วของหลอดอินแคนเดสเซนต์ชนิดต่างๆ ตามมาตรฐาน ANSI

ขั้วหลอดอีกชนิดหนึ่งตามมาตรฐาน ANSI ก็คือ แบบที่ทางบ้านเราเรียกว่า แบบขั้ว (bayonet) ขั้วหลอดชนิดนี้มักจะใช้กับงานประเภทที่ต้องการกำหนดตำแหน่งของไส้หลอดให้แน่นอนลงไปหรือลักษณะงานที่มีการสั่นสะเทือน เช่น หลอดไฟที่ใช้กับจักรไฟฟ้าหรือเครื่องมือกลต่างๆ ส่วนหลอดที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐานยุโรปนั้น ขั้วหลอดจะถูกผลิตขึ้นโดยใช้หน่วยวัดทางเมตริก การบอกขนาดของขั้วหลอดมักจะเริ่มต้นด้วยตัวอักษร E ตามด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของขั้วหลอด เช่น E40/45 จะหมายถึงขั้วหลอดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร และมีความสูง 45 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2.10 สิ่งหนึ่งผู้อ่านจะต้องระลึกไว้เสมอก็คือ เราไม่สามารถใช้หลอดที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐานทั้งสองมาแทนที่ซึ่งกันและกันได้

2.6.2 การเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า ตัวหลอดหรือฐานหลอดจะมีความต้องการเพื่อจะเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าเข้ากับไส้หลอด ทั้งยังเป็นตัวจับยึดเพื่อสะดวกในการติดตั้ง โดยปกติหลอดหรือฐานหลอดจะมีอยู่ด้วยกัน 8 ชนิดใหญ่ๆ แต่ที่นิยมใช้กันในประเทศไทยคือ แบบสกรูและแบบเต้าเสียบ

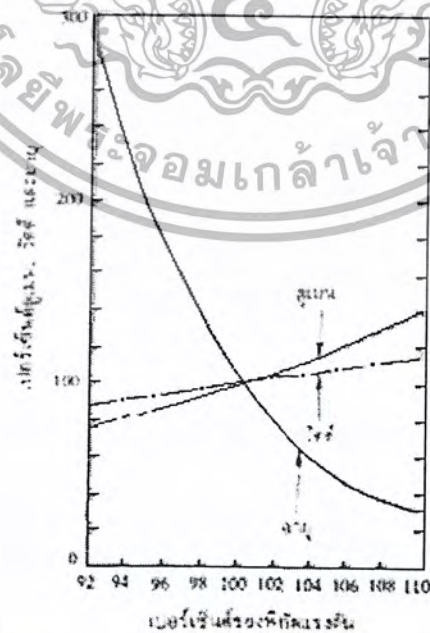
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 คุณสมบัติของการทำงาน จะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าในกรณีที่เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันพิกัดจะมีผลต่อการส่องสว่าง อายุการใช้งานและค่าสูญเสีย เช่น หลอดที่ใช้กับแรงดันพิกัด 120 โวลต์ ในกรณีที่ใช้กับแรงดัน 125 โวลต์ (มากกว่าพิกัด 4 เปอร์เซ็นต์) ในกรณีนี้ค่าลูเมนที่เปล่งออกจากหลอดจะมากกว่าปกติ 16 เปอร์เซ็นต์ และค่าสูญเสียเพิ่มขึ้น 7 เปอร์เซ็นต์ แต่อายุการใช้งานลดลง 38 เปอร์เซ็นต์ ในทางกลับกัน ถ้าใช้แรงดัน 115 โวลต์ (น้อยกว่าพิกัด 4 เปอร์เซ็นต์) ค่าลูเมนจะลดลง 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะพิจารณาได้จากภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.10 แสดงขั้วหลอดแบบมาตรฐานยุโรป

นอกจากนี้คุณสมบัติของการทำงานยังมีผลต่อค่าลูเมน คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดเป็นเวลานาน ค่าความต้านทานของไส้หลอดจะลดลง ทั้งนี้เพราะการระเหยเป็นไอของไส้หลอดจะทำให้ไส้หลอดมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง การเพิ่มของค่าความต้านทานนี้จะมีผลต่อลูเมน กระแส และค่าพลังงานที่ใช้อีกด้วย



ภาพที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า อายุการใช้งาน และค่าลูเมนที่เปล่งออกมา

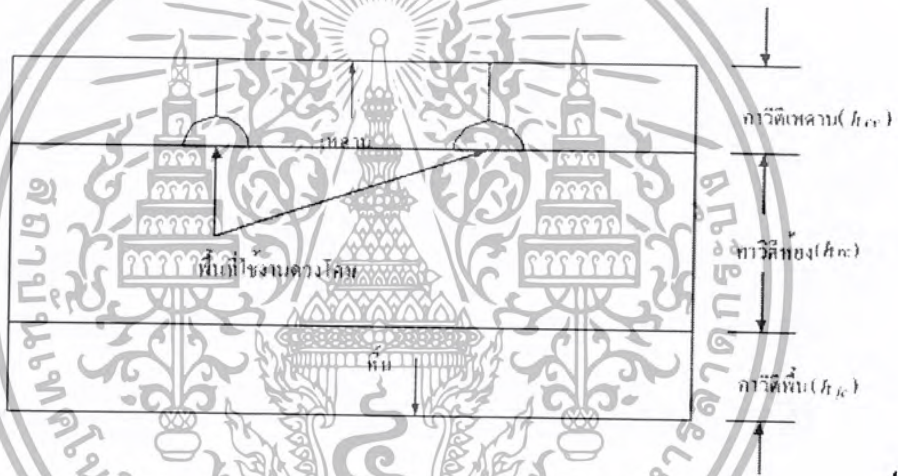
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การคำนวณโดยวิธีโซนอลคาวิตี

การคำนวณโดยวิธีโซนอลคาวิตี [2] โดยตามมาตรฐานของ IES (Illuminating Engineering Society) อเมริกาจะเป็นความหมายของโซนอลคาวิตี (Zone Cavity) ที่ใช้ ซึ่งเป็นชื่อที่เรียกวิธีการออกแบบระบบแสงสว่างมาจากการแบ่งห้องใด ๆ ที่ต้องการจะออกแบบออกเป็นสามส่วนหรือสามโซนคาวิตี (Zone Cavity) ด้วยกัน ดังภาพที่ 2.12

โดยที่ส่วนหนึ่งจะเรียกว่า คาวิตีเพดาน(ceiling cavity) ส่วนนี้จะหมายถึงบริเวณรับตั้งแต่เพดานลงมาจนถึงระดับของดวง โคม (luminaire plane) ความสูงของระยะนี้เราเรียกว่าความสูงของคาวิตีเพดาน(ceiling cavity height) และจะใช้อักษรย่อว่า h_{cc}

ส่วนที่สองจะเรียกว่า คาวิตีห้อง (room cavity) คือส่วนที่อยู่จากระดับของดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นผิวงาน (working plane) จะเรียกความสูงของระยะนี้ว่า ความสูงของคาวิตีห้อง (room cavity height) และใช้อักษรย่อว่า h_{rc}



ภาพที่ 2.12 แสดงหลักการของการแบ่งโซนคาวิตี

ส่วนสุดท้ายคือส่วนที่เรียกว่า คาวิตีพื้น (floor cavity) ส่วนนี้จะนับจากระดับพื้นงานลงมาจนถึงระดับพื้นห้อง และเรียกความสูงของระยะนี้ว่าความสูงของคาวิตีพื้น (floor cavity height) และใช้อักษรย่อว่า h_{fc}

หลังจากที่แบ่งคาวิตีแล้วก็สามารถจำแนกขั้นตอนของการคำนวณได้ดังต่อไปนี้ คือ

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าอัตราส่วนคาวิตี

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าการสะท้อนของคาวิตี

ขั้นตอนที่ 3 เลือกค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน โดยอาศัยข้อมูลจากขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาจำนวนดวงโคมหรือระดับของความสว่าง โดยใช้สูตรพื้นฐานใน

วิธีการลูเมน (Lumen method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณหาค่าอัตราส่วนควิตี หาได้จาก

$$\text{RCR (ค่าอัตราส่วนควิตีของห้อง)} = \frac{5 h_{rc} (L + W)}{LW} \quad (2.2)$$

$$\text{FCR (ค่าอัตราส่วนควิตีของพื้น)} = \frac{5 h_{fc} (L + W)}{LW} \quad (2.3)$$

$$\text{CCR (ค่าอัตราส่วนควิตีของเพดาน)} = \frac{5 h_{cc} (L + W)}{LW} \quad (2.4)$$

ในกรณีที่ดวงโคมติดตั้งที่เพดานหรือฝังในเพดาน CCR จะมีค่าเท่ากับศูนย์ และในกรณีที่พื้นผิวใช้งานกับพื้นของห้องเป็นอันเดียวกัน จะได้ว่า

$$\text{FCR} = 0 \quad (2.5)$$

โดยที่ L คือ ความยาวของห้องที่ออกแบบ
 W คือ ความกว้างของห้องที่ออกแบบ

ตัวอย่าง ห้องมีขนาดกว้าง 20 ฟุต ยาว 100 ฟุต สูง 15 ฟุต ดวงโคมถูกแขวนต่ำลงจากเพดาน 2 ฟุต และโต๊ะทำงานอยู่สูงจากพื้น 3 ฟุต จะได้

$$h_{cc} = 2$$

$$h_{rc} = 10$$

$$h_{fc} = 3$$

$$\text{RCR} = \frac{5(10)(100 + 20)}{100 \times 20} = 3.0$$

$$\text{FCR} = \frac{5(3)(100 + 20)}{100 \times 20} = 0.9$$

$$\text{CCR} = \frac{5(2)(100 + 20)}{100 \times 20} = 0.6$$

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนนี้จะป็นขั้นตอนทำการหาค่าสะท้อนเสมือน โดยจะเป็นค่าที่สมมุติขึ้นมาเพื่อจะใช้ในการคำนวณ ซึ่งจะต้องมีค่าการสะท้อนเสมือนของเพดาน ฝาผนัง และพื้น เนื่องจากว่าในการคำนวณนั้นจะหาค่าใช้งานจริง ๆ ของการสะท้อนของห้องนั้นจะทำให้ยาก จึงได้กำหนดขึ้นมาว่ากรณีที่เป็นของเพดาน ฝาผนัง และพื้นจะใช้ค่าการสะท้อนเท่ากับ 80, 50 และ 30

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นจึงพอที่จะกล่าวได้ว่า ค่าการสะท้อนเสมือนของเพดานหมายถึงผลรวม
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการนำเอกสารนี้ไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการสะท้อนจริงซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดค่าควิตีซี้นมากับค่าการสะท้อนที่สมมติขึ้น ρ ผิวของควิตีนั้นจะเป็นการแสดงค่าของการสะท้อนเสมือนของเพดาน

โดยที่ ρ_{cc} คือ ค่าการสะท้อนเสมือนของเพดาน
 ρ_w คือ ค่าการสะท้อนเสมือนของฝ้าผนัง
 ρ_{fc} คือ ค่าการสะท้อนเสมือนของพื้น

ขั้นตอนที่ 3 จากขั้นตอนที่ 2 ทำให้ทราบค่าการสะท้อนของเพดาน ฝ้าผนัง และพื้น ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณออกแบบ แต่โดยส่วนมากแล้วจะพิจารณาค่าการสะท้อนของเพดาน และพื้นเป็นหลักใหญ่ ๆ กว้าง ๆ ส่วนการสะท้อนของฝ้าผนังนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่าต่าง ๆ หลังจากนั้นก็ทำการคำนวณหาค่า RCR ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน หรือค่า CU

โดยปกติทั่วไปแล้วบริษัทผู้ผลิตดวงโคมจะมีตารางสำเร็จรูปของสัมประสิทธิ์การใช้งานของดวงโคมแต่ละชนิดมาให้

ขั้นตอนที่ 4 จากขั้นตอนที่ 3 นั้น การหาค่า CU ถ้าใช้ถือค่าการสะท้อนเสมือนของพื้นที่ 20 เปอร์เซ็นต์ (โดยมาจากตาราง CU ที่ผู้ผลิตดวงโคมแสดง) ในกรณีที่ข้อมูลที่จะทำการคำนวณนั้น หากค่าการสะท้อนของพื้นมีความแตกต่าง 20 เปอร์เซ็นต์ จะต้องมาทำการปรับค่า CU เพื่อไปสู่การสะท้อนของพื้นที่ จะทำการคำนวณจริง ๆ โดยใช้ตัวคูณจากตาราง ในกรณีที่ค่าตัวคูณไม่ทำให้ค่า CU เปลี่ยนแปลงเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ แล้วก็ไม่ต้องนำค่าตัวคูณมาพิจารณา

ขั้นตอนที่ 5 ทำการคำนวณหาค่าที่ต้องการต่าง ๆ ทั้งหมด

จากตาราง ผ6.1 (ภาคผนวก) หาค่า การสะท้อนเสมือนของพื้น (ρ_{cc}) โดยกำหนดค่า $\rho_c = 80\%$, $\rho_w = 50\%$, $\rho_f = 10\%$ (ρ_c, ρ_w, ρ_f หมายถึงค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนของเพดาน ฝ้าผนัง และพื้น)

จะได้ค่า $CCR = 0.6$, $FCR = 0.9$ และจากตาราง ผ6.1 (ภาคผนวก) จะได้ค่าการสะท้อนเสมือนเพดาน $\rho_{cc} = 71\%$ หรือ 70% โดยประมาณ และค่าการสะท้อนเสมือนของพื้น $\rho_{fc} = 11.5\%$

สมมติว่าเลือกดวงโคมที่มี CU Typical Luminaire 16 เมื่อ $\rho_{cc} = 70\%$, $\rho_w = 50\%$ และค่า RCR = 3 จากตารางที่ ผ7.1 (ภาคผนวก) ดังนั้น $CU = 0.68$

เนื่องจาก $\rho_{fc} = 11.5\%$

และจากตารางที่ ผ8.1 (ภาคผนวก) นั้นแสดงค่าการคูณ เพื่อแก้ความถูกต้องของค่า CU ที่ $\rho_{fc} = 30\%$, 10% , 0% ดังนั้นจึงเลือกใช้ที่ค่า $\rho_{fc} = 10\%$

จากตารางที่ ผ8.1 (ภาคผนวก) ที่ค่า $\rho_{cc} = 70\%$, $\rho_w = 50\%$, ค่า RCR = 3 จะได้ค่าตัวคูณเท่ากับ 0.957

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.65$$

$$\begin{aligned} \text{จากข้อมูล} \quad \text{จำนวนดวงโคม} &= \frac{\text{พื้นที่} \times E}{\frac{\text{ลูเมนหลอดไฟ} \times \text{CU} \times \text{MF}}{\text{ดวงโคม}}} \\ &= \frac{(20 \times 0.3048)(100 \times 0.3048)(300)}{3000 \times 0.65 \times 0.6} \\ &= 47.6 \end{aligned}$$

2.8 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคม

เมื่อเรารู้ว่าจะต้องใช้ดวงโคมจำนวนกี่ชุดแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือ การจัดวางตำแหน่งของดวงโคมให้เหมาะสม แนวทางในการจัดวางตำแหน่งของดวงโคมให้เหมาะสมก็คือ จะต้องพยายามจัดให้ตำแหน่งของดวงโคมอยู่ในตำแหน่งที่สมมาตร ดูเป็นระเบียบเรียบร้อย และได้ระดับความสว่างสม่ำเสมอ ไม่สว่างมากจนเกินไปในที่หนึ่ง แล้วเกิดเงามืดในอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งอาจจะใช้วิธีการระยะห่างของดวงโคมได้ดังนี้

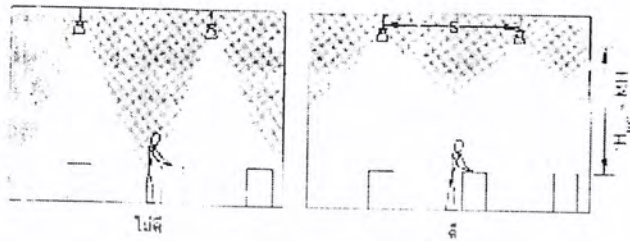
$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ต่อหนึ่งดวงโคม} &= \frac{\text{พื้นที่ของห้อง}}{\text{จำนวนดวงโคม}} \\ &= \frac{(100 \times 20)}{47.6} \\ &= 16 \\ &= 125 \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างระหว่างดวงโคม} &= \sqrt{\text{พื้นที่ต่อหนึ่งดวงโคม}} \\ &= \sqrt{125} \\ &= 11 \text{ ft.} \end{aligned} \quad (2.7)$$

ระยะห่างระหว่างดวงโคม (spacing) ที่หาได้จากสมการที่ 2.7 เป็นเพียงแนวทางเริ่มต้นเท่านั้น ผู้อ่านจะไม่สามารถใช้ค่านี้ได้จริง ๆ ในทางปฏิบัติเพราะด้วยเหตุผลบางอย่าง เช่น ดวงโคมจะต้องห้อยลงมาจากตำแหน่งที่แน่นอนบางแนวของโครงสร้างบนหลังคา และแนวของโครงสร้างบนหลังคาหรือแนวของโครงสร้างไม้ข้างบนเพดานอาจจะเป็นแนวทางเดินของระบบอื่นอยู่ เช่น เป็นแนวทางเดินของระบบปรับอากาศ ระบบเตือนภัย (alarm system) ระบบดับเพลิง และอื่น ๆ

นอกจากนี้ ถ้าหากกลับไปพิจารณาตารางแสดงค่า CU ในภาคผนวกอีกครั้ง จะเห็นได้ว่าที่มุมบนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ทางปัญญาและข้อมูลอยู่ภายใต้การคุ้มครองทางกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

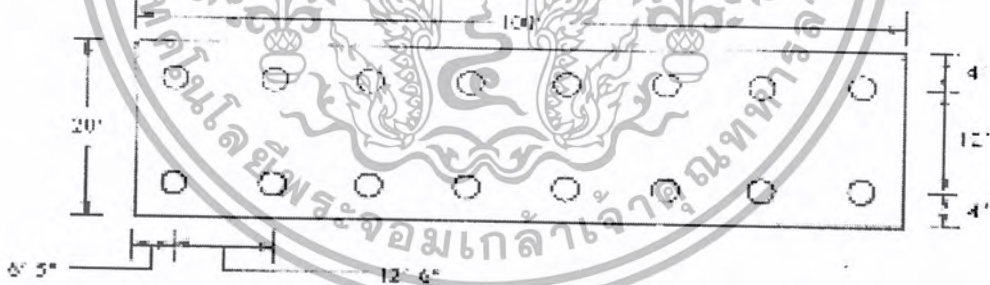
ด้านขวามือของคอลัมน์ที่สองของดวงโคมทุก ๆ รายการ ในตารางดังกล่าว จะบอกค่าอัตราส่วนสูงสุดระหว่างดวงโคมต่อความสูง (maximum space per mounting height ratio) มาให้ค่าค่านี้เป็นตัวบอกว่า ที่ระยะความสูงจากพื้นงานค่าหนึ่ง ๆ ดวงโคมนั้นจะอยู่ห่างกันได้มากที่สุดเท่าไร



ภาพที่ 2.13 แสดงการเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของระดับความสว่างภายในห้อง

จากภาพที่ 2.13 ถ้าหากจัดให้ดวงโคมอยู่ใกล้กันจนเกินไปก็จะเกิดบริเวณมืดขึ้นบนพื้นงาน การจัดระยะห่างของดวงโคมสองชุดที่อยู่ใกล้กันจะต้องจัดให้แสงที่ออกมาจากดวงโคมทั้งสองทับ (Overlap) กัน

ในกรณีตัวอย่างของเรา เราจะสามารถจัดวางตำแหน่งของดวงโคมได้หลายรูปแบบด้วยกัน การจัดวางดวงโคมดังแสดงในภาพที่ 2.14 เป็นเพียงแนวทางหนึ่งอาจจะทำได้



ภาพที่ 2.14 แสดงการจัดวางดวงโคม

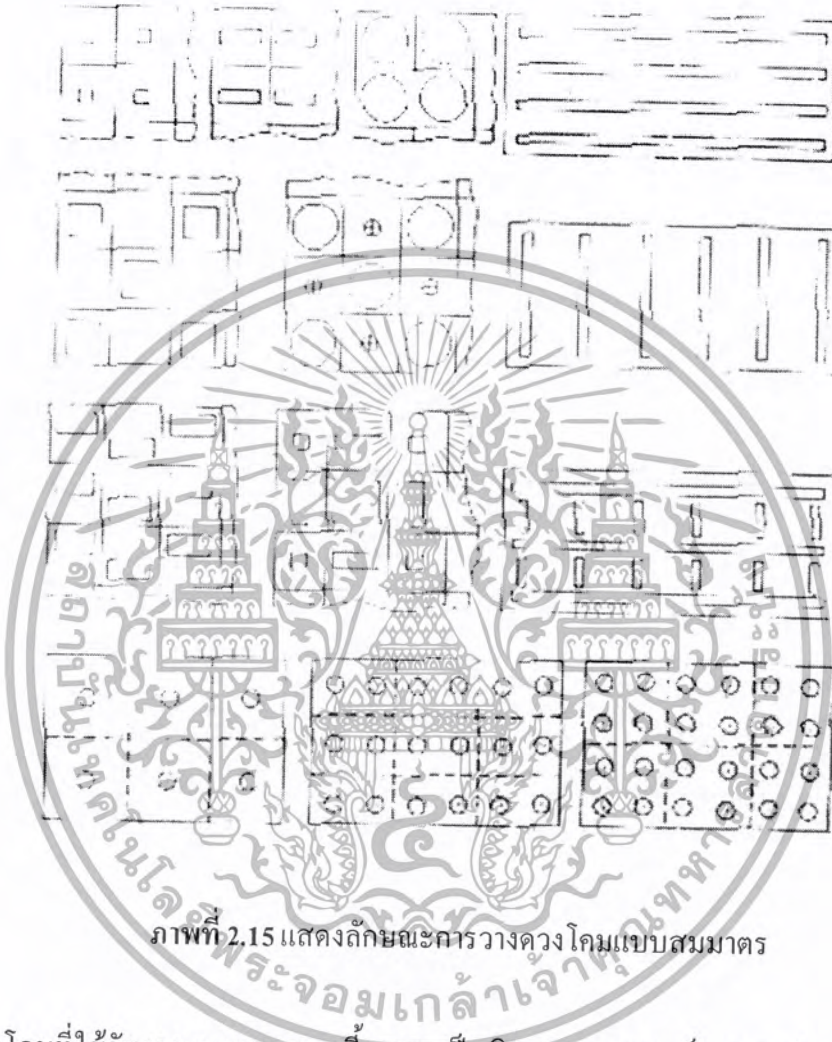
2.9 การจัดวางดวงโคม (Layout of the Luminaire)

เราสามารถจำแนกลักษณะของการจัดวางตำแหน่งของดวงโคมได้ดังต่อไปนี้

2.9.1 การจัดวางแบบสมมาตร (General lighting) เป็นลักษณะของการจัดวางดวงโคมโดยพิจารณาถึงความสม่ำเสมอของปริมาณแสงบนพื้นงาน (uniformity) ซึ่งมักจะเป็นลักษณะสมมาตร ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ดังภาพที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งดวงโคมแบบสมมาตรนี้ มักจะทำก่อนที่จะทราบตำแหน่งแน่นอนของโตะทำงาน อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในสำนักงาน ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ หรือตำแหน่งของเครื่องจักร ดังนั้น ตำแหน่งของดวงโคมจึงมักถูกกำหนดโดยระยะของความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของดวงโคมกับความสูงของดวงโคม และ โครงสร้างของฝ้าเพดาน

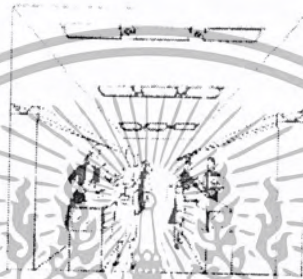
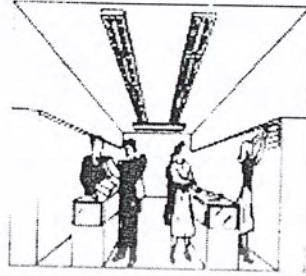


ภาพที่ 2.15 แสดงลักษณะการวางดวงโคมแบบสมมาตร

ดวงโคมที่ใช้จัดวางแบบสมมาตรนี้อาจจะเป็นอินแคนเดสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือหลอด HID ก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้ว ภายในบริเวณสำนักงานเรามักใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจจะติดตั้งเป็นหน่วยใด ๆ หรือติดตั้งเป็นแถวยาวไปตามห้องก็ได้ และในบางครั้ง แถวของดวงโคมฟลูออเรสเซนต์นี้อาจจะมีอิทธิพลต่อความรู้สึกในการเห็นด้วย ซึ่งอาจทำให้ห้องทำงานดูเสมือนยาวขึ้นหรือกว้างขึ้นก็ได้ ดังภาพที่ 2.16

ข้อสำคัญอีกประการหนึ่ง สำหรับการจัดวางดวงโคมแบบสมมาตรก็คือ ระยะห่างระหว่างดวงโคมกับผนังไม่ควรเกินระยะครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างแถวของดวงโคมด้วยตนเอง และในกรณีที่จะมีการจัดวางโตะทำงานอยู่ชิดหรือใกล้เคียงกับผนังด้วย ระยะห่างระหว่างแถวของ

ดวงโคมหรือไม่ควรเกิน 2.5 ฟุต สำหรับปลายสุดของแถวของดวงโคมก็ควรอยู่ห่างจากผนังระหว่าง 6 นิ้ว ถึง 1 ฟุต



ภาพที่ 2.16 แสดงการจัดวางดวงโคมทำให้มีความรู้สึกว้าห้องกว้างขึ้นหรือยาวขึ้นได้

2.9.2 การจัดวางดวงโคมเฉพาะบริเวณ (Local lighting) เราอาจจะติดตั้งดวงโคมเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษในเฉพาะบริเวณใดบริเวณหนึ่งในกรณีที่ต้องการระดับปริมาณแสงสว่างสูงขึ้น เช่น บริเวณโต๊ะทำงาน โต๊ะเขียนแบบ เครื่องพิมพ์ดีด หรืออุปกรณ์ในสำนักงานบางอย่างก็ได้ สิ่งที่จะต้องพึงระวังเมื่อติดตั้งดวงโคมเฉพาะบริเวณก็คือ มันอาจจะไปรบกวนหรือเกิดการแยงตากับผู้ที่อยู่ข้างเคียงได้

2.9.3 การจัดวางดวงโคมเฉพาะจุด (Supplementary lighting) โดยทั่วไปแล้วการจัดวางดวงโคมเฉพาะจุด มักจะทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มความเด่นให้กับจุดใดจุดหนึ่งโดยเฉพาะลงไป เช่น ป้ายเครื่องหมายการค้า หรือสัญลักษณ์ของบริษัท หรือตัวอย่างสินค้าในตู้โชว์ อย่างไรก็ตามการออกแบบสมมาตรที่อยู่ข้างเคียงด้วย

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) [4] เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่รวบรวมความสามารถมากมายไม่ว่าจะเป็นหน่วยประมวลผลหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิกวงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณออกทางเอาต์พุต หน่วยความจำวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดีโดยช่วยลดจำนวนของอุปกรณ์และขนาดของระบบลง ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้นภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ “ไมโคร” (micro) ซึ่งหมายถึงไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ซึ่งภายในประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำและวงจรเชื่อมต่อสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” (controller) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

3.1.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051 แสดงในภาพที่

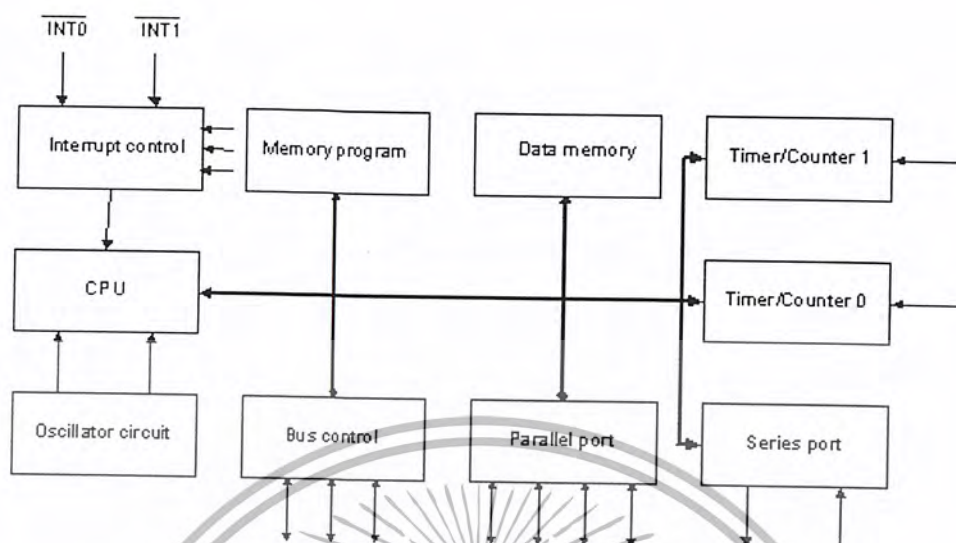
3.1 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 128 ไบต์ (Internal data memory 128 byte)
- หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ (Internal program memory 4 Kbytes)
- อุปกรณ์ควบคุมการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt Control Unit)
- ตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 16 บิต 2 ชุด (Timer/Counter0 and Timer/Counter1)
- พอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex ซึ่งสามารถรับและส่งข้อมูลพร้อมกัน

ได้

- พอร์ตขนานสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวน 4 พอร์ต ๆ ละ 8 บิต

- วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน



ภาพที่ 3.1 แสดง โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

3.1.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Internal Program Memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมทำหน้าที่เก็บโปรแกรมที่ผู้เขียนขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยหน่วยความจำจะเป็นแบบ ROM มีความจุ 4 Kbytes (ตำแหน่ง 0000H - 0FFFH) ในการใช้งาน เราสามารถกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกใช้โปรแกรมที่เก็บอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำ (EPROM) ที่อยู่นอกก็ได้ การเลือกการติดต่อทำได้โดยการป้อนสัญญาณควบคุมที่ขา EA (External Access) ถ้าต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต่อขานี้ที่ลอจิก 1 หากต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำภายนอกจะต่อขานี้กับลอจิก 0 การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะติดต่อได้ทั้งหมด 64 Kbytes (ตำแหน่ง 0000H-FFFFH)

ในกรณีที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อได้ 4 Kbytes (สำหรับเบอร์ 8051) หากตำแหน่งของโปรแกรมมีค่าเกินกว่าตำแหน่งของหน่วยความจำภายใน (โปรแกรมยาวเกินกว่า 4Kbytes) ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายนอกอัตโนมัติ

3.1.3 หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory)

หน่วยความจำข้อมูลภายในทำหน้าที่เก็บข้อมูลทั่วไป และทำหน้าที่เป็นสแต็ก (Stack) บางส่วน หน่วยความจำภายในของเบอร์ 8051 มีอยู่ 128 ไบต์ โดยอยู่ในตำแหน่ง 00H-7FH

3.1.4 อุปกรณ์ควบคุมการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt Control Unit)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการอินเทอร์รัพต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีการร้องขออินเทอร์รัพต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิดคือ สัญญาณจากภายนอก 5 สัญญาณจากตัว Timer0, Timer1 และ Timer2 (เบอร์ 8051มี Timer เพียง 2 ตัวดังนั้นจะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัพต์ 5 แหล่ง) และอุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม 1 สัญญาณ สัญญาณอินเทอร์รัพต์ที่เกิดขึ้นเราสามารถควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตอบรับหรือไม่ตอบรับก็ได้ นอกจากนี้เรายังสามารถจัดลำดับกับความสำคัญของการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt priority) จากสัญญาณต่าง ๆ ได้ 2 ระดับแตกต่างกัน

3.1.5 ตัวตั้งเวลาและตัวนับ (Timer / Counter)

ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ ขนาด 16 บิตจำนวน 2 ชุด คือ Timer0 และ Timer1 สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8052 จะมี Timer2 เพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว โดย Timer ทั้งหมดสามารถกำหนดให้ทำงานในลักษณะของตัวนับหรือตัวจับเวลา ก็ได้

การทำงานในโหมดของตัวตั้งเวลา ค่าในรีจิสเตอร์จะเพิ่มขึ้นทุก ๆ แมกซ์ไซเคิลโดย 1 แมกซ์ไซเคิลประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ดังนั้นอัตราการจับเวลาจะเป็น 1/12 เท่าของสัญญาณนาฬิกาของระบบ ค่าสูงสุดที่ตั้งได้คือ 2^{16}

การทำงานในโหมดการนับ ค่าของการนับจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่ขา T0 หรือ T1 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ความเร็วในการนับสูงสุดคือ 1/24 เท่าของสัญญาณนาฬิกา โดยสัญญาณที่เข้ามาที่ขา T0 หรือ T1 จะมี Duty Cycle เท่าใดก็ได้

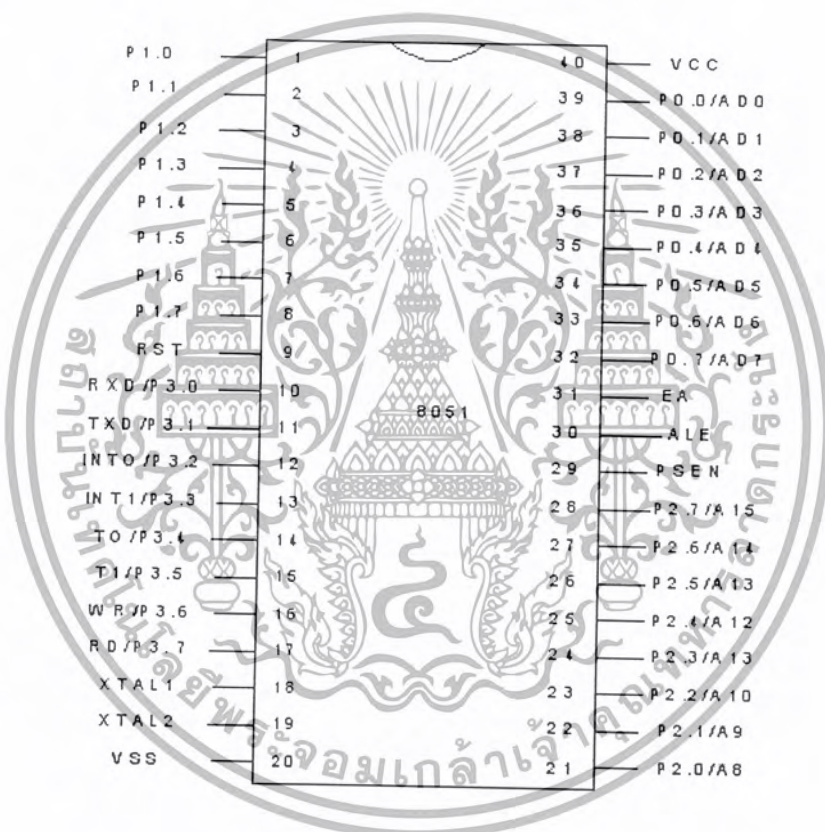
3.1.6 พอร์ตอินพุตเอาต์พุต

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง (Bidirectional) จำนวน 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตมีอุปกรณ์แลตซ์ข้อมูลและเอาต์พุตไดรเวอร์ประกอบอยู่ทางด้านเอาต์พุต และทางด้านอินพุตจะมีบัฟเฟอร์ (พอร์ตทั้ง 4 เป็นรีจิสเตอร์พิเศษชื่อ P0, P1, P2 และ P3) เราสามารถใช้งานแต่ละพอร์ตเป็นอินพุตได้ตามต้องการ แต่ละบิตของพอร์ตสามารถเชื่อมต่อสัญญาณ TTL ได้โดยตรง

ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกพอร์ต P0 และ P2 จะใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก โดยพอร์ต P0 จะทำงานในลักษณะของมัลติเพล็กซ์คือ เป็นทั้งพอร์ตตำแหน่งและพอร์ตข้อมูล โดย P0 จะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำด้านต่ำ (Low byte) และ P2 จะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำด้านสูง (High byte)

3.1.7 สัญญาณต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไอซีขนาด 40 ขาซึ่งมีสัญญาณต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ของ MCS-51 เบอร์ 8051

สัญญาณต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถจำแนกตามการทำงานเป็น 3 กลุ่มคือ

- 1.) กลุ่มสัญญาณตำแหน่งเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำ
- 2.) กลุ่มสัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3.) กลุ่มสัญญาณข้อมูลเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ

หน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่และการทำงานของสัญญาณต่างๆ เป็นดังนี้

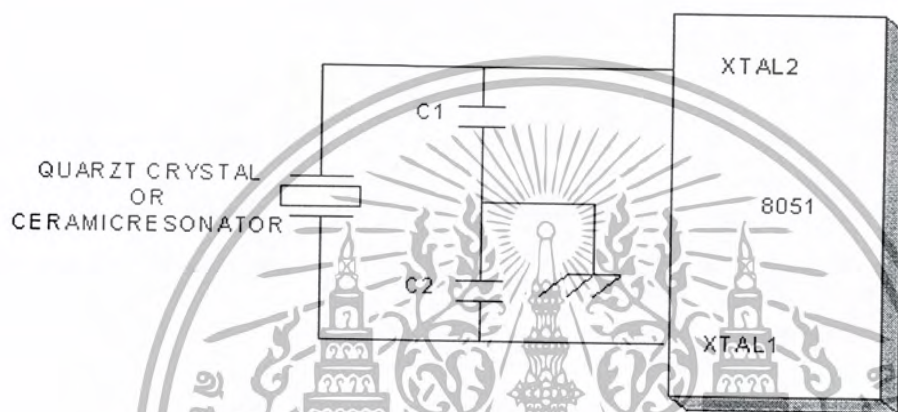
VCC สำหรับต่อกับไฟเลี้ยง 5 โวลต์

VSS สำหรับต่อกับกราวด์

XTAL1 เป็นอินพุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวอร์สของวงจรมัลติสัญญาณนาฬิกา

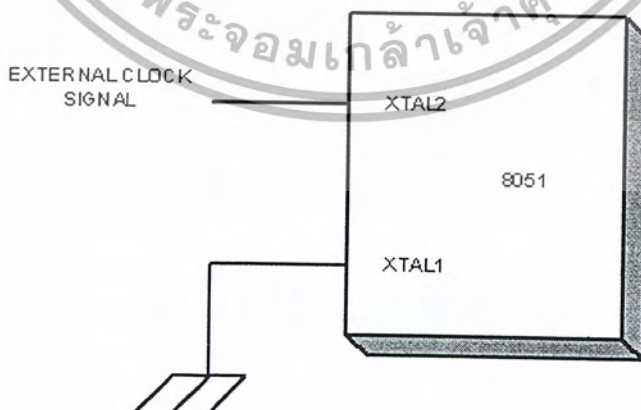
XTAL2 เป็นเอาต์พุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวอร์สของวงจรมัลติสัญญาณนาฬิกา

การต่อใช้งานของขา XTAL1 และ XTAL2 เพื่อสร้างวงจรมัลติสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้คริสตอลสามารถทำได้ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แสดงการต่อสัญญาณนาฬิกาที่ขา XTAL1 และ XTAL2

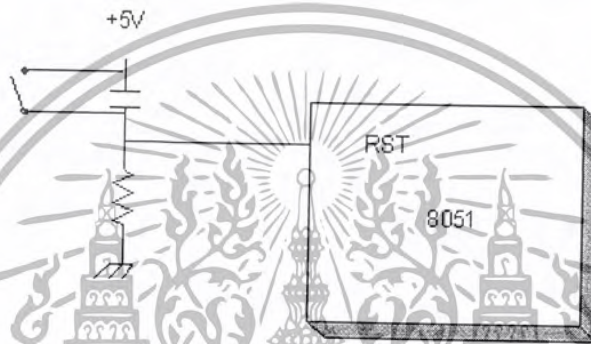
หากต้องการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกจะต่อ XTAL1 ลงกราวด์และต่อสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้าที่ขา XTAL2 ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แสดงการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

RST สัญญาณรีเซ็ต ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกรีเซ็ตเมื่อสัญญาณที่ขา RST นี้มีค่าเป็นลอจิก 1 นานไม่ต่ำกว่า 2 แมกซ์ซีไนซ์เกิด การต่อขารีเซ็ตจะเป็นภาพที่ 3.5

ALE/PROG (Address Latch Enable) เป็นสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งออกไป เป็นพัลส์เพื่อแลตซ์ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำที่อยู่พอร์ต P0 ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณนี้จะถูกออกไปด้วยอัตราคงที่คือ 1/6 เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกาซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับอุปกรณ์ภายนอกได้ สัญญาณพัลส์นี้จะถูกข้ามไป 1 พัลส์เมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) และสัญญาณนี้จะใช้เป็นอินพุตเพื่อควบคุมการ โปรแกรม PROM ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย



ภาพที่ 3.5 แสดงการต่อสัญญาณรีเซ็ต

PSEN (Program Store Enable) เป็นเอาต์พุต สำหรับส่งสัญญาณสโครป เพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) เมื่อซีพียูอ่านรหัสคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก จะส่งสัญญาณโครปออกมา 2 ครั้งใน 1 แมกซ์ซีไนซ์เกิดแต่สัญญาณโครปทั้ง 2 ครั้งจะถูกข้ามไปหากเป็นช่วงที่ซีพียูติดต่อกับ External Data Memory

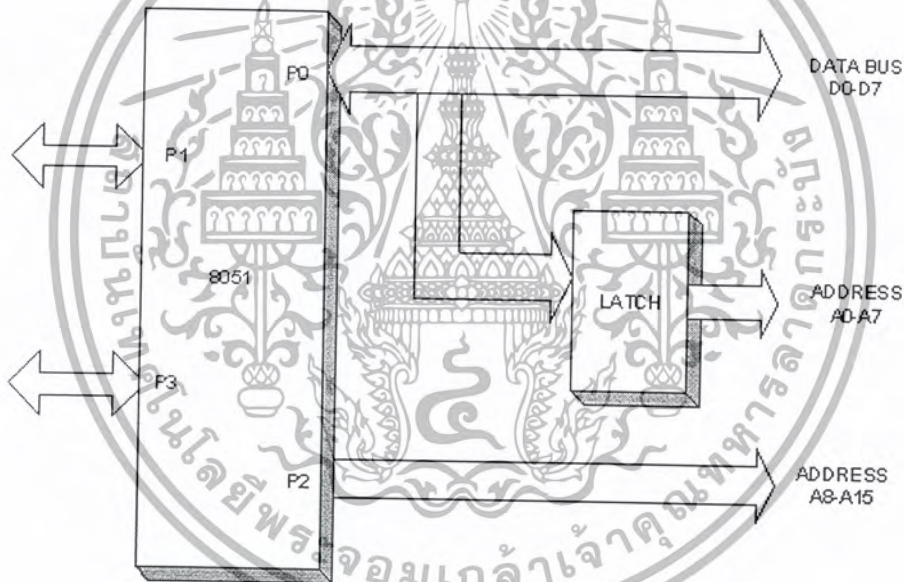
EA (External Access) เป็นสัญญาณอินพุต ใช้สำหรับควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกติดต่อกับโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำโปรแกรมภายใน หรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากให้ค่าลอจิก 1 ที่ขานี้จะเป็นการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากต้องการให้ซีพียูติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องต่อสัญญาณเข้ากับลอจิก 0 หรือ VSS ถึงแม้ว่าเบอร์ 8031 ไม่มี EPROM ภายในก็ต่อขานี้ลงกราวด์ด้วย ในกรณีของการ โปรแกรม ROM ภายใน

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่อขานี้เข้ากับไฟ 21 V ถ้าเป็น 8751 AH แต่หากเป็น 8751 BH ต้องต่อกับ 12.75 V.

Port 0 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทางแบบ Open drain ขนาด 8 บิต P0.1 –P0.7 เมื่อใช้เป็นเอาต์พุตสามารถต่อกับไอซี TTL ตระกูล LS ได้ 8 ตัว เมื่อต้องการใช้งานเป็นอินพุตต้องส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตก่อนเพื่อทำให้ลอยซึ่งจะเป็นอิมพีแดนซ์สูง

พอร์ต P0 จะทำงานอีกหน้าที่หนึ่งคือ เป็นมัลติเพล็กซ์ของสัญญาณตำแหน่งด้านต่ำ และสัญญาณข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก การทำงานในลักษณะนี้จะใช้การพูลอัพ (Pull up) จากภายในที่สามารถจ่ายกระแสให้กับอินพุตของ TTL ได้ 8 ตัว นอกจากนี้ หน้าที่ดังกล่าวแล้ว พอร์ต P0 ยังใช้เป็นตัวรับข้อมูลในช่วงการโปรแกรม EPROM และเป็นตัวส่งข้อมูลออกมาในช่วงการตรวจสอบโปรแกรมภายใน ROM หรือ EPROM ซึ่งจะต้องใช้พูลอัพจากภายนอกในขณะการตรวจสอบโปรแกรม

การสร้างสัญญาณตำแหน่ง A0-A7 และสัญญาณข้อมูล D0-D7 ทำโดยใช้อุปกรณ์เลขที่ข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 แสดงการสร้างสัญญาณแอดเดรสและสัญญาณข้อมูล

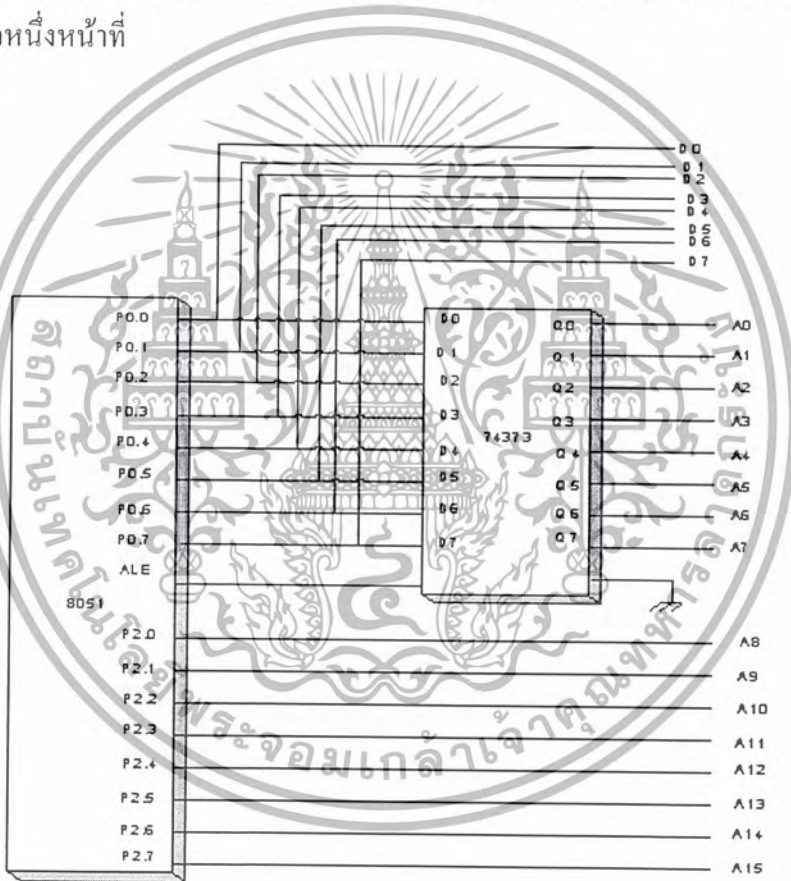
อุปกรณ์ที่นำมาใช้เลขที่ตำแหน่ง A0-A7 ที่ออกมาจากพอร์ต P0 คือ ไอซี 74LS373 ซึ่งเป็น 8 บิต เลขที่เราสามารถนำมาต่อใช้งานได้ดังแสดงในภาพที่ 3.7

Port 1 เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบ 2 ทางขนาด 8 บิตที่มีพูลอัพอยู่ภายใน ในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับ อินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการใช้เป็นอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตก่อน เพื่อทำให้เกิดพูลอัพภายใน เมื่อมีสัญญาณอินพุต 0 เข้ามา จะทำให้พอร์ตกจ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพภายใน นอกจากนี้พอร์ต P1 ยังทำหน้าที่รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งด้านต่ำในช่วงของการโปรแกรม EPROM และช่วงการตรวจสอบโปรแกรมใน ROM หรือ EPROM อีก ด้วยสำหรับเบอร์ 8032 AH และ 8052 AH ขา P1.0 และ P1.1 จะทำหน้าที่เป็น T2 และ T2EX อีกหนึ่งหน้าที่

Port 2 เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบ 2 ทาง ขนาด 8 บิตที่มีพูลอัพอยู่ภายใน ในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการทำเป็นอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตก่อนเพื่อทำให้เกิดการพูลอัพภายใน เมื่อสัญญาณอินพุตเข้ามาเป็น 0 จะทำให้พอร์ตจ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพอยู่ภายใน นอกจากนี้พอร์ต P1 ยังทำหน้าที่รับตำแหน่งด้านต่ำในช่วงของการโปรแกรม EPROM และช่วงการตรวจสอบโปรแกรมใน ROM หรือ EPROM อีกด้วย สำหรับเบอร์ 8032 AH และ 8052 AH ขา P1.0 และ P1.1 จะทำหน้าที่เป็น T2 และ T2EX อีกหนึ่งหน้าที่



ภาพที่ 3.7 แสดงการต่อวงจรแลทซ์ตำแหน่ง A0-A7

Port 2 เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบ 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพอยู่ภายใน ในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการทำเป็นอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อทำให้เกิดการพูลอัพภายใน เมื่อสัญญาณอินพุตเข้ามาเป็น 0 จะทำให้พอร์ตจ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพอยู่ภายใน ในระหว่างการติดต่อกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมภายนอกหรือการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่มีการอ้างตำแหน่งแบบ 16 บิต พอร์ต P2 จะส่งตำแหน่งไบต์สูงออกไป ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้จะมีการพูลอ์พภายในอยู่ในช่วงของการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่ใช้การอ้างตำแหน่งแบบ 8 บิต (คำสั่ง MOVX@RI) สัญญาณที่ขาของ พอร์ต P2 จะมีค่าเท่ากับรีจิสเตอร์ P2 ที่อยู่ใน SFR นอกจากนี้ พอร์ต P2 ยังทำหน้าที่รับตำแหน่งไบต์สูงในช่วงของการโปรแกรม ROM และ EPROM อีกด้วย

Port 3 เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอ์พภายใน ในกรณีเอาต์พุตสามารถต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการทำเป็นอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตก่อนเพื่อทำให้เกิดการพูลอ์พภายใน เมื่อสัญญาณอินพุตเข้ามาเป็น 0 จะทำให้พอร์ต P3 จำกระแสออกมาเนื่องจากการพูลอ์พภายใน นอกจากนี้ พอร์ต P3 ยังทำหน้าที่เป็นสัญญาณอื่น ๆ อีกดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการต่อวงจรแลทซ์ตำแหน่ง A0-A7

พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
P3.0	RXD	อินพุตของพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	เอาต์พุตของพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0	สัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกตัวที่ 0
P3.3	INT1	สัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกตัวที่ 1
P3.4	TO	อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลา 0
P3.5	T1	อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลา 1
P3.6	WR	สัญญาณการเขียนข้อมูลออกไปภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณการอ่านข้อมูลจากภายนอกเข้ามา

เมื่อต้องการใช้งานพอร์ต P3 ให้ทำหน้าที่เป็นสัญญาณต่าง ๆ จะต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปแลทซ์ที่พอร์ต P3 ก่อนเพื่อให้เกิดการพูลอ์พภายใน หากเรากำหนดให้มีค่าลอจิก 0 จะทำให้สัญญาณที่ขาต่างๆ มีค่าเป็น 0 ตลอดเวลา

3.1.8 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51

การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะจัดแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)
3. รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function Register)

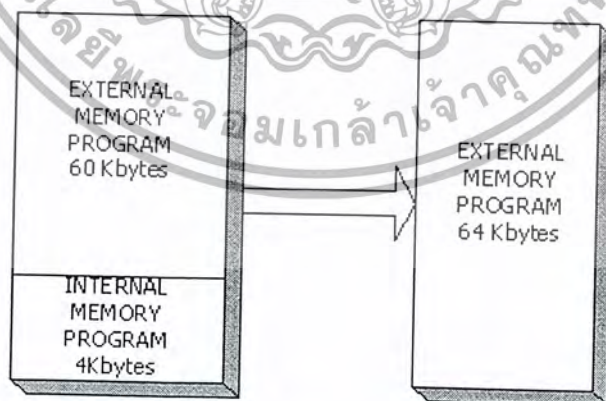
3.1.8.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะเป็นที่เก็บชุดคำสั่งต่าง ๆ และข้อมูลที่ใช้โปรแกรมใช้งาน หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (Internal Program Memory)
2. หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory)

ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 มีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมได้ 4 Kbytes ซึ่งหน่วยความจำจะเป็นลักษณะของ ROM (ใน 8052 มี 8 Kbytes) ในการใช้งานเราสามารถเก็บโปรแกรมเข้าในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ทำให้ประหยัดการใช้หน่วยความจำภายนอก สำหรับเบอร์ 8031 และ 8032 จำไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมประกอบอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นการใช้งานเบอร์ 8031 และ 8032 ต้องใช้หน่วยความจำภายนอกเป็นตัวเก็บโปรแกรม

การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์หรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ภายนอกก็ได้ โดยมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 64 Kbytes การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 สามารถเลือกใช้ใช้งานได้ 2 ลักษณะคือ เลือกใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีอยู่ 4 Kbytes รวมกับหน่วยความจำภายนอกอีก 60 Kbytes หรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกทั้งหมด 64 bytes ก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 แสดงการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

จากภาพที่ 3.8 การจัดหน่วยความจำโปรแกรมได้จำนวนตำแหน่งของหน่วยความจำ

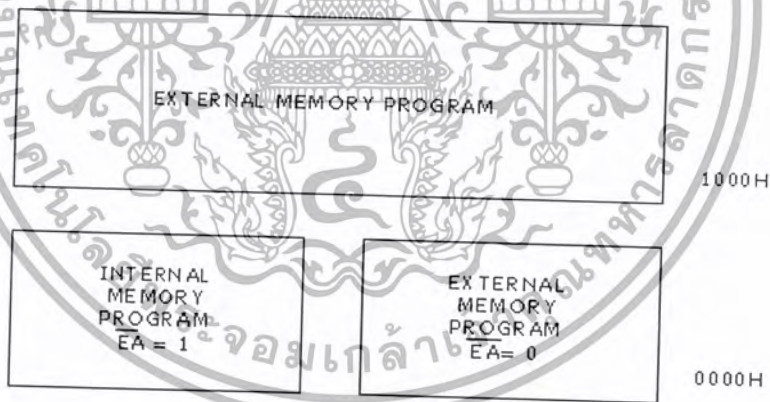
โปรแกรมทั้งหมด คือ 64 Kbytes (ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH) หน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ในตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้ไปเผยแพร่ในด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8051 มี 1Kbytes (ตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH) ในการใช้งานเรากำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้หน่วยความจำของโปรแกรมภายในหรือภายนอกก็ได้โดยการควบคุมสัญญาณที่ขา EA (External Access) หากทำให้ EA เป็น 0 เป็นการใช้นหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก การเลือกใช้นหน่วยความจำโปรแกรมจะทำได้เฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมจะทำได้เฉพาะหน่วยความจำในตำแหน่ง 0000H - 0FFFH ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ซ้อนกันระหว่างความจำภายในกับหน่วยความจำภายนอกเท่านั้น หากโปรแกรมอยู่ในตำแหน่งที่เกินกว่า 0FFFH ขึ้นไป ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกอัตโนมัติ ไม่ว่าสัญญาณที่ขา EA จะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 ก็ตาม การจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 จะเป็นดังภาพที่ 3.9

1. การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051-สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้สูงสุด 64 Kbytes โดยใช้พอร์ต P0 ร่วมกับพอร์ต P2 เป็นสัญญาณตำแหน่ง และพอร์ต P0 เป็นสัญญาณข้อมูล ซึ่งพอร์ต P0 จะทำงานในลักษณะของการมัลติเพล็กซ์ระหว่างตำแหน่งและข้อมูล ส่วนพอร์ต P2 จะทำหน้าที่เป็นสัญญาณตำแหน่งเพียงอย่างเดียว โดยมีสัญญาณที่ใช้ควบคุมการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหาดังนี้



ภาพที่ 3.9 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

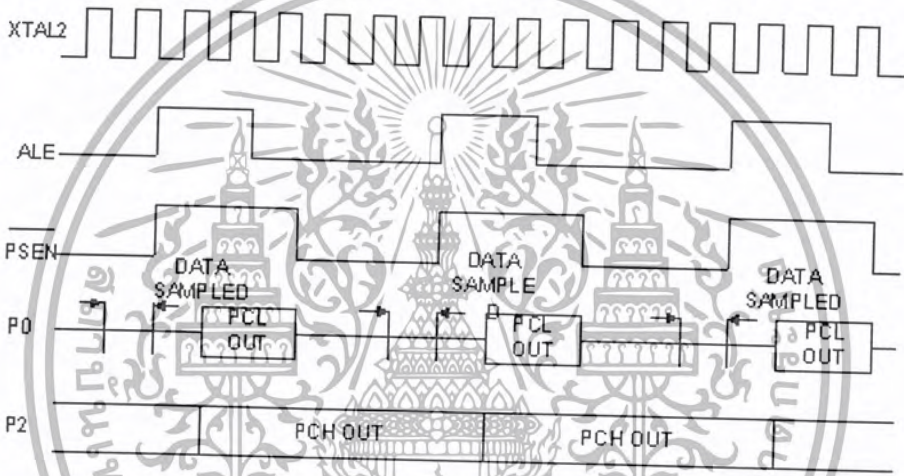
EA, ALE, PSEN

ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ PSEN (Program Store Enable) ออกมาเป็น 0 ซึ่งใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก สัญญาณนี้จะนำไปต่อควบคุมการทำงานของ EPROM ต่อไป การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกสัญญาณ PSEN จะแอกทีฟ 2 ครั้งใน 1 แมชชีน

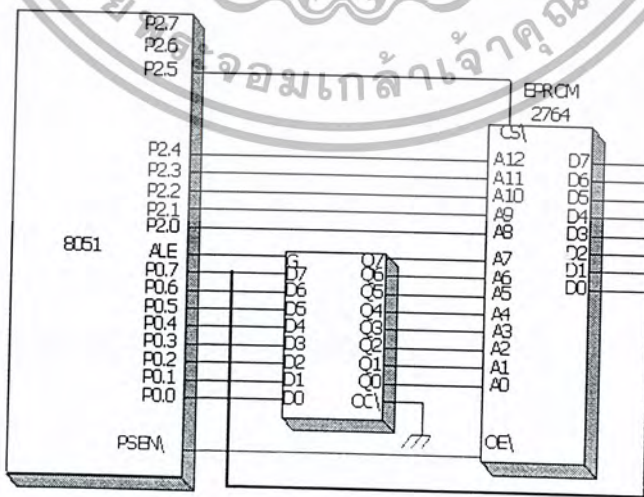
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซเคิล หมายถึงว่าใน 1 เมกซ์ซินไซเคิลไมโครคอนโทรลเลอร์มีการอ่านคำสั่งเข้ามา 2 ไบต์ ยกเว้นในกรณีที่คำสั่งเป็นการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ไคอะแกรมเวลาการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแสดงดังรูป 2-3 ซึ่ง 1 เมกซ์ซินไซเคิลมี 6 State และแต่ละ State มี 2 เฟสหรือ 2 พัลส์ ดังนั้นการทำงานของคำสั่งที่มี 1 เมกซ์ซินไซเคิลจะใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ถ้าหากเราใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเป็น 12 MHz จะใช้เวลาในการทำคำสั่ง 1 คำสั่งเป็นเวลา 1 ไมโครวินาที

การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม หรือหน่วยความจำข้อมูลจะใช้วงจรแลตซ์ข้อมูลสำหรับการสร้างสัญญาณตำแหน่งด้านต่ำ A0-A7 ที่อยู่ในพอร์ต P0 วงจรการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะเป็นดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.10 แสดงไคอะแกรมเวลาของการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก



ภาพที่ 3.11 แสดงการต่อ EPROM เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.11 ไอซี 74373 จะทำหน้าที่แลตช์สัญญาณตำแหน่ง 8 บิตด้านต่ำ (A0-A7) ที่ออกมาจากพอร์ต P0 ในช่วงแรก โดยมีสัญญาณ ALE ที่ออกมาจากพอร์ต P2 สัญญาณตำแหน่งทั้ง 16 เส้นจะได้มาจากพอร์ต P2 ร่วมกับสัญญาณที่เอาต์พุตของไอซี 74373 เมื่อได้สัญญาณตำแหน่งครบ 16 เส้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ PSEN ออกมาเป็น 0 เพื่ออ่านข้อมูลจาก EPROM เข้าไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อมูล (D0-D7) จะถูกอ่านเข้าไปทางพอร์ต P0 จากไดอะแกรมในภาพที่ 3.10 การอ่านข้อมูลของโปรแกรมจะกระทำในช่วง P1 ของ STATE 4 ซึ่งเป็นช่วงที่ PSEN เป็น 0

สรุปการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะเกิดขึ้นเมื่อ

1. สัญญาณที่ขา EA ซึ่งเป็นอินพุตของ CPU มีค่าลอจิก 0 หรือ
2. เมื่อค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์มีค่ามากกว่า 0FFFFH ขึ้นไปสำหรับเบอร์ 8051

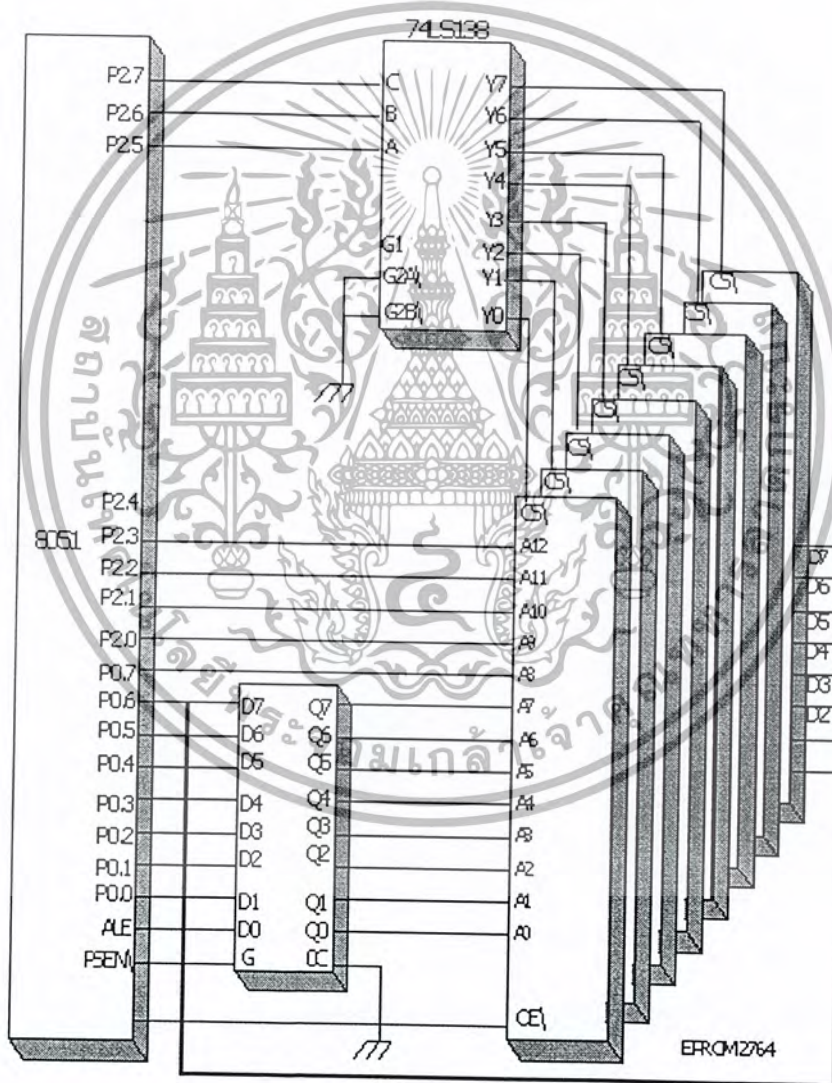
2. การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหลายตัว

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้สูงสุด 64 Kbytes หากเราใช้ EPROM ขนาด 8 Kbytes มาเก็บโปรแกรมจำนวน 64 Kbytes เราต้องใช้ EPROM จำนวน 8 ตัวเพื่อรวมกันได้ 64 Kbytes การต่อวงจรระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ EPROM จะใช้ไอซีที่ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสตำแหน่งคือไอซีเบอร์ 74LS138 เป็นตัวถอดรหัสตำแหน่งของ EPROM แต่ละตัวซึ่งวงจรการเชื่อมต่อจะเป็นดังภาพที่ 3.12

ตารางที่ 3.2 แสดงตำแหน่งของ EPROM ต่างๆ

หน่วยความจำ	A15(P2.7)	A14(P2.6)	A13(P2.5)	ค่าตำแหน่ง
EPROM 0	0	0	0	0000H-1FFFFH
EPROM 1	0	0	1	2000H-3FFFFH
EPROM 2	0	1	0	4000H-5FFFFH
EPROM 3	0	1	1	6000H-7FFFFH
EPROM 4	1	0	0	8000H-9FFFFH
EPROM 5	1	0	1	A000H-BFFFFH
EPROM 6	1	1	0	C000H-DFFFFH
EPROM 7	1	1	1	E000H-FFFFH

ในภาพที่ 3.12 มีไอซี 74LS138 เป็นตัวควบคุมการเลือกการทำงานของ EPROM แต่ละตัว อินพุตของไอซี 74LS138 มาจากสัญญาณตำแหน่ง A15, A14, A13 ส่วนทางด้านเอาต์พุตของไอซี 74LS138 จะนำไปต่อกับขา CS ของ EPROM ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ EPROM แต่ละตัว สัญญาณข้อมูล D0-D7 ของ EPROM ทุกตัวต่อขนานกันทั้งหมดแต่จะต่อเข้ากับบัสข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ สัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจาก EPROM จะใช้สัญญาณ PSEN ที่ออกมาจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสัญญาณนี้จะแอกทีฟเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์อ่าน โปรแกรม โดยสัญญาณ PSEN จะต่อเข้ากับขา OE ของ EPROM ทุกตัว ตำแหน่งของ EPROM แต่ละตัวจะเป็นดังตารางที่ 3.2



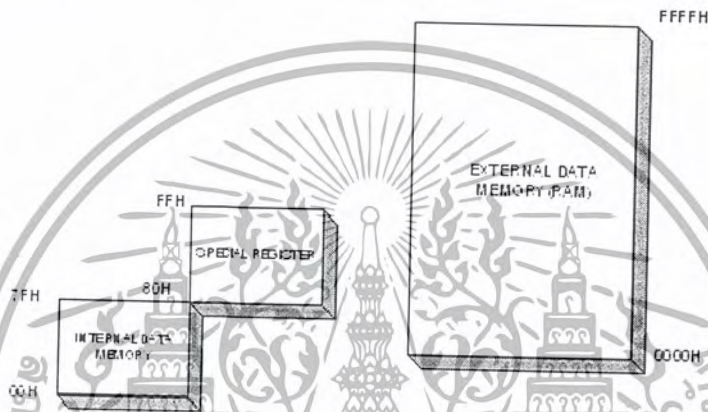
ภาพที่ 3.12 แสดงการต่อ EPROM หลายตัวเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.8.2 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

หน่วยความจำข้อมูลทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ ในขณะที่โปรแกรมทำงาน และทำหน้าที่เป็นสแตกบางส่วน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory)
2. หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory)

รูปแบบการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8051 แสดงในภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ 8051

3.1.8.2.1 หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory)

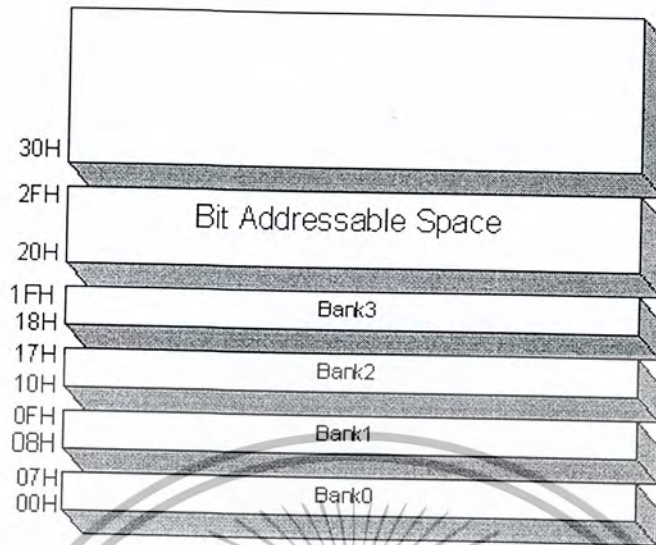
สำหรับเบอร์ 8051 มีหน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลในของเบอร์ 8052 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยหน่วยความจำ 128 ไบต์แรกเป็นหน่วยความจำที่ใช้ทั่วไปอยู่ที่ตำแหน่ง 00H-7FH หน่วยความจำในตำแหน่งที่อยู่สูงขึ้นไป (ตำแหน่ง 80H-FFH) จะมีส่วนที่ซ้อนทับกันอยู่ระหว่างหน่วยความจำกับรีจิสเตอร์เฉพาะพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ตำแหน่ง 00H-7FH ยังสามารถแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังแสดงในภาพที่ 3.14

1) พื้นที่ในตำแหน่ง 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มเรียกว่า แบงก์ (Bank) ในแต่ละแบงก์มี 8 ตำแหน่งดังแสดงภาพที่ 3.14 พื้นที่ในแต่ละแบงก์จึงใช้เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจิสเตอร์ R0-R7) โดย R0 อยู่ในตำแหน่งแรกของแบงก์ และ R7 อยู่ในตำแหน่งสุดท้าย

ของแบงก์ ในการใช้งานจะมีรีจิสเตอร์ R0-R7 อยู่ชุดเดียว แต่เราสามารถ

กำหนดการใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงก์ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 แสดงการจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงต์ต่าง ๆ

รีจิสเตอร์แบงค์	รีจิสเตอร์	ตำแหน่ง
0	R0-R7	00-07
1	R0-R7	08-0F
2	R0-R7	10-17
3	R0-R7	18-1F

การเลือกตำแหน่งที่ใช้งานของรีจิสเตอร์ R0-R7 จะกำหนดจากบิต RS0 และ RS1 ที่อยู่ในตัวรีจิสเตอร์ PSW ซึ่งจะได้อีกกล่าวต่อไป

2) พื้นที่ในตำแหน่ง 20H-2FH เป็นส่วนที่สามารถใช้งานในลักษณะไบต์หรือบิตได้ คือ เราสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 128 บิต ตำแหน่งของบิต คือ 7FH การใช้การอ้างตำแหน่งแบบบิตจะทำให้การทำงานได้รวดเร็วขึ้นซึ่งเป็นคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ถูกออกแบบมาเพื่องานควบคุมโดยเฉพาะ ตำแหน่งต่าง ๆ ของหน่วยความจำที่อ้างตำแหน่งแบบบิตดังในตารางที่ 3.4

3) พื้นที่บริเวณตำแหน่ง 30H-7FH เป็นพื้นที่ที่ใช้งานทั่วไปการติดต่อกับข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ ในส่วนนี้ สามารถอ้างตำแหน่งข้อมูลในลักษณะของไบต์เท่านั้น ในพื้นที่ส่วนนี้เราอาจใช้เป็นสแต็กก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำที่อ้างตำแหน่งแบบบิตได้

ตำแหน่ง RAM	MSB							LSB
2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H	78H
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H
2DH	6FH	6EH	6DH	6CH	6BH	6AH	69H	68H
2CH	67H	66H	65H	64H	63H	62H	61H	60H
2BH	5FH	5EH	5DH	5CH	5BH	5AH	59H	58H
2AH	57H	56H	55H	54H	53H	52H	51H	50H
29H	4FH	4EH	4DH	4CH	4BH	4AH	49H	48H
28H	47H	46H	45H	44H	43H	42H	41H	40H
27H	3FH	3EH	3DH	3CH	3BH	3AH	39H	38H
26H	37H	36H	35H	34H	33H	32H	31H	30H
25H	2FH	2EH	2DH	2CH	2BH	2AH	29H	28H
24H	27H	26H	25H	24H	23H	22H	21H	20H
23H	1FH	1EH	1DH	1CH	1BH	1AH	19H	18H
22H	17H	16H	15H	14H	13H	12H	11H	10H
21H	0FH	0EH	0DH	0CH	0BH	0AH	09H	08H
20H	07H	06H	05H	04H	03H	02H	01H	00H

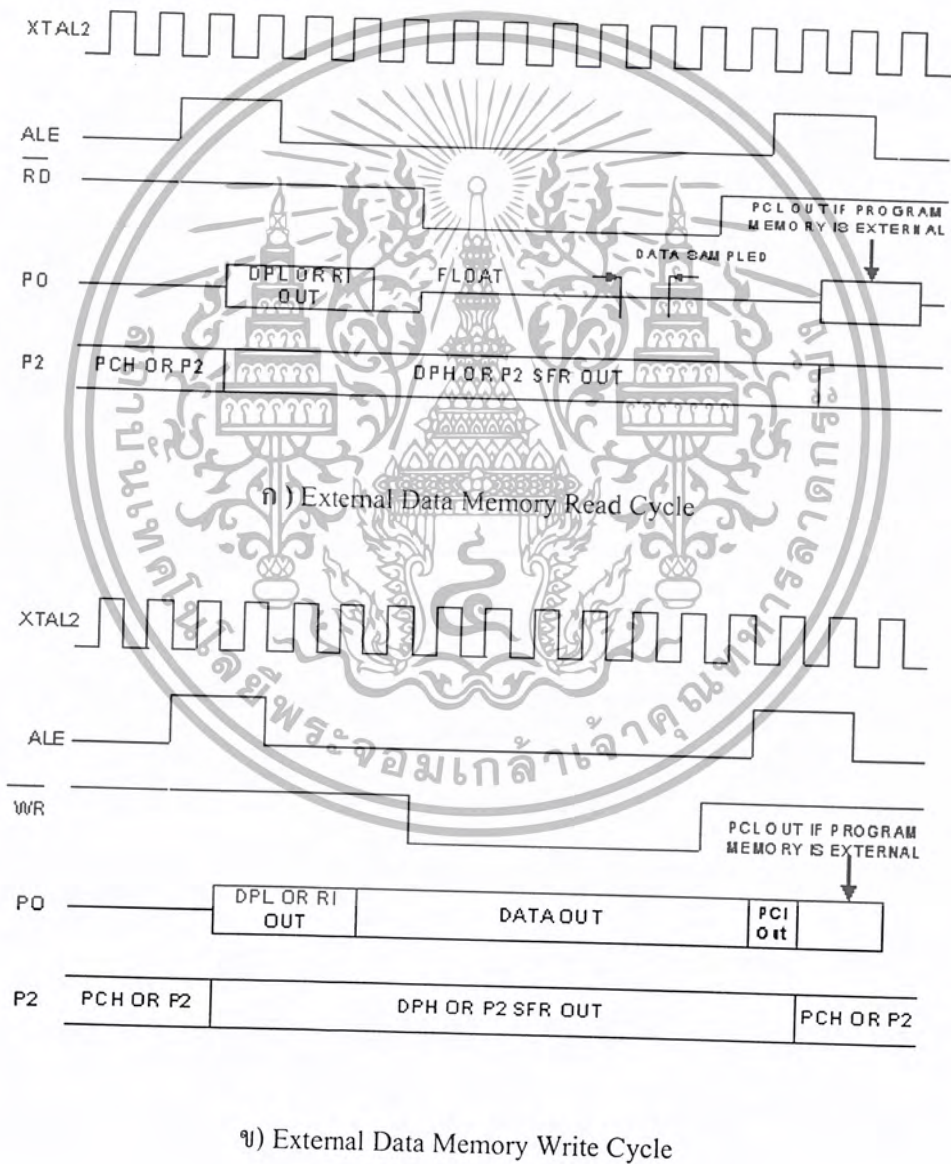
3.1.8.2.2 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 Kbytes เพิ่มเติมจากหน่วยความจำข้อมูลที่อยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเราจะต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่ม เมื่อเราต้องการใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลในขณะที่โปรแกรมทำงานจำนวนมาก ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะอยู่ที่ 0000H-FFFFH ในการใช้งานเราสามารถแบ่งส่วนหนึ่งของพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือพอร์ตเอาต์พุตก็ได้

การต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การติดต่อรับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะใช้คำสั่ง MOVX สัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

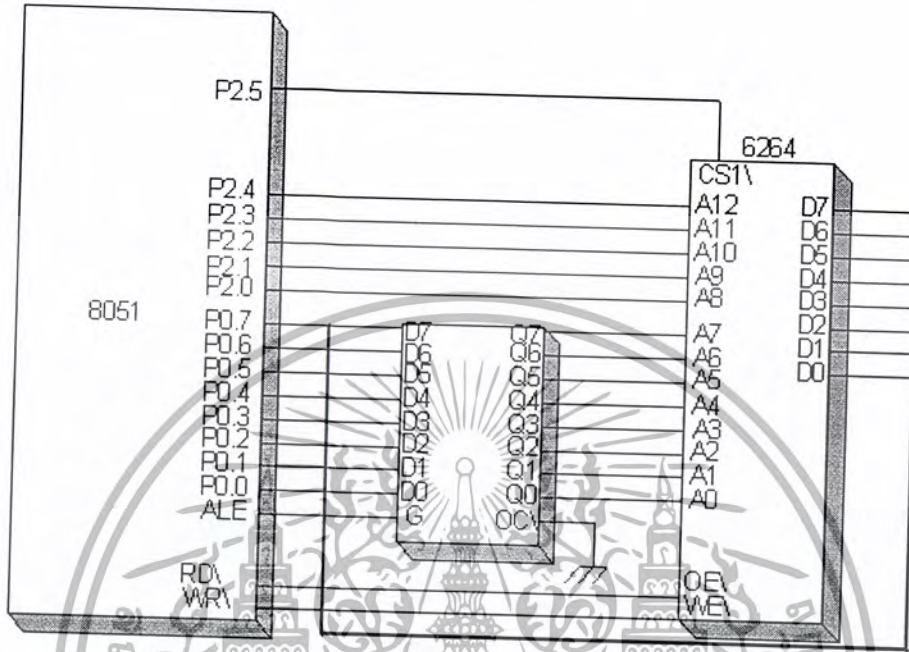
สัญญาณตำแหน่งไบต์สูงสัญญาณ RD เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก จะแอกทีฟเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกที่เกิดจากการทำงานของคำสั่ง MOVX A,@DPTR ซึ่งเป็นการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่งที่กำหนดโดยรีจิสเตอร์ DPTR มาเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ A สัญญาณ WR เป็นสัญญาณควบคุมการบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะแอกทีฟเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเกิดจากการทำงานของคำสั่ง MOVX @DPTR,A โดยอะแกรมเวลาของการอ่านข้อมูลและบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก แสดงภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 แสดงไดอะแกรมเวลาของการอ่านและบันทึกข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่เรานำมาใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้นส่วนใหญ่จะใช้ RAM แบบสแตติก เช่นเบอร์ 6264 ตัวอย่างการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก RAM 6264 แสดงดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 แสดงการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ RAM 6264

จากภาพที่ 3.16 สัญญาณ RD ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่อกับขา OE ของ RAM และ WR จะต่อกับ WE ของ RAM สัญญาณกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำจะนำมาจากพอร์ต P0 และพอร์ต P2 สัญญาณข้อมูลจะนำมาจากพอร์ต P0 การต่อกับ RAM จะมีลักษณะคล้ายกับการต่อกับ EPROM หากต้องการต่อ RAM มากกว่า 1 ตัวใช้ไอซี 74LS138 เป็นตัวถอดรหัสตำแหน่งของ RAM แต่ละตัวเช่นเดียวกับการต่อกับ EPROM

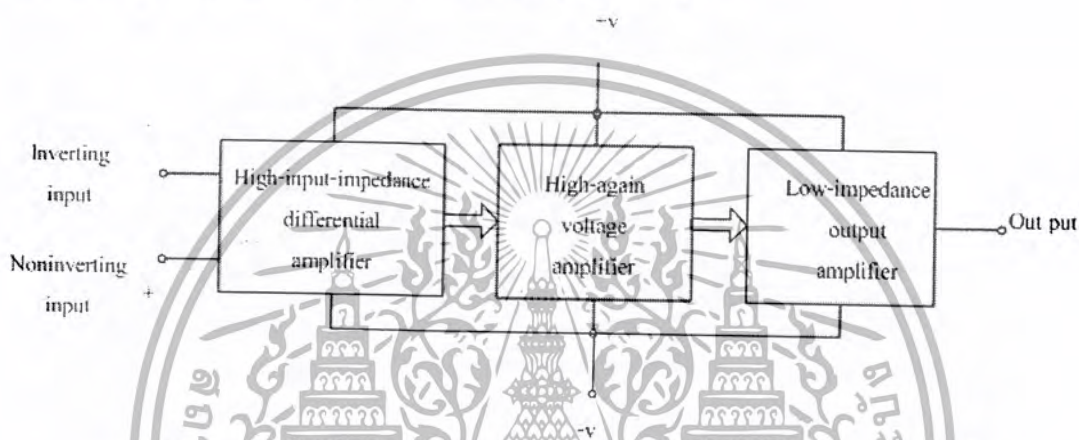
3.2 คุณสมบัติของออปแอมป์

ออปแอมป์ (op-am) คือ อุปกรณ์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ และยังเน้นความสะดวกในการนำไปใช้งานอีกด้วย โดยสามารถประกอบเป็นวงจรได้โดยการต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัวเท่านั้น ในอดีตออปแอมป์จะประกอบขึ้นจากอุปกรณ์หลายตัวที่ถูกนำมาบรรจุไว้ในภาชนะชิ้นเดียวกัน ซึ่งนอกจากจะทำให้ออปแอมป์มีขนาดใหญ่แล้วยังอาจมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำด้วย แต่ปัจจุบัน เราสามารถซื้อออปแอมป์ในรูปแบบของวงจรรวม (IC) ได้ตามท้องตลาด และจากคุณสมบัติ IC (Integrated Circuit : IC) ออปแอมป์ที่ได้พัฒนาขึ้นทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้ว เราสามารถกล่าวได้ว่า ไอซีออปแอมป์ คือ อุปกรณ์โซลิดสเตท (Solid state) ชนิดหนึ่งสามารถวัดระดับสัญญาณไฟตรงและไฟสลับได้และยังสามารถนำไปใช้ขยายสัญญาณได้ด้วย ไอซีออปแอมป์พื้นฐานจะต้องประกอบด้วยวงจรภายในต่าง ๆ ดังนี้ คือ ดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ หรือ วงจรขยายผลต่าง (Differential) ที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงมากและวงจรขยายแรงดันซึ่งมีอัตราขยายสูงมากและวงจรขยายภาคเอาต์พุตอิมพีแดนซ์สูงมาก

ภาพที่ 3.17 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรภายในภาคต่าง ๆ ของออปแอมป์ดังกล่าว และจากรูปจะสังเกตได้ว่า แรงดันไฟตรงที่จ่ายให้แก่ออปแอมป์มักประกอบด้วยไฟบวกและไฟลบ เพื่อให้เอาต์พุตสามารถสวิงได้ทั้งซีกบวกและลบเทียบกับกราวด์



ภาพที่ 3.17 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรภายในภาคต่าง ๆ ของออปแอมป์

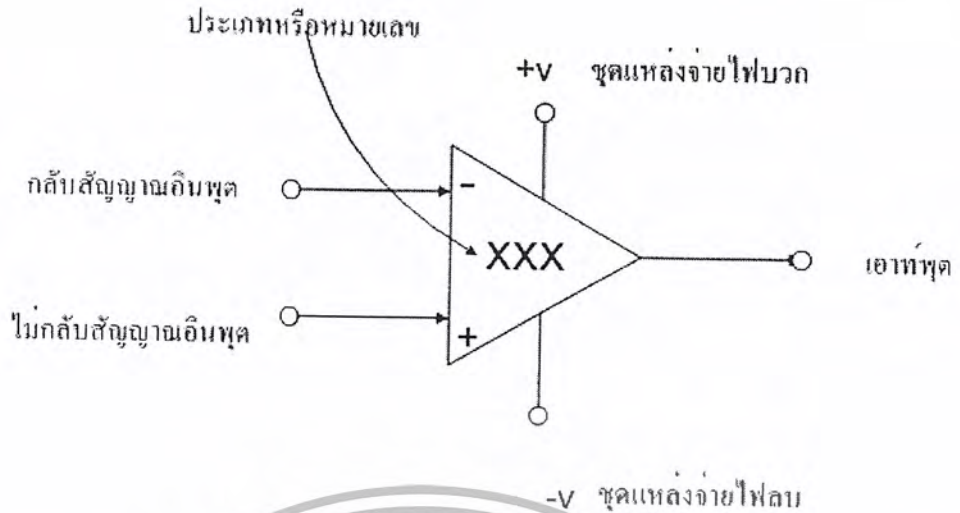
จากคุณสมบัติของออปแอมป์ที่กล่าวมาทำให้เราสามารถสรุปคุณสมบัติที่สำคัญที่สำคัญบางประการของออปแอมป์ในอุดมคติ ดังนี้

- ก. เนื่องจากอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์มีค่าสูงเป็นอนันต์ กระแสเข้าที่อินพุตต่ำจนเกือบเท่าศูนย์ หรืออีกนัยหนึ่งไม่มีกระแสอินพุตเข้าสู่ออปแอมป์เลย
- ข. อัตราขยายขณะเปิดลูป A (ขณะที่ยังไม่มีการป้อนกลับ) จะมีค่าสูงมาก ซึ่งหมายความว่าแรงดันระหว่างขั้วอินพุตควรมีค่าใกล้ศูนย์

ค. เอาต์พุตอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำมากจนไม่ทำตัวเป็น โหลดต่อภาคเอาต์พุตของวงจรขยาย ดังแสดงในภาพที่ 3.18 แสดงสัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์ ซึ่งประกอบด้วยขั้วอินพุต 2 ขั้วสำหรับแหล่งจ่ายไฟ 2 ขั้ว ขั้วเอาต์พุต 1 ขั้ว และขั้วสำหรับปรับออฟเซต หรือการชดเชยความถี่อีก 2 ขั้ว

ขั้วอินพุตทั้งสองของออปแอมป์มีลักษณะต่างกันดังนี้ คือ สำหรับขั้วลบ เมื่อป้อนไฟตรงหรือไฟสลับเข้าไปในขณะที่ขั้วบวกต่อกับจุดอ้างอิงจุดหนึ่งสัญญาณที่ออกมาที่เอาต์พุตจะกลับเฟสกับอินพุต 180 องศา ส่วนการป้อนสัญญาณที่ขั้วบวก เอาต์พุตจะมีเฟสตรงกับอินพุตดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเครื่องหมายที่อินพุต คือ การแสดงเฟสของเอาต์พุตเทียบกับอินพุตส่วนขั้วสำหรับปรับออฟ

เซตหรือชดเชยความถี่นั้น โดยมากมักจะไม่ต้องแสดงในวงจรทั่วไป

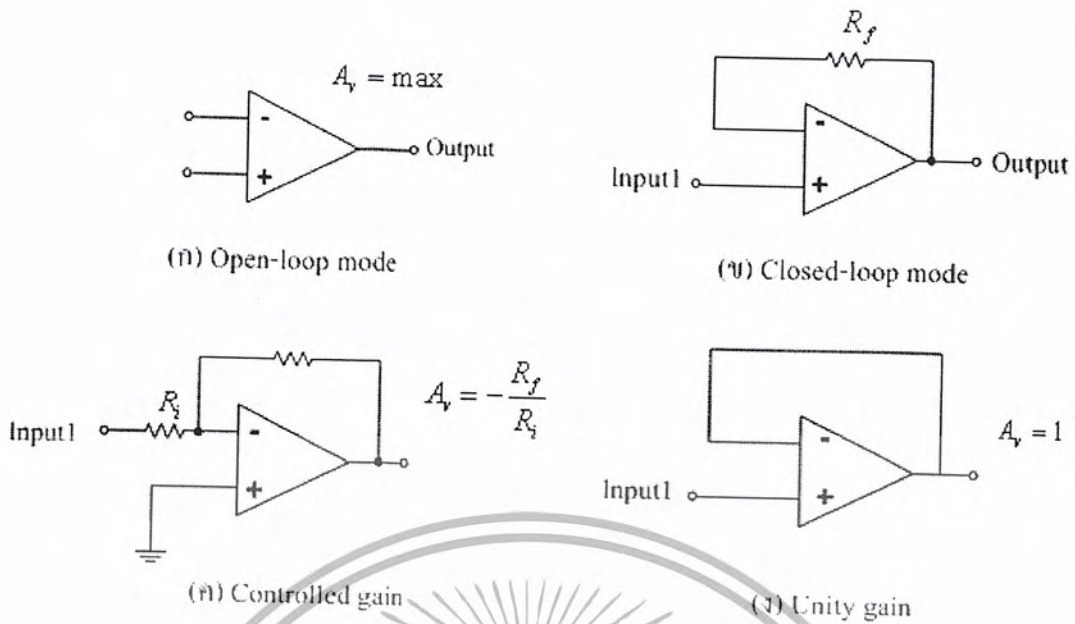


ภาพที่ 3.18 แสดงสัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์

ลักษณะการทำงาน ออปแอมป์ในอุดมคติจะมีอัตราขยายเป็นอนันต์แต่ในทางปฏิบัติ อัตราขยายอาจมีค่าสูงสุดเพียง 10000 หรือ 1000000 เท่านั้น ซึ่งเรียกว่าอัตราขยายขณะเปิด ลูป (AV) ดังภาพที่ 3.19 (ก) ในขณะที่เกิดความแตกต่างของแรงดันเพียงเล็กน้อยระหว่างขั้วอินพุตทั้งสอง เอาต์พุตจะสามารถให้สัญญาณสูงขึ้นหลายเท่า (ตามค่าของอัตราขยาย AV) หากแต่จะถูกจำกัดด้วย ขนาดของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่เราป้อนให้แก่ออปแอมป์ด้วย แต่ถึงเช่นนั้นก็เอาต์พุตก็จะไม่สามารถ มีค่าสูงสุดเท่ากับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงได้จริง ทั้งนี้เกิดจากแรงดันที่ตกคร่อม Q14, R9 หรือ R10, Q20 ในภาพที่ 3.19 (ข) ทำให้แรงดันเอาต์พุตสูงสุดอาจมีค่าประมาณ 90% ของแรงดันจาก แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงเท่านั้น

จากคุณสมบัติข้างต้นเราสามารถนำออปแอมป์ในขณะเปิดลูปไปใช้งานเป็นวงจร เปรียบเทียบแรงดันได้ โดยเอาต์พุตจะเปลี่ยนทันทีเมื่อมี V_{out} ความแตกต่างของแรงดันเกิดขึ้น ระหว่างขั้วอินพุตของออปแอมป์

แต่ว่าการทำงานของออปแอมป์ยังไม่สิ้นสุดเพียงเท่านั้น นอกจากนี้จะพบว่าการใช้ ออปแอมป์ในลักษณะของลูปปิด(มีการป้อนกลับ) จะทำให้ออปแอมป์มีประโยชน์สูงมากขึ้นดังภาพที่ 3.19 (ข) การป้อนกลับในรูปใช้ตัวต้านทาน RF เพียงตัวเดียวซึ่งมีผลให้วงจรมีเสถียรภาพสูงขึ้นและมีสัญญาณรบกวนน้อยลงในขณะที่เดียวกันอัตราขยายแรงดันจะลดลงด้วย

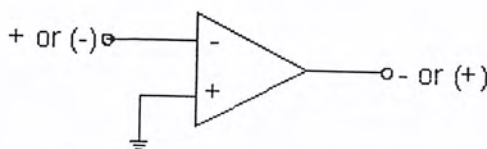


ภาพที่ 3.19 แสดงลักษณะการทำงานของออปแอมป์

วงจรในภาพที่ 3.19 (ค) แสดงการใช้ออปแอมป์โดยมีการป้อนสัญญาณเอาต์พุตกลับมายังอินพุตนอกจากนี้ยังสามารถควบคุมอัตราขยายแรงดัน (ในขณะปิดลูป) ได้โดยอาศัยตัวต้านทาน 2 ตัวเท่านั้นทำให้อัตราขยายแรงดัน A_v มีค่าคงสมการที่ 3.1

$$A_v = -\frac{R_f}{R_i} \tag{3.1}$$

โดยที่เครื่องหมายลบแสดงถึงการกลับเฟสของเอาต์พุตเทียบกับอินพุต ส่วนวงจรภาพที่ 3.19 (ง) แสดงการป้อนกลับในกรณีที่มี $A_v = 1$ คุณสมบัติที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ คือคุณสมบัติทั่วไปของออปแอมป์ที่จะนำไปใช้ในบทต่อๆ ไปและนอกจากนี้คุณสมบัติอีกประการที่ควรศึกษาคือเรื่องความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆ ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์ซึ่ง (ถ้าขั้วลบมีศักดาเป็นบวกสูงกว่าขั้วบวก, เอาต์พุตเป็นลบ และ ถ้าขั้วลบมีศักดาเป็นบวกต่ำกว่าขั้วบวก, เอาต์พุตเป็นบวก) ดังในภาพที่ 3.20

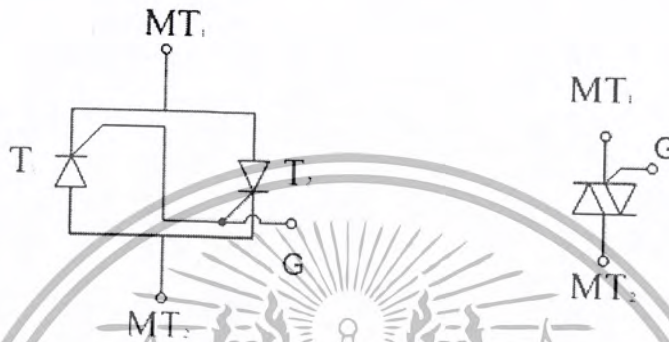


ภาพที่ 3.20 แสดงความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆ ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ไตรแอก (Triac)

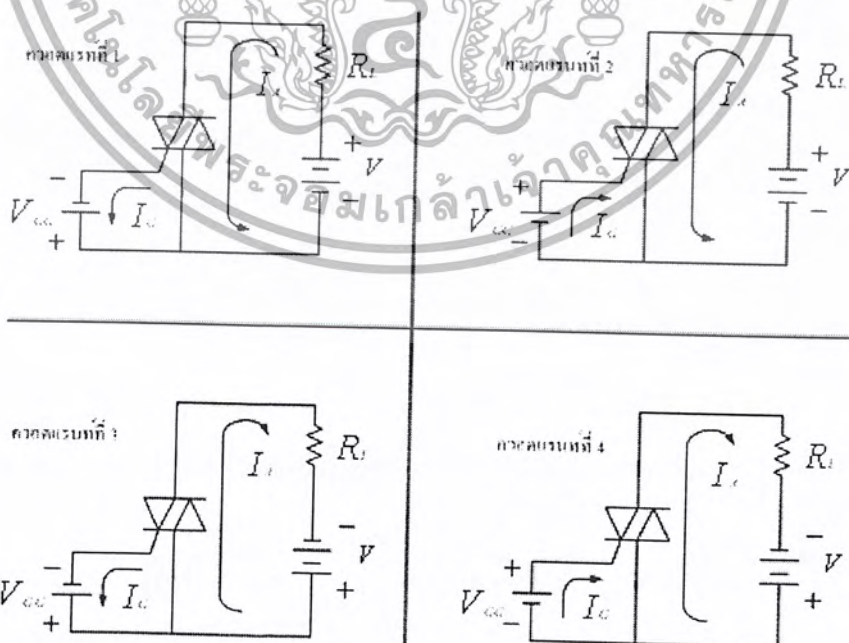
ไตรแอก [3] ถูกออกแบบมาให้สามารถนำกระแสได้สองทิศทาง คือทั้งซีกบวกและซีกลบของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งโครงสร้างของไตรแอกเปรียบเสมือนกับการนำเอสซีอาร์ 2 ตัวมาต่อขนานกลับกันและมีขาต่อใช้งาน 3 ขา คือ ขาเมนเทอร์มินอล 1 (Terminal 1; MT_1) ขาเมนเทอร์มินอล 2 (Main Terminal 2; MT_2) และขาเกต (Gate; G) ตามภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 แสดงวงจรสมมูล และสัญลักษณ์ของไตรแอก

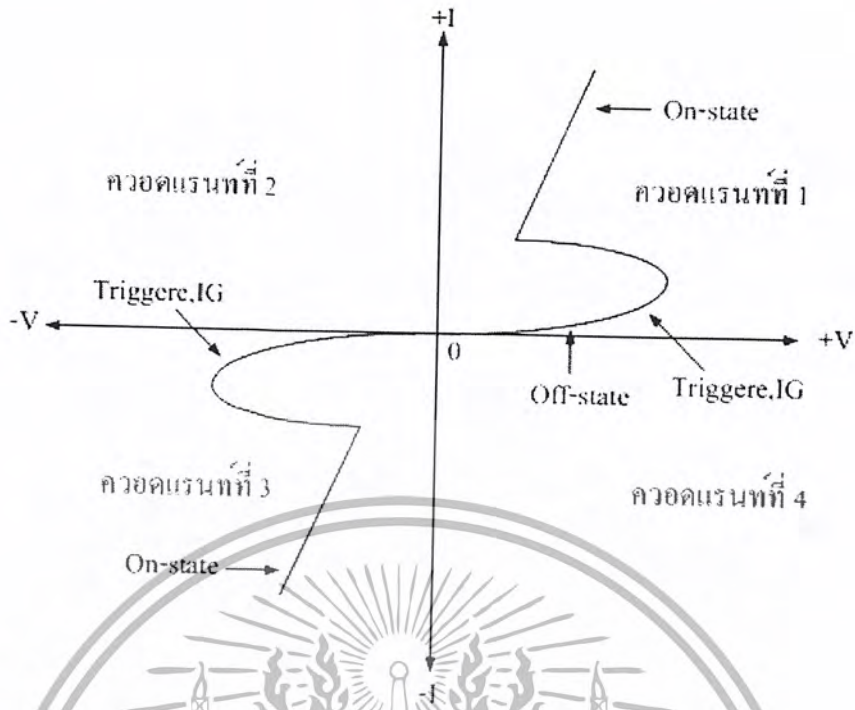
3.3.1 การจัดไบอัสให้กับไตรแอก

ไตรแอกสามารถทำงานได้ 4 ควอดแรนท์ตามการจัดไบอัส ที่ขาเทอร์มินอลและขาเกต ซึ่งทิศทางการไหลของกระแสในการทำงานควอดแรนท์ทั้ง 4 ควอดแรนท์แสดงได้ดังภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 แสดงการจัดไบอัสให้กับไตรแอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.23 แสดงกระแสและแรงดันของไทรแอกในการทำงานควอดแรนท์ที่ 1 และ 3

ในทางปฏิบัติไทรแอกมักจะถูกนำมาใช้งานในควอดแรนท์ที่ 1 และ ควอดแรนท์ที่ 3 ตามภาพที่ 3.23 เพื่อใช้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับแบบสองทิศทางเนื่องจาก

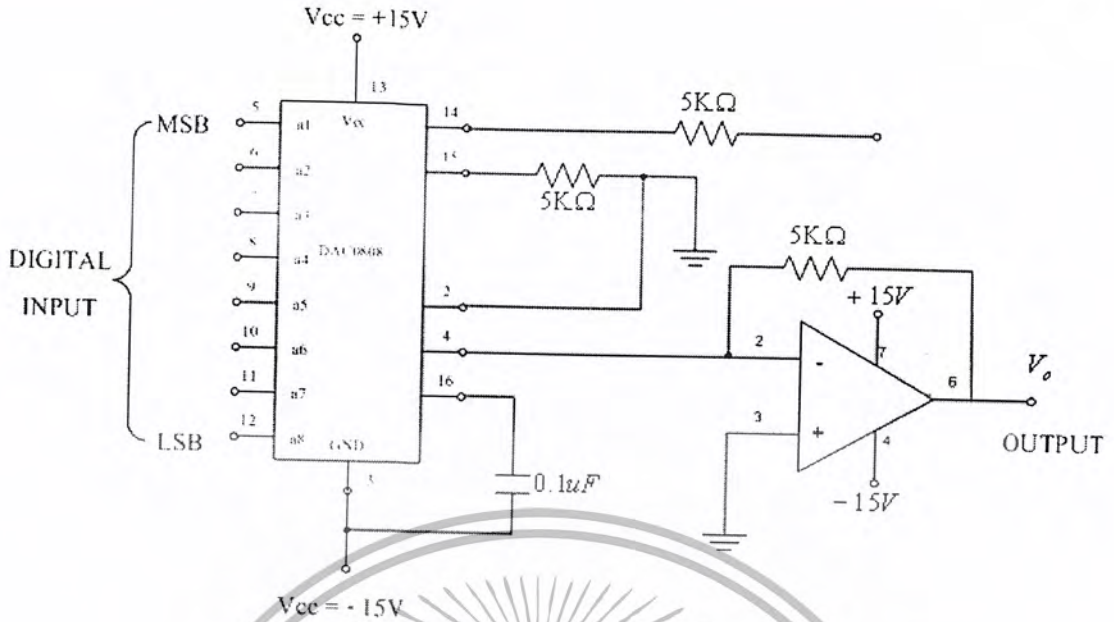
- 1) การควบคุมการเปิด-ปิดวงจรด้วยไทรแอกทำได้ง่ายด้วยการควบคุมสัญญาณทริกที่ขาเกตของไทรแอก
- 2) ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส
- 3) ทำงานได้เร็วกว่าสวิตช์ทางกล
- 4) มีขีดจำกัดทางไฟฟ้าสูง

3.4 วงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์ทำการประมวลผลและสั่งไปที่พอร์ตแล้วพอร์ตจะส่งสัญญาณดิจิทัลออกมา เนื่องจากเราใช้วงจรจุดชนวนของเบอร์ TCA 785 เป็นตัวควบคุมมุมจุดชนวนซึ่งใช้สัญญาณแอนะล็อกในการเป็นตัวเปรียบเทียบ ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงสัญญาณที่ได้มาจากสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกเพื่อนำมาเข้าสู่สัญญาณเปรียบเทียบในวงจรจุดชนวน

ในโครงการนี้จะใช้วงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็น แอนะล็อกจำนวน 3 ชุด จะใช้ไอซีเบอร์ DAC 0808 ซึ่งไอซีตัวนี้เป็นไอซีขนาด 8 บิตสามารถใช้งานได้กับไมโครโปรเซสเซอร์ทุก

ชนิด การต่อใช้งานง่าย ใช้ ออปแอมป์เพียง 1 ตัวในการขยายสัญญาณ

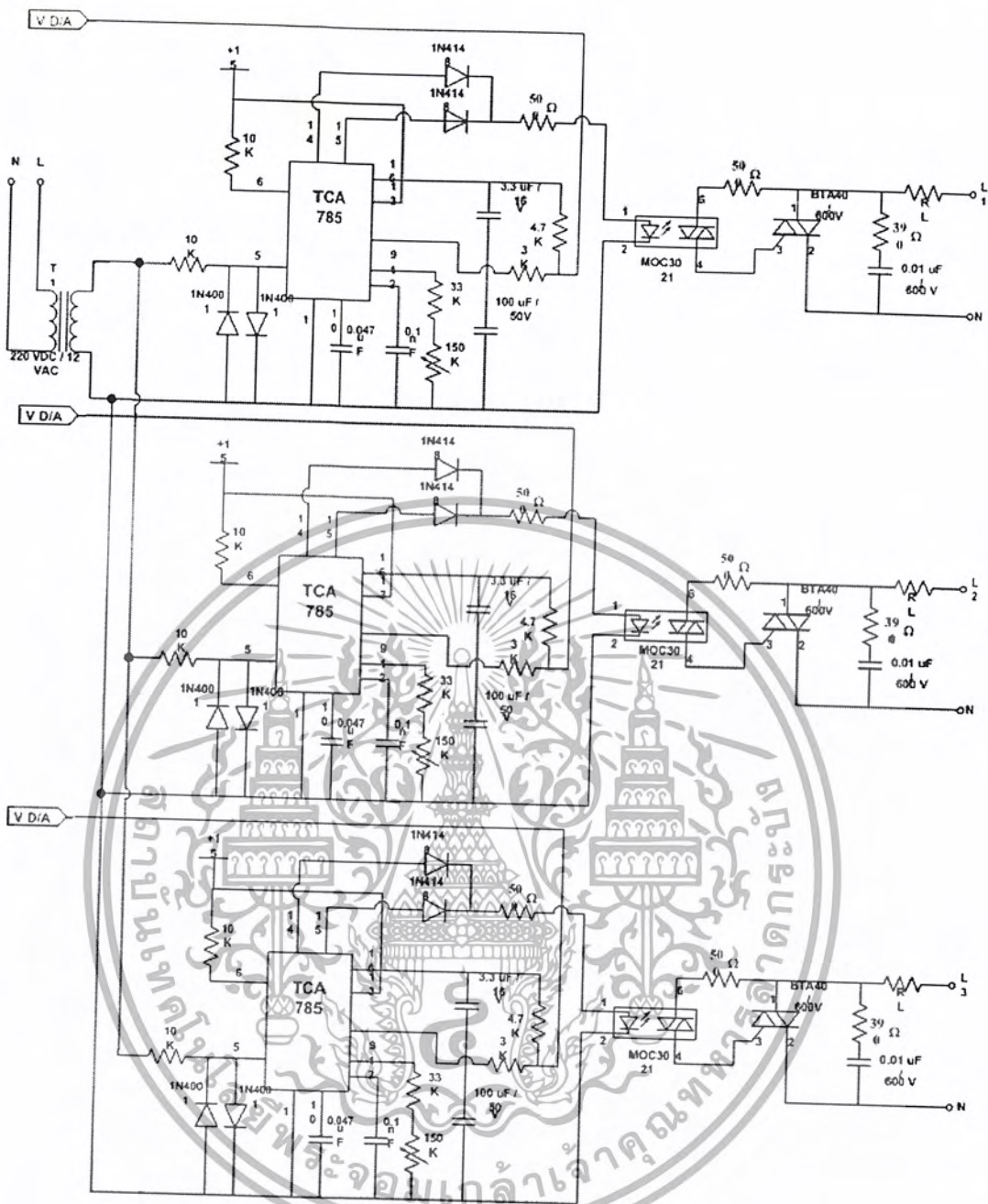


ภาพที่ 3.24 แสดงไดอะแกรมการควบคุมสัญญาณต่าง ๆ

3.5 วงจรจุดชนวนเกิดด้วยวงจรรวมสำหรับการควบคุมเฟสเบอร์ TCA 785

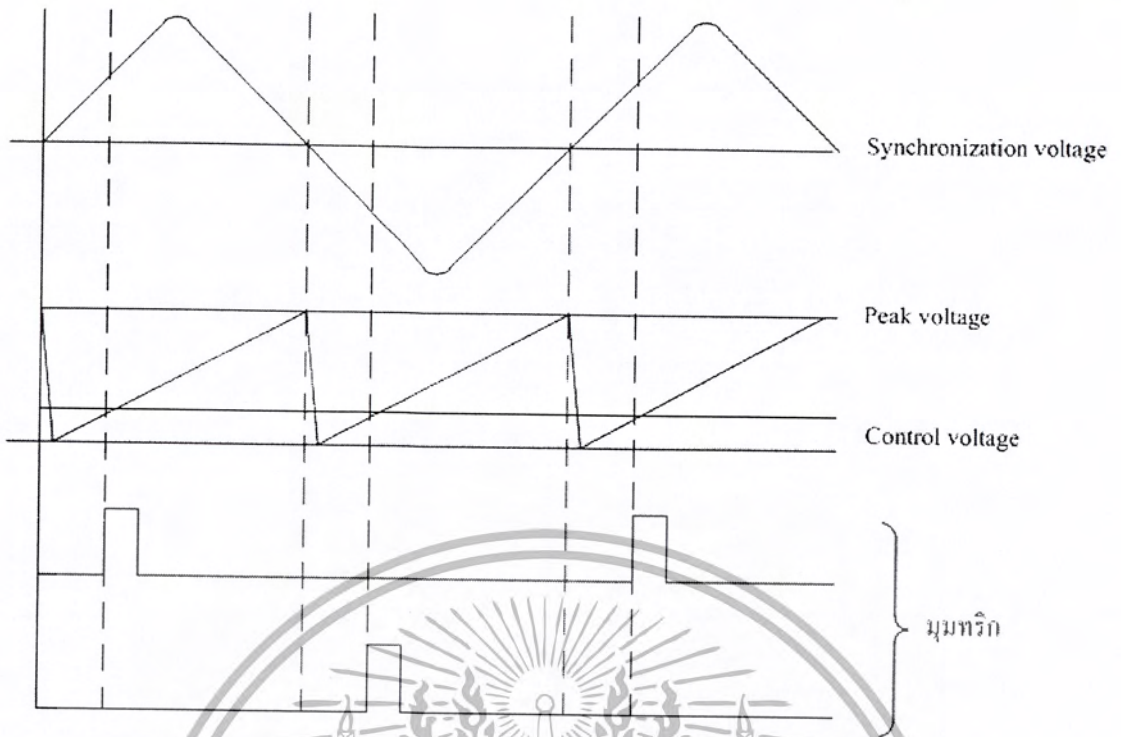
เมื่อสัญญาณผ่านวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกแล้วสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณแอนะล็อกเพื่อนำเข้าเป็นสัญญาณแรงดันเปรียบเทียบกับสัญญาณลาดเอียงซึ่งถูกกำหนดจากค่า R_9 และค่า C_{10} ในวงจรจุดชนวนเกิดด้วยวงจรรวมสำหรับการควบคุมเฟสเบอร์ TCA 785 ซึ่งจะทำให้สามารถปรับมุมจุดชนวนได้ สัญญาณด้านออกควบคุมที่มุม 0 – 180 องศาที่ขา 15 และขา 14 สัญญาณออกควบคุมที่มุม 180 – 360 องศา วงจรจุดชนวนเกิดด้วยวงจรรวมสำหรับการควบคุมเฟสเบอร์ TCA 785 จะใช้จำนวน 3 ชุด ในการควบคุมหลอด 3 ชุด แสดงดังภาพที่ 3.25

จากภาพที่ 3.26 เป็น การทำงานของ TCA 785 จะนำสัญญาณแอนะล็อกมาเปรียบเทียบกับสัญญาณฟันเลื่อย (Saw Tooth) จะทำให้เกิดมูมทริก แล้วมูมทริกจะไป ทริกมูมทริกที่ขาของไดรแอกทำให้แรงดันทางด้านเอาท์พุทมีการเปลี่ยนแปลงตามค่ามูมทริกจึงทำให้สามารถควบคุมหลอดไฟให้สว่างมากสว่างน้อยได้



ภาพที่ 3.25 แสดงวงจรจุดชนวนเกิดด้วยวงจรรวมสำหรับการควบคุมเฟสเบอร์ TCA 785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.26 แสดงการทำงานของ TCA-785



บทที่ 4

ระบบควบคุมแสงสว่างที่นำเสนอ

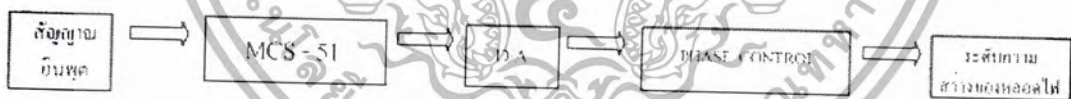
4.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างที่นำเสนอในปฏิญานิพนธ์นี้ จะแบ่งการออกแบบเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ ได้แก่วงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก และวงจรจุดชนวนเกตคอมพิวเตอรื ในส่วนที่ 2 เป็นออกแบบคำนวณระบบแสงสว่างในห้องประชุมขนาด 5.4m.x7.4m.ซึ่งใช้เป็นกรณีศึกษาของปฏิญานิพนธ์นี้ ในส่วนนี้จะต้องคำนึงถึงข้อกำหนดต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับห้องที่ประชุม ในส่วนที่ 3 การออกแบบซอฟต์แวร์ และกำหนดฟังก์ชันการใช้งาน เพื่อเป็นการกำหนดการทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์

4.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ดังภาพที่ 4.1 ทางด้านฮาร์ดแวร์ จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ หลายส่วนด้วยกัน โดยในแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 คือ ภาคอินพุตจะเป็น สวิตช์รับค่า และชุดรีโมตควบคุมระยะไกลที่กำหนดระดับแสงสว่างตามที่ผู้ใช้งานต้องการเพื่อส่งสัญญาณส่วนนี้ไปยังภาคอินพุต ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 4.1 แสดงการออกแบบโดยรวม

ส่วนที่ 2 เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่นำค่าสัญญาณที่ได้จากส่วนแรกไปประมวลผลตามโปรแกรมแล้วนำผลการประมวลค่าที่ได้ไปส่งให้อุปกรณ์แปลงสัญญาณจากดิจิทัลเป็น แอนะล็อก

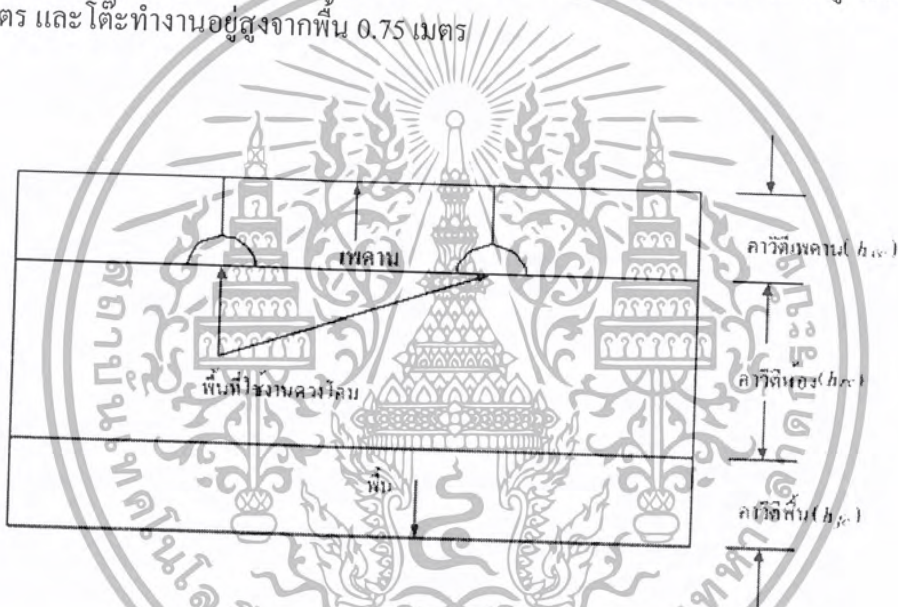
ส่วนที่ 3 คือ วงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (D/A) ใช้ในการแปลงสัญญาณที่ได้มาจากไมโครคอนโทรลเลอร์สัญญาณดิจิทัลให้เป็นสัญญาณแอนะล็อกในรูปของสัญญาณแรงดันเพื่อไปส่งไปยังตัวเปรียบเทียบในวงจรจุดชนวน

ส่วนที่ 4 คือ วงจรจุดชนวนเกิด เมื่อได้รับเป็นสัญญาณแรงดันจากD/A แล้วจะทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณลาดเอียงซึ่งถูกกำหนดจากค่า R9 และค่า C10 ในวงจรจุดชนวนเกิด(ดังภาพที่ 3.25) ด้วยวงจรรวมสำหรับการควบคุมเฟสเบอร์ TCA 785 ซึ่งจะทำให้สามารถปรับมุมจุดชนวนได้ สัญญาณด้านออกควบคุมที่มุม 0 - 180 องศาที่ขา 15 และขา 14 สัญญาณออกควบคุมที่มุม 180 - 360 องศา วงจรจุดชนวนเกิดด้วยวงจรรวมสำหรับการควบคุมเฟสเบอร์ TCA 785

ส่วนที่ 5 เป็น ส่วนเอาต์พุตที่ประกอบด้วยชุดของหลอดอินแคนเรสเซนซ์ ที่ถูกควบคุมแสงสว่างตามความต้องการของผู้ใช้งาน

4.2.1 การออกแบบระบบแสงสว่างในห้องประชุม

เมื่อห้องมีความกว้าง 5.40 เมตร ยาว 7.40 เมตร สูง 2.66 เมตร ดวงโคมถูกแขวนต่ำลงมา 0.15 เมตร และโต๊ะทำงานอยู่สูงจากพื้น 0.75 เมตร



$$\begin{aligned} \text{RCR (ค่าอัตราส่วนความสว่างของห้อง)} &= \frac{5 h_{rc} (L + W)}{LW} \\ &= \frac{5(5.90)(24.278 + 17.716)}{24.278 \times 17.716} \\ &= 2.88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FCR (ค่าอัตราส่วนความสว่างของพื้น)} &= \frac{5 h_{fc} (L + W)}{LW} \\ &= \frac{5(2.46)(24.278 + 17.716)}{24.278 \times 17.716} \\ &= 1.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CCR (ค่าอัตราส่วนควาวิตติของเพดาน)} &= \frac{5 h_{cc} (L + W)}{LW} \\ &= \frac{5(0.5)(24.278 + 17.716)}{24.278 \times 17.716} \\ &= 0.244 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 6.1(ภาคผนวก) เมื่อกำหนดให้ $\rho_c = 80\%$, $\rho_w = 50\%$, $\rho_f = 20\%$ จากตารางที่ 2.1 แสดงที่ค่าความสะท้อนเหมาะสม เมื่อกำหนด CCR = 0.244, FCR = 1.2 เปิดตาราง ผ6.1 จะได้ค่าการสะท้อนของเสมือนเพดาน (ρ_{cc}) = 76.4 % และการสะท้อนเสมือนของพื้น (ρ_{fc}) = 19%

เลือกดวงโคมจากตารางที่ ผ7.1 (ภาคผนวก) เลือก Typical Luminaire ที่ 1 เมื่อ (ρ_{cc}) = 76.4 %, $\rho_w = 50\%$ และ FCR = 1.2 จะได้ค่า CU = 0.5377 ซึ่งเป็นค่า (ρ_{fc}) = 20%

หาค่า CU ที่แท้จริงที่ (ρ_{fc}) = 19% จากตารางที่ ผ8.1 (ภาคผนวก) เมื่อ (ρ_{cc}) = 76.4%, $\rho_w = 50\%$ และ RCR = 2.88 จะได้ค่าตัวคูณ เท่ากับ 0.9975

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ค่า CU จริง} &= 0.9975 \times 0.5377 \\ &= 0.5363 \end{aligned}$$

4.2.2 การหาจำนวนดวงโคม

$$\text{หาจำนวนดวงโคม} = \frac{\text{พื้นที่} \times E}{\frac{\text{ลูเมนหลอดไฟ} \times \text{CU} \times \text{MF}}{\text{ดวงโคม}}}$$

$$\begin{aligned} \text{ใช้หลอดไฟ INCANDESCENT 100 W} &= \frac{(7.40 \times 5.40) \times 300}{1280 \times 0.5363 \times 0.8} \\ &= 21.82 \end{aligned}$$

ในการส่องสว่างห้องนี้ให้ระดับความสว่างคงไว้ที่ 300 LUX เราจะต้องติดตั้งดวงโคมจำนวนถึง 24 หลอด

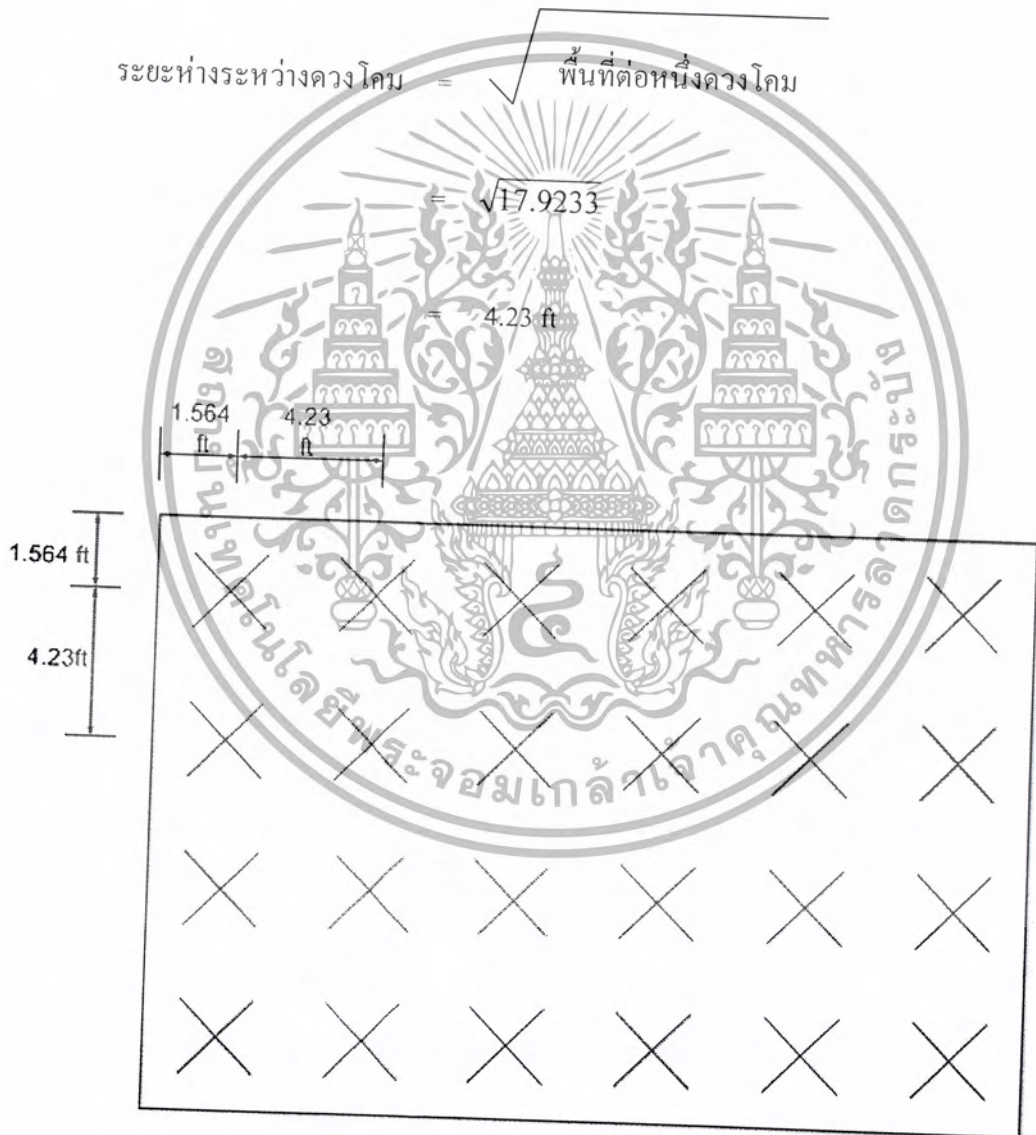
4.2.3 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคม

การออกแบบระบบแสงสว่างที่ดี ไม่เพียงแต่จะต้องได้ปริมาณแสงเฉลี่ยทั้งพื้นที่ผิวของงานตามค่าที่กำหนดไว้เท่านั้น แต่จะต้องพยายามไม่ให้ปริมาณแสงบนพื้นงานที่จุดต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันมากเกินไปอีกด้วย ค่าของปริมาณแห่งการส่องสว่างที่มากที่สุดและที่น้อยที่สุด ณ ตำแหน่งใด ๆ บนพื้นงาน ไม่ควรเกินหนึ่งในหกของค่าปริมาณแห่งการส่องสว่างเฉลี่ยบนพื้นงานนั้น โรงงานผู้ผลิตมักจะกำหนดค่ามากที่สุดของระยะห่างระหว่างดวงโคมมาให้ ในรูปของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูงของดวงโคมจากพื้นงาน ซึ่งเราเรียกว่า อัตราส่วนระหว่างระยะห่างของดวงโคมกับความสูงของดวงโคม (Spacing per mounting height ratio)

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ต่อหนึ่งดวงโคม} &= \frac{\text{พื้นที่ของห้อง}}{\text{จำนวนดวงโคม}} \\
 &= \frac{(24.278 \times 17.716)}{24} \\
 &= 17.9233
 \end{aligned}$$



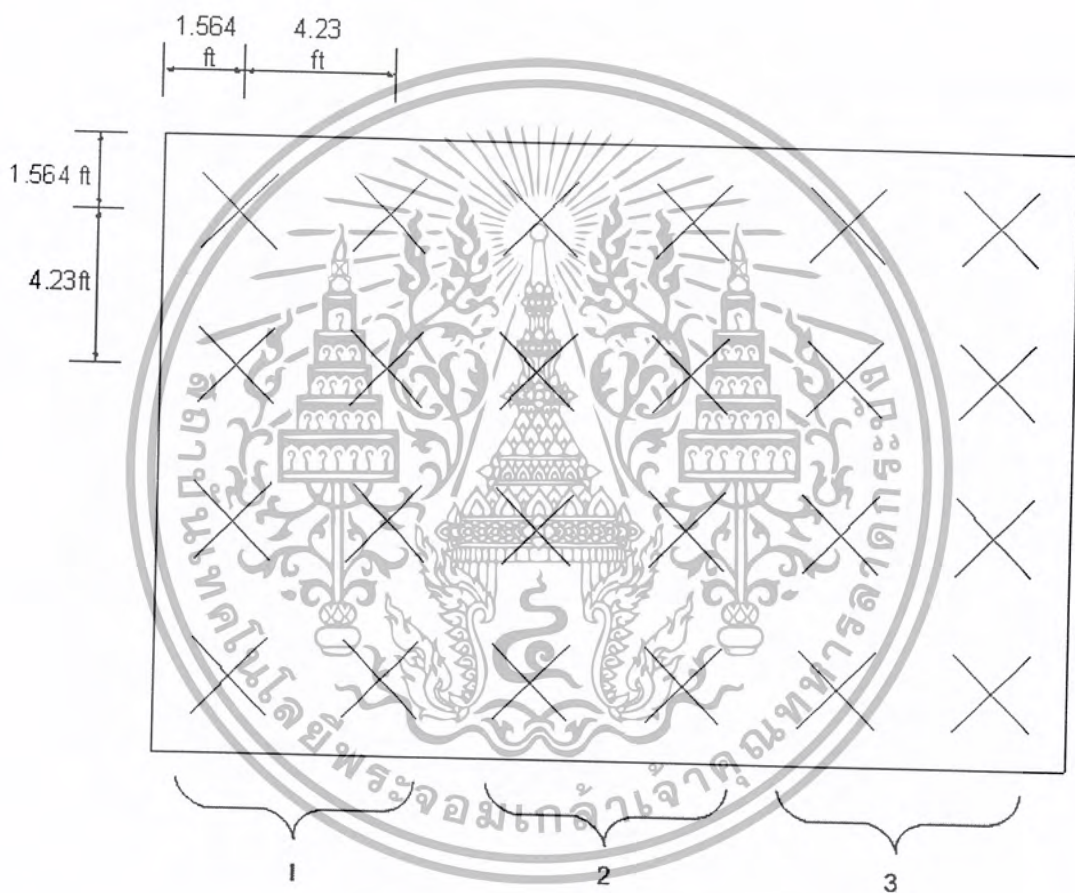
ภาพที่ 4.2 แสดงการจัดระยะห่างของดวงโคม โดยที่ห้องมีความกว้าง 5.4 เมตร ยาว 7.4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การออกแบบซอฟต์แวร์ และกำหนดฟังก์ชันการใช้งาน

การออกแบบซอฟต์แวร์นั้นจะต้องคำนึงถึงฮาร์ดแวร์โดยรวมว่ามีการต่อกันแบบใด และมีสัญญาณที่จะรับเข้าหรือที่จะส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างไร ทั้งนี้การออกแบบจะคำนึงถึงรูปแบบที่ต้องการที่จะใช้งานอีกด้วย ซึ่งในการออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างแบบโปรแกรมได้ในโครงการนี้ได้กำหนดฟังก์ชันการใช้งานเป็นฟังก์ชันเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาด้วยตารางที่ 4.1

จากการออกแบบการควบคุมแสงสว่างจะแบ่งหลอดไฟทั้งหมดออกเป็น 3 ชุดด้วยกัน ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.3 แสดงชุดของหลอดไฟที่จะควบคุมในห้องประชุม

ฟังก์ชันที่จะทำการควบคุมแสงสว่างในห้องประชุมมีทั้งหมด 6 ฟังก์ชัน ซึ่งจะมีการทำงานดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงถึงฟังก์ชันการทำงานของชุดควบคุม

ฟังก์ชัน	รูปแบบการทำงาน
1	ทำให้หลอดทุกหลอดในห้องประชุมดับหมด
2	ทำให้หลอดไฟในห้องประชุมติดสว่างทั้งหมด 3 ชุด
3	ทำให้หลอดไฟในห้องประชุมหรือห้องทั้ง 3 ชุด
4	ทำให้หลอดไฟติดสว่างในชุดที่ 1 และชุดที่ 2
5	ทำการปรับแสงสว่างให้เพิ่มขึ้นมากกว่าจุดเดิมที่ฟังก์ชันนั้นๆที่ได้ทำการตั้งไว้
6	ทำการปรับแสงสว่างให้ลดลงมากกว่าจุดเดิมที่ฟังก์ชันนั้นๆที่ได้ทำการตั้งไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

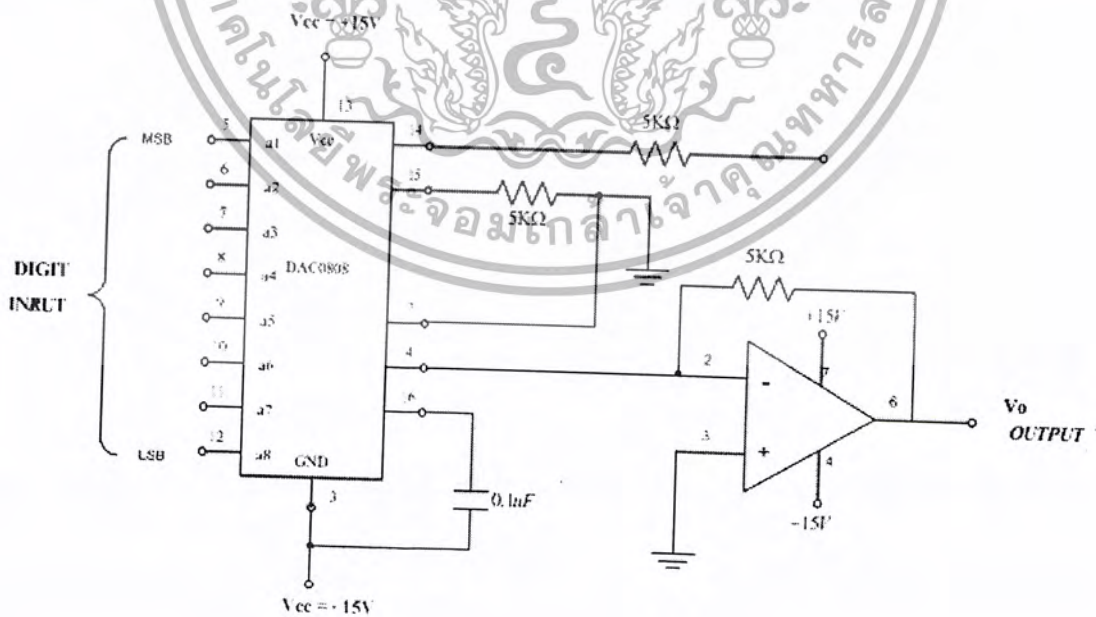
5.1 กล่าวนำ

จากการที่ได้ทำการทดลองวงจรต่าง ๆ ที่นำมาประกอบเข้ากับชุดควบคุม ทำให้ทราบค่าต่าง ๆ ที่จะนำไปเป็นข้อมูลอ้างอิงในการโปรแกรมควบคุมระบบแสงสว่าง และการใช้งานเครื่องควบคุมระบบแสงสว่างนั้นจะมีข้อมูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5.2 วงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลแล้วจะส่งสัญญาณดิจิทัลออกมา เนื่องจากเราใช้วงจรจุดชนวนของเบอร์ TCA 785 เป็นตัวควบคุมมุมจุดชนวนซึ่งใช้สัญญาณแอนะล็อกในการเป็นตัวเปรียบเทียบ ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงสัญญาณที่ได้มาจากสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกเพื่อนำมาเข้าสู่สัญญาณเปรียบเทียบในวงจรจุดชนวน

ในโครงการนี้ได้ใช้วงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกเป็นไอซีเบอร์ DAC 0808 ซึ่ง ไอซีตัวนี้เป็น ไอซีขนาด 8 บิตสามารถใช้งานได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกชนิด มีการต่อใช้งานง่ายและใช้ ออปแอมป์เพียง 1 ตัวในการขยายสัญญาณ



ภาพที่ 5.1 แสดงการต่อใช้งาน D/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองวงจร D/A เทียบกับทฤษฎี

ดิจิตอลอินพุต				แรงดันเอาต์พุตที่วัดได้ (V)	แรงดันเอาต์พุตตามทฤษฎี (V)
a_1	a_2	a_3	a_4		
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0.75	0.75
0	0	1	0	1.51	1.5
0	0	1	1	2.27	2.25
0	1	0	0	3.03	3
0	1	0	1	3.78	3.75
0	1	1	0	4.54	4.5
0	1	1	1	5.29	5.25
1	0	0	0	6.05	6
1	0	0	1	6.81	6.75
1	0	1	0	7.56	7.5
1	0	1	1	8.32	8.25
1	1	0	0	9.08	9
1	1	0	1	9.84	9.75
1	1	1	0	10.59	10.5
1	1	1	1	11.33	11.25

จากการทำงานของวงจร D/A ตามทฤษฎีจะได้อุณหภูมิระหว่างสัญญาณดิจิตอลอินพุต กับสัญญาณแรงดันเอาต์พุตของ D/A ดังนี้

$$\text{สมการ } v_o = V_{ref} [a_1 2^{-1} + a_2 2^{-2} + a_3 2^{-3} + a_4 2^{-4}] \quad (5.1)$$

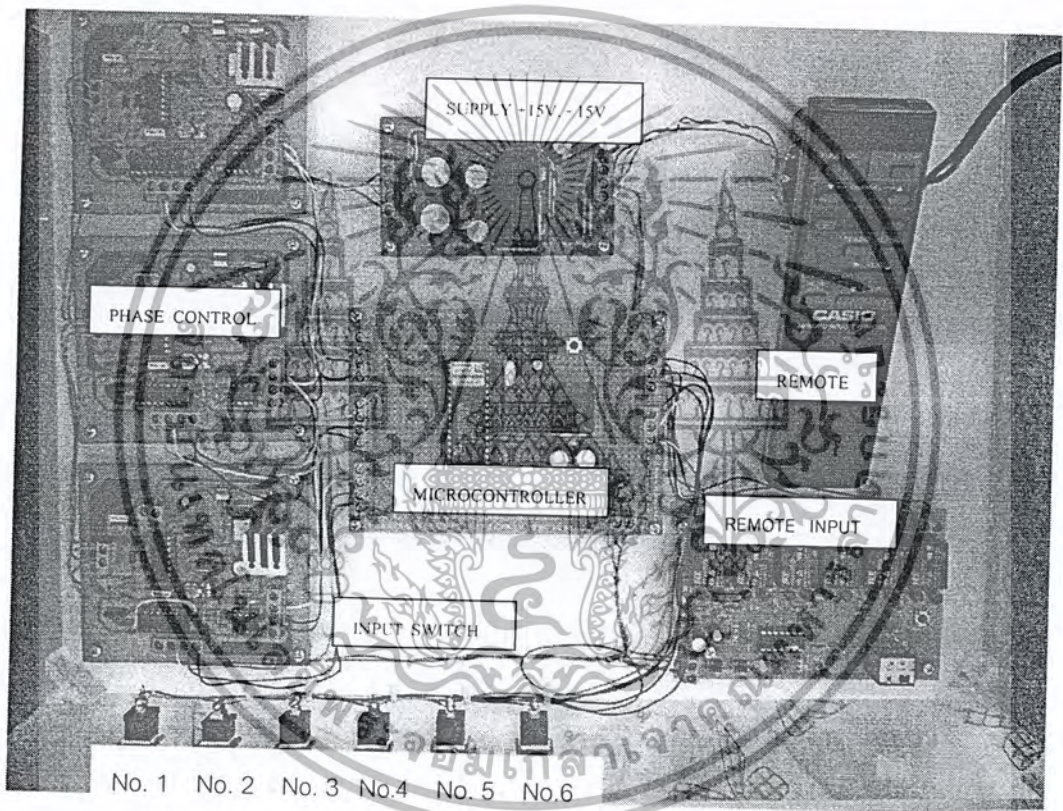
เมื่อ a_1 เป็นบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุด (MSB), a_4 เป็นบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB), V_{ref} คือแรงดันอ้างอิงที่ 12 โวลต์

ในการทดลองวงจร D/A ด้วยไอซี เบอร์ DAC 0808 ได้ใช้สัญญาณดิจิตอลอินพุตเพียงแค่ 4 บิต ($a_1 - a_4$) แล้ววัดสัญญาณแรงดันเอาต์พุตที่ได้เทียบกับสัญญาณแรงดันเอาต์พุตตามทฤษฎีที่คำนวณได้จากสมการที่ (5.1) เมื่อ $V_{ref} = 12$ โวลต์ เปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การต่อวงจรโดยรวม

จากการต่อวงจรดังภาพที่ 5.2 เมื่อป้อนสวิทช์อินพุตเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้แล้วจะส่งคำสั่งญาณลอจิกให้กับวงจร D/A วงจรจะทำการแปลงเป็นสัญญาณแรงดันคังสมการที่ (5.1) แล้วนำสัญญาณแรงดันที่แปลงได้ ไปเข้าวงจรควบคุมเฟสโดยทำการไปเปรียบเทียบเทียบสัญญาณแรงดันเอาท์พุทของ D/A กับสัญญาณฟีนเลื่อย และเทียบกับแหล่งจ่ายเปรียบเทียบ (Vsync) ทำให้ได้มุมจุดชนวนเพื่อไปจุดชนวนที่ไทรแอก ทำให้ไทรแอกทำงานที่มุมต่าง ๆ กัน (มีผลทำให้ถึงความสว่างของหลอดไฟแตกต่างกันไปด้วย)



ภาพที่ 5.2 แสดงการต่อวงจร โดยรวม

5.4 รูปแบบของฟังก์ชันใช้งาน

ชุดควบคุมแสงสว่างแบบโปรแกรมได้ที่นำเสนอ นั้นมีอยู่ 6 ฟังก์ชันด้วยกัน ดังตารางที่ 4.1 (ดูภาพที่ 4.2 ประกอบ) จะแบ่งหลอดออกเป็น 3 ชุดด้วยกันดังภาพที่ 5.3

ผลการทดลองฟังก์ชันต่าง ๆ ที่ จะทำการควบคุมแสงสว่างในห้องประชุมขนาด 5.4m. x 7.4m. (กว้าง x ยาว) โด๊ะสูงจากพื้น 0.75 m. ความสูง 2.66 m. ระยะห่างระหว่างหลอด 1.035 m. ดังภาพที่

5.3 ถึง 5.8 ดังนี้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 5.3 เมื่อกดฟังก์ชันที่ 1 จะเห็นได้ว่าหลอดทุกหลอดในห้องประชุมดับหมด วัดค่าของความสว่างได้ 0 ลักซ์

จากภาพที่ 5.4 เมื่อกดฟังก์ชันที่ 2 จะเห็นได้หลอดไฟในห้องประชุมติดสว่างทั้งหมด 3 ชุด วัดค่าความสว่างได้ 560 ลักซ์

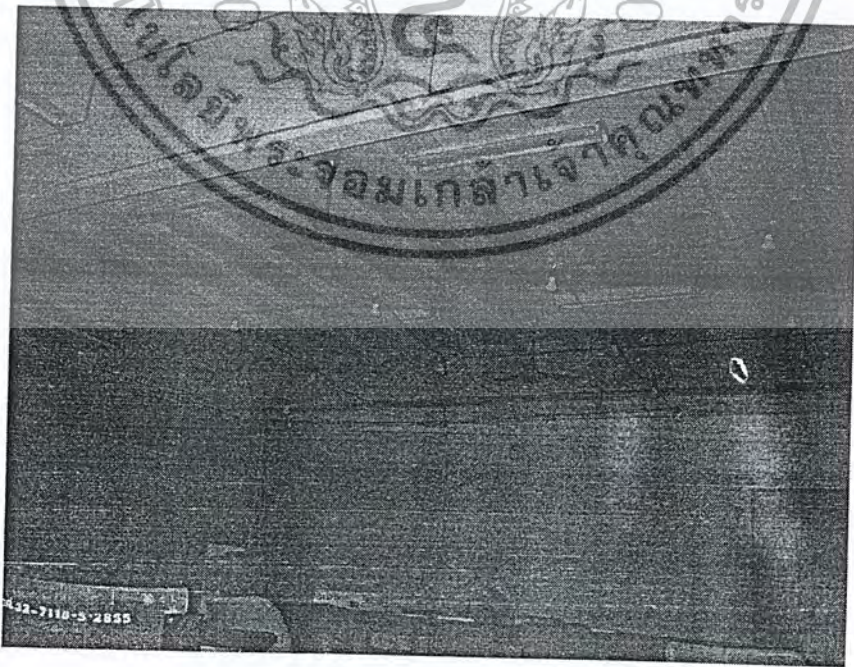
จากภาพที่ 5.5 เมื่อกดฟังก์ชันที่ 3 จะเห็นได้หลอดไฟในห้องประชุมหรี่ลงทั้ง 3 ชุดวัดค่าความสว่างได้ 135 ลักซ์

จากภาพที่ 5.6 เมื่อกดฟังก์ชันที่ 4 จะเห็นได้หลอดไฟติดสว่างในชุดที่ 1 และชุดที่ 2 วัดค่าความสว่างได้ 465 ลักซ์

การเลือกฟังก์ชันที่ 5 เพื่อทำการปรับแสงสว่างให้เพิ่มขึ้นมากกว่าจุดเดิมที่ฟังก์ชัน นั้น ๆ ที่ได้ทำการตั้งไว้ แต่จะเพิ่มขึ้นได้ถึงหลอดสว่างที่สุดเท่านั้น ในการทดลองได้ ใช้ฟังก์ชันที่ 3 ก่อนแล้วเพิ่มความสว่าง โดยใช้ฟังก์ชันที่ 5 ดังภาพที่ 5.7

การเลือกฟังก์ชันที่ 6 เพื่อทำการปรับแสงสว่างให้ลดลงน้อยกว่าจุดเดิมที่ฟังก์ชันนั้น ๆ ที่ได้ทำการตั้งไว้ แต่จะลดลงสิ้นสุดที่หลอดดับเท่านั้น ในการทดลองได้ใช้ฟังก์ชันที่ 2 ก่อนแล้วลดความสว่างลง โดยใช้ฟังก์ชันที่ 6 ดังภาพที่ 5.8

ในการทดลองได้ตรวจวัดความเข้มของแสงในห้องประชุมที่ได้มีการออกแบบระบบแสงสว่างว่าได้ค่าตามมาตรฐานหรือไม่ จึงได้ทำการวัดความเข้มของห้องประชุมที่ได้ออกแบบไว้ได้ดังภาพที่ 5.9 โดยมาตรฐานนั้นได้กำหนดไว้ว่าห้องประชุมจะต้องมีความเข้มของแสงไม่ต่ำกว่า 300 ลักซ์



ภาพที่ 5.3 แสดงผลการเลือกฟังก์ชันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

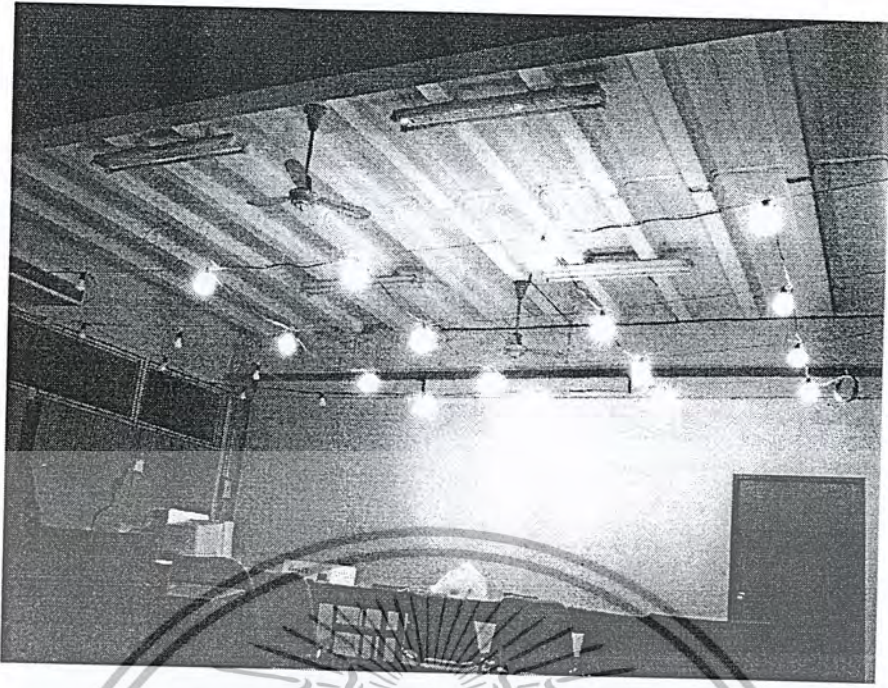


ภาพที่ 5.4 แสดงผลการเลือกฟังก์ชันที่ 2

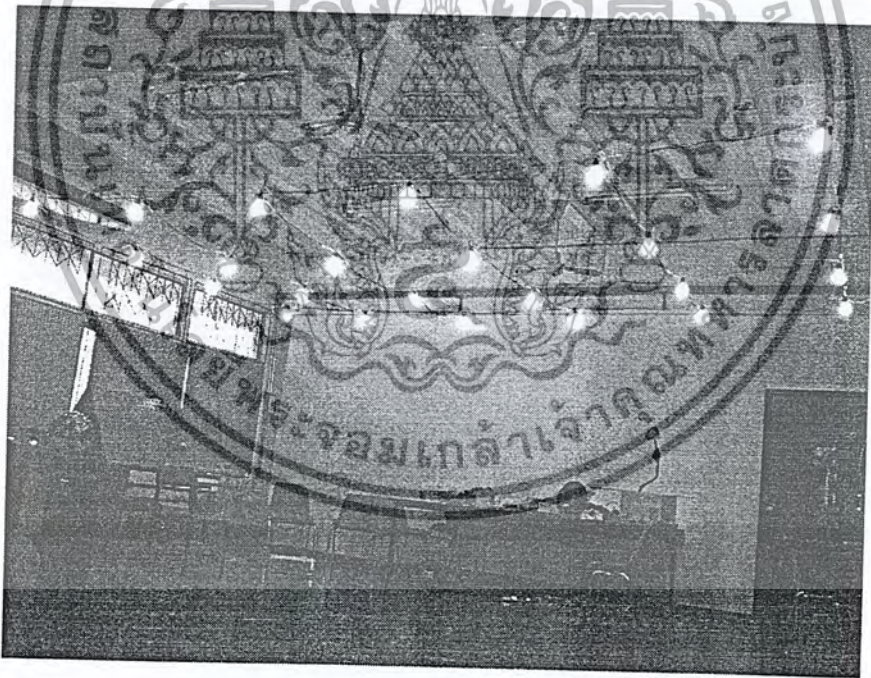


ภาพที่ 5.5 แสดงผลการเลือกฟังก์ชันที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

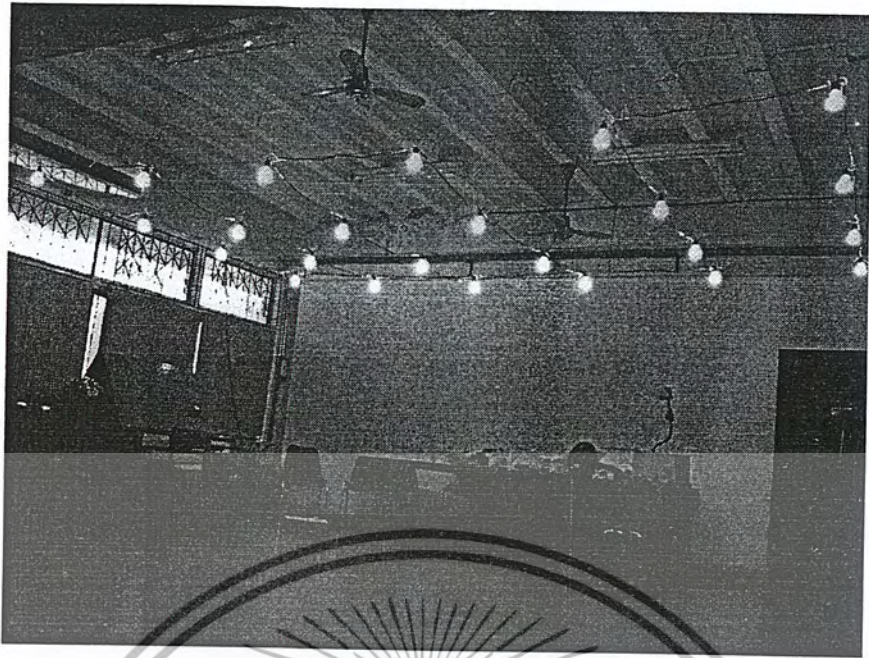


ภาพที่ 5.6 แสดงผลการเลือกฟังก์ชันที่ 4



ภาพที่ 5.7 แสดงผลจากการเลือกฟังก์ชันที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.8 แสดงผลจากการเลือกฟังก์ชันที่ 6



ภาพที่ 5.9 แสดงการวัดค่าความเข้มของแสงในห้องประชุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและแนวทางการพัฒนาต่อ

6.1 บทสรุป

ในปฏิญญาพนันท์นี้ได้นำเสนอระบบควบคุมแสงสว่างแบบ โปรแกรมได้สำหรับห้องประชุม โดยมีรีโมตควบคุมเป็นอุปกรณ์เสริมในการควบคุมระยะไกลเพื่อเพิ่มความสะดวกในการปรับแสงสว่างในห้องประชุมให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้งาน

ในปฏิญญาพนันท์นี้ได้กำหนดขนาดห้องประชุมขนาด 5.4m x 7.4m (กว้างXยาว) เป็นกรณีศึกษาในการออกแบบแสงสว่างตามมาตรฐาน IES จากการออกแบบได้ใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์จำนวน 24 หลอด โดยแบ่งออกเป็นหลอดไฟนี้เป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 8 หลอด เพื่อใช้ในการกำหนดฟังก์ชันใช้งานต่าง ๆ โดยมีให้เลือกใช้งานทั้งหมด 6 ฟังก์ชันด้วยกัน โดยแต่ละฟังก์ชันจะมีรูปแบบของแสงสว่างแตกต่างกันออกไป

จากการทดสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ในโครงการนี้ไม่จำเป็นที่จะเป็นวงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก ส่วนการควบคุมวงจรจุดชนวนเกิดของไตรแอกและส่วนของการออกแบบตัวควบคุม พอดีสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. วงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพอันเนื่องมาจากการใช้ไอซี ที่ถูกออกแบบให้ใช้ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี
2. การควบคุมวงจรจุดชนวนเกิดของไตรแอกจะต้องมีความถูกต้องตามสัญญาณที่ส่งมาจากวงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก ได้เป็นอย่างดี
3. การออกแบบโปรแกรมของชุดควบคุมจะต้องควบคุมแสงสว่างได้ตามรูปแบบที่ต้องการทั้งจากการรับอินพุตจากสวิทช์และชุดควบคุมระยะไกล ได้อย่างถูกต้อง
4. ในการเลือกใช้รีโมตควบคุมระยะไกลจำเป็นต้องพิจารณาระยะที่เหมาะสมกับห้องที่ได้ออกแบบขึ้น รวมทั้งการติดตั้งจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของตัวตรวจจับให้รับสัญญาณ ได้อย่างถูกต้อง และให้เอาต์พุตออกมาตามที่ชุดควบคุมต้องการ
5. ในการออกแบบจำลองห้องประชุมได้มีการออกแบบให้ได้แสงสว่างตามมาตรฐานของห้องประชุม

ในการประเมินและการทดสอบทำให้เห็นว่าการพัฒนาระบบการควบคุมแสงสว่างในห้องประชุมโดยใช้รีโมตควบคุมนั้นสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี และการควบคุมแสงสว่างในห้องประชุมนี้ยังสามารถนำไปใช้กับงานในลักษณะอื่น ๆ ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. ทำการต่อเซนเซอร์ตรวจวัดค่าความสว่างของแสงแล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ทดลองเก็บค่าที่ได้จากการป้อนลอจิกค่าต่าง ๆ วงจรจุดชนวนแล้วทำการควบคุมแบบอัตโนมัติเพื่อให้ได้ค่าแสงสว่างเป็นไปตามต้องการอย่างแท้จริง

2. ทำการปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรมที่ตัวควบคุมให้สามารถรับค่าของแสงที่ต้องการจะควบคุมมาควบคุมตามสถานการณ์ที่ต้องการได้

3. ทำการปรับปรุงชุดควบคุมแสงสว่างนี้ให้ไปใช้ในการควบคุมแสงสว่างในรูปแบบอื่นๆ ได้ เช่นควบคุมแสงสว่างบนเวทีการแสดง เป็นต้น

4. ทำการออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างให้สามารถควบคุมหลอดได้หลายประเภท เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น



บรรณานุกรม

- [1] พิบูลย์ ดิษฐอุดม, “การออกแบบแสงสว่าง” กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544
- [2] ศุภี บรรจงจิตร, “วิศวกรรมการส่องสว่าง” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544
- [3] ไสว พงศ์สวัสดิ์, “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง” ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
: มิตรนรา การพิมพ์, 2544
- [4] ชัยวัฒน์ ลิ่มพรจิตรวิไล, “เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์”
กรุงเทพมหานคร: อินโนเวตีฟ เอ็ดจูเคชัน





ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเข้มแสงของห้องและการใช้งานแบบต่าง ๆ

ลักษณะงาน	ค่าความเข้มแสง (lux)
อุตสาหกรรมสิ่งทอ	
บริเวณปั่นด้าย	500
บริเวณตัดเย็บ	750
บริเวณตรวจสอบ	1500
โรงเก็บของ	
ห้องเก็บของ	150
บริเวณบรรจุหีบห่อ	300
อาคารที่ทำการและโรงเรียน	
อาคารที่ทำการ	
ห้องประชุม	300
ห้องทำงานทั่วไป	500
ห้องเขียนแบบ	1000
โรงเรียน	
ห้องเรียน	300
ห้องทดลอง, ห้องสมุด	500
อาคารที่พักและโรงแรม	
อาคารที่พักอาศัย	
ห้องนอนทั่วไป	50
บริเวณหัวเตียง	200
ห้องน้ำ	100
ห้องพักผ่อนอ่านหนังสือ	500
ห้องครัว	300
ห้องทำงาน	300
ห้องเลี้ยงเด็ก	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.6.1

Percent Base* Reflectance	90										80										70										60										50									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Cavity Ratio																																																		
02																																																		
04																																																		
06																																																		
08																																																		
10																																																		
12																																																		
14																																																		
16																																																		
18																																																		
20																																																		
22																																																		
24																																																		
26																																																		
28																																																		
30																																																		
32																																																		
34																																																		
36																																																		
38																																																		
40																																																		
42																																																		
44																																																		
46																																																		
48																																																		
50																																																		
60																																																		
70																																																		
80																																																		
90																																																		
100																																																		

ต 131371 48.1

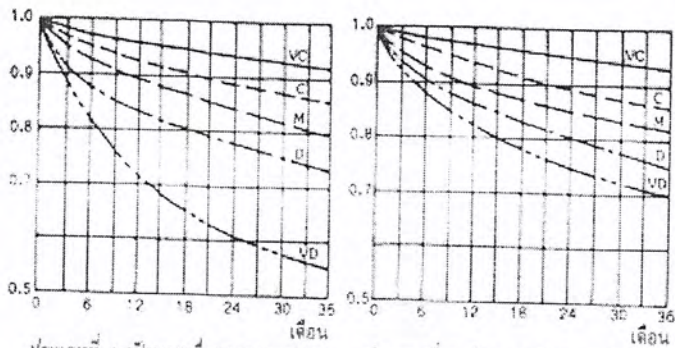
Multiplying Factors for Other than 20 Percent Effective Floor Cavity Reflectance

%Effective Ceiling Cavity Reflectance, P _{CC}	70				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
For 30 Percent Effective Floor Cavity Reflectance (20% = 1.00)																	
Room Cavity Ratio																	
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.042	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002
For 10 Percent Effective Floor Cavity Reflectance (20% = 1.00)																	
Room Cavity Ratio																	
1	.923	.920	.915	.910	.913	.910	.903	.908	.955	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.993
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991	.995
3	.939	.951	.961	.969	.945	.957	.965	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992	.996
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992	.996
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.997
6	.953	.969	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997
7	.957	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.998
8	.960	.976	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.991	.997	.987	.994	.998
9	.963	.978	.987	.994	.965	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.986	.992	.998	.988	.994	.999
10	.965	.980	.989	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.998	.988	.994	.999

ตารางที่ ผ8.1 (ต่อ)

%Effective Ceiling Cavity Reflectance, PCC	70				70				50				30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10
For 10 Percent Effective Floor Cavity Reflectance (20% × 1.00)																		
Romm cavity Ratio	.859	.870	.879	.885	.873	.884	.893	.901	.916	.923	.929	.946	.954	.960	.979	.983	.987	
2	.871	.887	.903	.919	.886	.902	.916	.928	.926	.938	.949	.954	.963	.971	.978	.983	.991	
3	.882	.904	.915	.942	.898	.918	.934	.947	.936	.950	.964	.958	.969	.979	.976	.984	.993	
4	.893	.919	.941	.958	.908	.930	.948	.961	.945	.961	.974	.961	.974	.984	.975	.985	.994	
5	.903	.931	.953	.969	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.980	.964	.977	.988	.976	.985	.995	
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.966	.979	.991	.976	.986	.996	
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.976	.988	.968	.981	.993	.976	.987	.997	
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.986	.963	.978	.991	.970	.983	.995	.976	.988	.998	
9	.928	.958	.975	.988	.933	.959	.980	.989	.966	.980	.993	.971	.985	.996	.976	.988	.998	
10	.933	.962	.979	.991	.937	.963	.983	.992	.969	.982	.995	.973	.987	.997	.977	.989	.999	

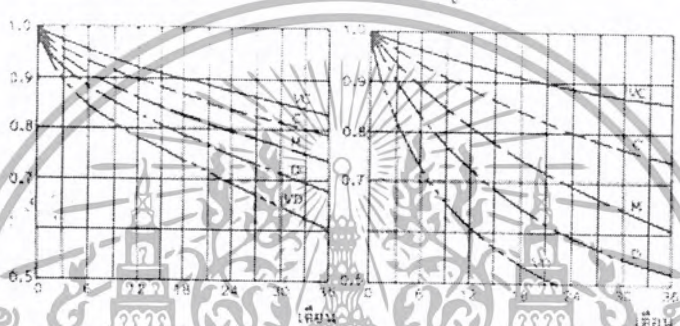
Luminaire Direct Depreciation Factor



1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน
 1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน

1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน
 1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน

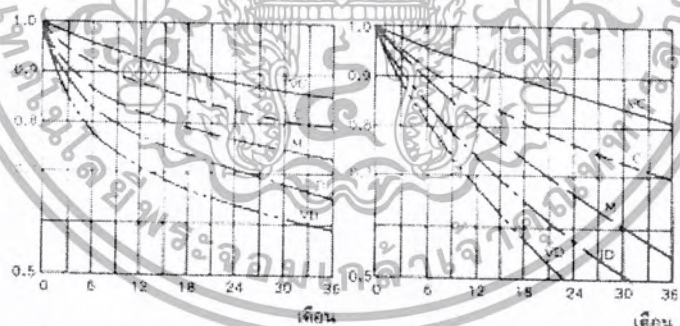
1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน
 1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน



1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน
 1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน

1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน
 1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน

1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน
 1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน



1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน
 1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน

1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน
 1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน

1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน
 1.0
0.9
0.8
0.7
0.5
0 6 12 18 24 30 36 เดือน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือตัวรับส่งสวิตซ์อินฟราเรด 6 รีเลย์

รุ่นนี้กินไฟน้อย เพียงประมาณ 24 mA (เมื่อรีเลย์ทำงานเพิ่มอีก 30 mA ต่อตัว) ควบคุมรีเลย์ด้วยตัวรีโมท ทีวี วีดีโอ CD แอร์ ฯ ที่ท่านมีอยู่แล้วเครื่องนี้จะเรียนรู้และจำปุ่มรีโมท ที่ท่านต้องการใช้ควบคุมรีเลย์ 7 ปุ่ม โดยรีเลย์จะทำงาน (เปิด-ปิด) เมื่อกดปุ่มเดิมที่เคยจำไว้เท่านั้น ระยะเวลาใช้งาน 0-15 เมตร ใช้ไฟ AC/DC 12 V คอนแทกรีเลย์ใช้กระแสได้ 6 แอมแปร์ เลือกการทำงานได้ 3 แบบ (ดูวิธีทำด้านล่าง) คือ แบบที่ 1. รีเลย์แต่ละตัวเลือกเป็นแบบกดติด-กดดับ และ แบบกดติด-ปล่อยดับ แบบที่ 2. รีเลย์ทุกตัวจะทำงาน ON ได้เพียงครั้งเดียว เช่น กดปุ่ม 1 รีเลย์ 1 ON พอกดปุ่ม 2 ก่อนที่รีเลย์ 2 จะ ON จะ OOF รีเลย์ 1 ก่อน เมื่อสวิตซ์ซีลแอกเตอร์ที่ใช้เปลี่ยนช่องโทรทัศน์รุ่นเก่าๆ ที่ไม่มีรีโมท วิธีใช้ในการต่อจากคอนแทกรีเลย์ให้ใช้ต่อคอนสายจากคอนแทกรีเลย์ค่อมชั่วคราว สวิตซ์กดเปลี่ยนช่องต่างๆ ในทีวี ข้อสังเกตถ้าจำนวนรีเลย์มีไม่พอกับสวิตซ์เปลี่ยนช่องก็สามารถต่อใช้เท่ากับที่มีรีเลย์ก็ได้ แต่จะกดรีโมทเปลี่ยนช่องได้เพียง 6 ช่อง แบบที่ 3 รีเลย์ 1 เป็นกดติด-กดดับ สำหรับเป็นสวิตซ์พาวเวอร์ เปิด-ปิด ไฟเข้าเครื่องพาวเวอร์แอมป์ และปริแอมป์ (ส่วนไฟเลี้ยงตัวเครื่องรีโมทนี้ต้องมีตลอดเวลา) รีเลย์ 2-6 เป็นกดสวิตซ์ซีลแอกเตอร์เลือกอินพุตสัญญาณเสียงจาก TUNNER, VCD, TAPE, TV, AUX เป็นต้น หรือถ้าจะใช้กับโทรทัศน์รุ่นใหม่ที่มีรีโมทเดิมเสีย แนะนำให้ใช้ แบบที่ 1 โดยเลือกรีเลย์ 1 เป็นกดติดกดดับใช้ต่อไฟเข้า TV ส่วนที่รีเลย์ที่เหลือเป็นกดติดปล่อยดับแล้วใช้สายต่อคลอสม สวิตซ์กด เปลี่ยนช่องขึ้นและสวิตซ์กดเปลี่ยนช่องลง และสวิตซ์กดเพิ่มเสียงและสวิตซ์กดลดเสียง รวมทั้งหมดเพียง 1+4 รีเลย์

ถ้าต้องการใช้ เปิด-ปิด หรือ เปลี่ยนความเร็วพัดลม ให้เลือกเป็นแบบที่ 3 โดยใช้สายต่อจากคอนแทกรีเลย์ค่อมชั่วคราวต่อสวิตซ์กดของพัดลมทั้ง 4 ตัว

วิธีการเรียนรู้และจดจำปุ่มของรีโมทและเลือกการทำงาน เนื่องปุ่มต่าง ๆ ของตัวรีโมทมีรหัสเฉพาะที่ไม่เหมือนกัน เมื่อต้องการใช้ปุ่มใดเป็นสวิตซ์ควบคุมรีเลย์ จะต้องให้เครื่องนี้เรียนรู้จำปุ่มนั้นไว้ก่อน ขั้นตอนการทำมีดังนี้

ขั้นแรกเลือกปุ่มที่ต้องการใช้เพียง 7 ปุ่ม จากปุ่มทั้งหมดของรีโมท เช่น เลือกปุ่มตัวเลข 1-6 ใช้ควบคุมรีเลย์ 1-6 ส่วนปุ่มที่ 7 เลือกใช้ปุ่มอื่นใดก็ได้ ซึ่งถ้ากดปุ่มที่ 7 นี้ รีเลย์ทุกตัวจะ OFF

ขั้นที่ 2 เลือกให้ทำงานแบบที่ 1 หรือ แบบที่ 2 หรือ แบบที่ 3

ถ้าเลือกแบบที่ 1 ให้กดสวิตซ์เรียนรู้ (LEARN) เพียงแป็บเดียวแล้วปล่อย (ไฟ LED 8 จะติด) เมื่อไฟ LED 8 ติดอยู่หมายถึงเตรียมรับค่าจากตัวรีโมทช่วงเรียนรู้ดังนี้

กำหนดเป็นกดติด-กดดับ ให้กดรีโมทสั้น ๆ แล้วปล่อย ไฟ LED 8 จะดับบอกให้รู้ แล้วติดค้างเตรียมรับค่าการกดปุ่มต่อไป

กำหนดเป็นกดติดปล่อยดับ ให้กดรีโมตชาร์จไฟ LED8 ดับ-ติด-ดับ-ติด (หรือไฟกระพริบ 2 ครั้ง) จึงปล่อยปุ่ม จากนั้นไฟจะติดค้างเตรียมรับค่าการกดปุ่มต่อไป

ทำแบบเดิมโดยกดปุ่ม 2-6 เพื่อควบคุมรีเลย์ 2-6 เรียงตามลำดับ ส่วนปุ่มที่ 7 ใช้ปีคริเลีย ทุกตัว เมื่อครบทุกปุ่มแล้วไฟจะดับตลอด

ถ้าเลือกให้ทำงานแบบที่ 2 ให้กดสวิทช์ LEARN ไฟ LED8 จะติดแต่ยังไม่ต้องปล่อยสวิทช์ ให้กดแช่นานประมาณ 2-3 วินาทีแล้วปล่อยจากนั้นจากกดปุ่มรีโมต 1-7 ตามลำดับ โดยกดแบบสั้น ๆ รอให้ไฟดับแล้วติด จึงกดปุ่มต่อไปแบบสั้น ๆ ทำจนครบทุกปุ่มจนไฟดับตลอด

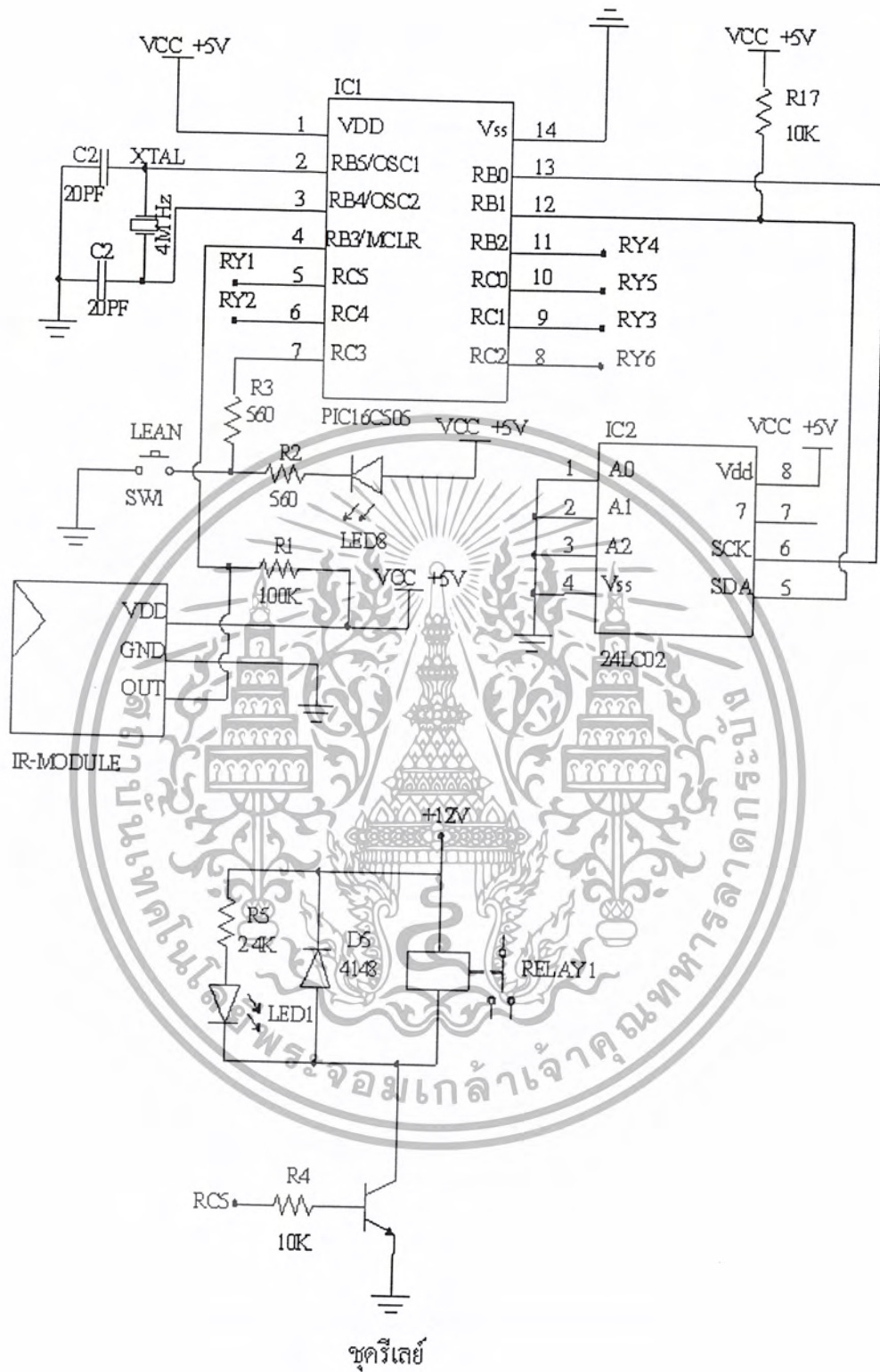
ถ้าเลือกให้ทำงานแบบที่ 3 ให้กดสวิทช์ LEARN ไฟ LED8 จะติดแต่ยังไม่ต้องปล่อยสวิทช์ ให้กดแช่นานประมาณ 2-3 วินาที แล้วปล่อยจากนั้นกดปุ่มรีโมตปุ่มที่ 1 โดยกดแบบชาร์จไฟ LED8 ดับ-ติด-ดับ-ติด (หรือไฟกระพริบ 2 ครั้ง) จึงปล่อยปุ่ม จากนั้นไฟจะติดค้างเตรียมรับค่าใหม่ ให้กดปุ่ม 2-7 โดยกดแบบสั้น ๆ ก็กดแล้วปล่อยโดยที่ไฟ LED8 ยังไม่ทันจะดับเมื่อเครื่องจับค่าการกดปุ่มแล้วไฟ LED 8 จะดับบอกให้รู้ แล้วติดค้างเตรียมรับค่าการกดปุ่มต่อไปทำเหมือนกันจนครบทุกปุ่ม ไฟ LED 8 จะดับตลอดและไม่ติดอีก

เมื่อเครื่องนี้อ่านรหัสจากรีโมต แล้วจะเก็บค่าส่งหน่วยความจำ EEPROM จะใช้ได้ตลอด ความจำจะไม่ลบ ถึงแม้จะปิดเครื่องหรือไฟดับขณะนั้นเมื่อเปิดใช้เครื่องนี้ในครั้งต่อไป จึงใช้ปุ่มเดิม ๆ ที่จำไว้แล้วได้เลยโดยไม่ต้องกดสวิทช์เรียนรู้ นอกจากท่านต้องการจะเปลี่ยนเป็นปุ่มกดอื่น ก็กดเรียนรู้ใหม่ และทำวิธีเดิมได้

หมายเหตุ ควรเช็คถ่านตัวลูกรีโมตก่อนด้วยเพราะถ่านอ่อน ค่าเรียนรู้อาจผิดพลาด เวลาใช้จะตอบสนองช้า

วิธีขยายให้เป็น 12 รีเลย์ หรือ 18 รีเลย์ โดยใช้รีโมตตัวเดียวแต่ใช้ตัวแม่ (ตัวรับ) หลายชุด และให้ตัวแม่แต่ละชุดเรียนรู้และจำปุ่มของตัวลูกที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละรีเลย์ ส่วนในปุ่มที่ 7 ที่เป็นคำสั่งใช้ปีคริเลียทุกตัวจะให้จำปุ่มเดียวกันหมด (วิธีขยายนี้จะใช้ได้กับการทำงานแบบที่ 1 เท่านั้น ถ้าจะให้ ทำงานแบบที่ 2-3 และให้รีเลย์ตัวเดียวกันจำปุ่มเดียวกันในเดียวกันในตัวแม่แต่ละเครื่อง เพื่อทำเป็นซีเลคเตอร์ ที่มี 2 คอนแทกที่ทำงานพร้อมกัน ๆ

วิธีเปลี่ยนมุมรับแสงของตัวแม่ สามารถปลดและย้ายตัวรับแสง IR โมดูล และต่อสายไฟ 3 เส้นคั่นระหว่างปรินท์กับ IR โมดูล ยาวได้ถึง 1 ฟุต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค.
ข้อมูลไอซีทีใช้ในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DAC0808 8-Bit D/A Converter

General Description

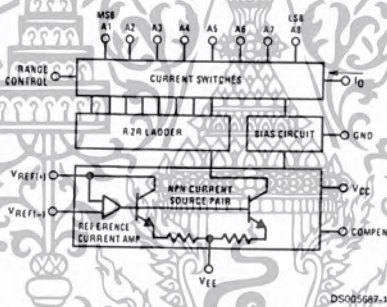
The DAC0808 is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with $\pm 5V$ supplies. No reference current (I_{REF}) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically ± 1 LSB of $255 I_{REF}/256$. Relative accuracies of better than $\pm 0.19\%$ assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than $4 \mu A$ provides 8-bit zero accuracy for $I_{REF} \geq 2$ mA. The power supply currents of the DAC0808 is independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the MC1508/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

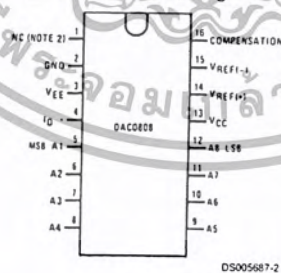
Features

- Relative accuracy: $\pm 0.19\%$ error maximum
- Full scale current match: ± 1 LSB typ
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: 8 mA/ μs
- Power supply voltage range: $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$
- Low power consumption: 33 mW @ $\pm 5V$

Block and Connection Diagrams



Dual-In-Line Package



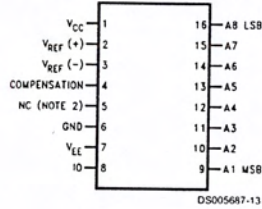
Top View
Order Number DAC0808
See NS Package M16A or N16A

DAC0808 8-Bit D/A Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block and Connection Diagrams (Continued)

Small-Outline Package



Ordering Information

ACCURACY	OPERATING TEMPERATURE RANGE	N PACKAGE (N16A)		SO PACKAGE
		(Note 1)		(M16A)
8-bit	$0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +75^{\circ}\text{C}$	DAC0808LCN	MC1408P8	DAC0808LCM

Note 1: Devices may be ordered by using either order number.



Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

Power Supply Voltage

V_{CC}	+18 V_{DC}
V_{EE}	-18 V_{DC}

Digital Input Voltage, V_5 - V_{12} -10 V_{DC} to +18 V_{DC}

Applied Output Voltage, V_O -11 V_{DC} to +18 V_{DC}

Reference Current, I_{14} 5 mA

Reference Amplifier Inputs, V_{14} , V_{15} V_{CC} , V_{EE}

Power Dissipation (Note 4) 1000 mW

ESD Susceptibility (Note 5) TBD

Storage Temperature Range

-65°C to +150°C

Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)

Dual-In-Line Package (Plastic) 260°C

Dual-In-Line Package (Ceramic) 300°C

Surface Mount Package

Vapor Phase (60 seconds) 215°C

Infrared (15 seconds) 220°C

Operating Ratings

Temperature Range

$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$

DAC0808

$0 \leq T_A \leq +75^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15 V_{DC}$, $V_{REF}/R_{14} = 2 \text{ mA}$, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
E_r	Relative Accuracy (Error Relative to Full Scale I_O)	(Figure 4)				%
	DAC0808LC (LM1408-8)				± 0.19	%
	Settling Time to Within $\frac{1}{2}$ LSB (Includes t_{PLH})	$T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 7), (Figure 5)		150		ns
t_{PLH} , t_{PHL}	Propagation Delay Time	$T_A = 25^\circ\text{C}$, (Figure 5)		30	100	ns
TC_{IO}	Output Full Scale Current Drift			± 20		ppm/°C
MSB	Digital Input Logic Levels	(Figure 3)				
V_{IH}	High Level, Logic "1"		2			V_{DC}
V_{IL}	Low Level, Logic "0"				0.8	V_{DC}
MSB	Digital Input Current	(Figure 3)				
	High Level	$V_{IH} = 5V$		0	0.040	mA
	Low Level	$V_{IL} = 0.8V$		-0.003	-0.8	mA
I_{15}	Reference Input Bias Current	(Figure 3)		-1	-3	μA
	Output Current Range	(Figure 3)				
		$V_{EE} = -5V$	0	2.0	2.1	mA
		$V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	0	2.0	4.2	mA
I_O	Output Current	$V_{REF} = 2.000V$, $R_{14} = 1000\Omega$, (Figure 3)	1.9	1.99	2.1	mA
	Output Current, All Bits Low	(Figure 3)	0		4	μA
	Output Voltage Compliance (Note 3)	$E_r \leq 0.19\%$, $T_A = 25^\circ\text{C}$			-0.55, +0.4	V_{DC}
	$V_{EE} = -5V$, $I_{REF} = 1 \text{ mA}$				-5.0, +0.4	V_{DC}
	V_{EE} Below -10V					
SRI_{REF}	Reference Current Slew Rate	(Figure 6)	4	8		mA/ μs
	Output Current Power Supply Sensitivity	$-5V \leq V_{EE} \leq -16.5V$		0.05	2.7	$\mu\text{A/V}$
I_{CC}	Power Supply Current (All Bits Low)	(Figure 3)		2.3	22	mA
				-4.3	-13	mA
V_{CC}	Power Supply Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$, (Figure 3)	4.5	5.0	5.5	V_{DC}
V_{EE}			-4.5	-15	-16.5	V_{DC}
	Power Dissipation					

Electrical Characteristics (Continued)

($V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$, V_{DC} , $V_{REF}/R14 = 2\text{ mA}$, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	All Bits Low	$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -5V$		33	170	mW
	All Bits High	$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$		106	305	mW
		$V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -5V$		90		mW
		$V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -15V$		160		mW

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 3: Range control is not required.

Note 4: The maximum power dissipation must be derated at elevated temperatures and is dictated by T_{JMAX} , θ_{JA} , and the ambient temperature, T_A . The maximum allowable power dissipation at any temperature is $P_D = (T_{JMAX} - T_A)/\theta_{JA}$ or the number given in the Absolute Maximum Ratings, whichever is lower. For this device, $T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}$, and the typical junction-to-ambient thermal resistance of the dual-in-line J package when the board mounted is 100°C/W . For the dual-in-line N package, this number increases to 175°C/W and for the small outline M package (this number is 100°C/W).

Note 5: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5\text{ k}\Omega$ resistor.

Note 6: All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated current.

Note 7: All bits switched.

Note 8: Pin-out numbers for the DAL080X represent the dual-in-line package. The small outline package pinout differs from the dual-in-line package.

Typical Application

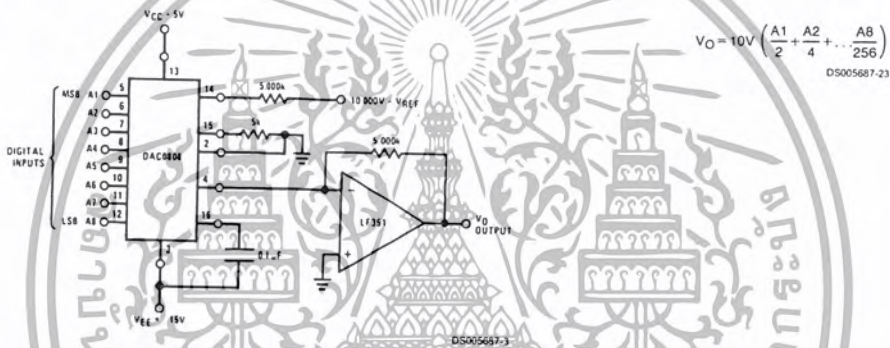
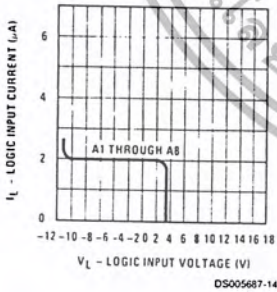


FIGURE 1. +10V Output Digital to Analog Converter (Note 8)

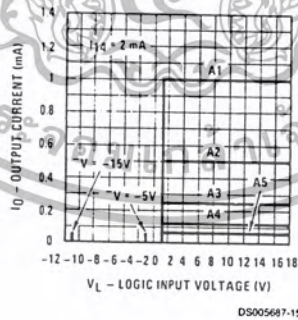
Typical Performance Characteristics

$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted

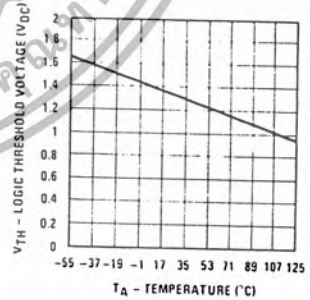
Logic Input Current vs Input Voltage



Bit Transfer Characteristics

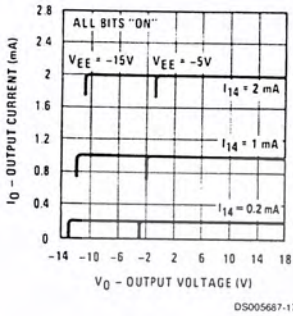


Logic Threshold Voltage vs Temperature

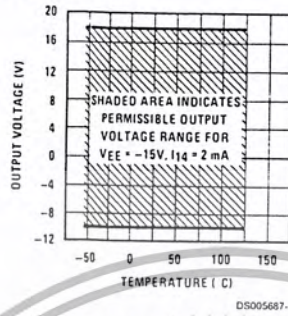


Typical Performance Characteristics $V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise noted (Continued)

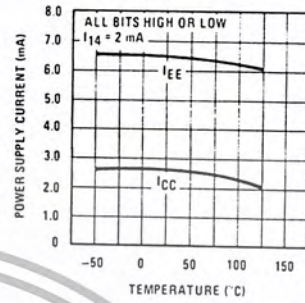
Output Current vs Output Voltage (Output Voltage Compliance)



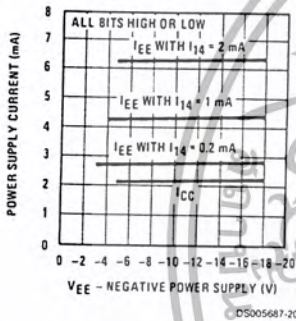
Output Voltage Compliance vs Temperature



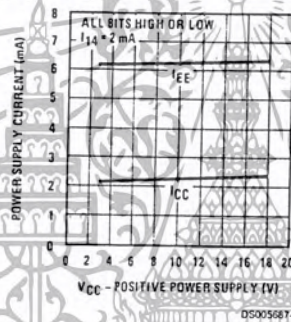
Typical Power Supply Current vs Temperature



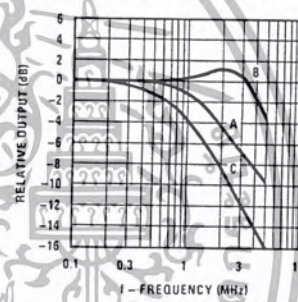
Typical Power Supply Current vs VEE



Typical Power Supply Current vs VCC

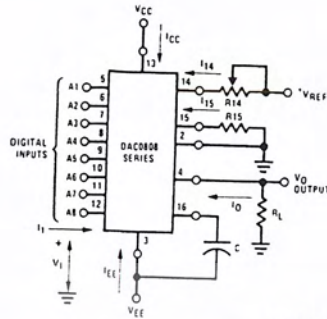


Reference Input Frequency Response



Unless otherwise specified: $R_{14} = R_{15} = 1\text{ k}\Omega$, $C = 15\text{ pF}$, pin 16 to V_{EE} , $R_L = 50\Omega$, pin 4 to ground.
Curve A: Large Signal Bandwidth Method of Figure 7, $V_{REF} = 2\text{ Vp-p}$ offset 1V above ground.
Curve B: Small Signal Bandwidth Method of Figure 7, $R_L = 250\Omega$, $V_{REF} = 50\text{ mVp-p}$ offset 200 mV above ground.
Curve C: Large and Small Signal Bandwidth Method of Figure 9 (no op amp, $R_L = 50\Omega$), $R_S = 50\Omega$, $V_{REF} = 2V$, $V_S = 100\text{ mVp-p}$ centered at 0V.

Test Circuits



DS005687-6

V_i and I_1 apply to inputs A1-A8.

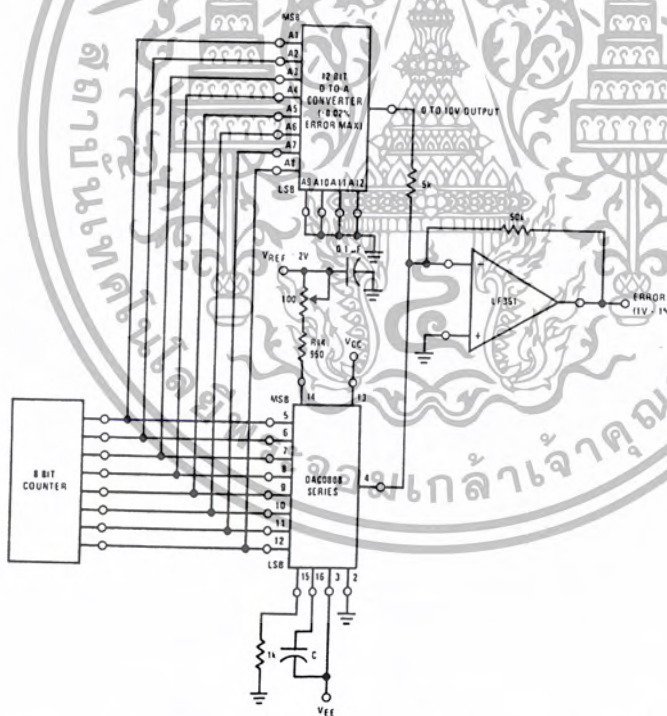
The resistor tied to pin 15 is to temperature compensate the bias current and may not be necessary for all applications.

$$I_O = K \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

$$\text{where } K \approx \frac{V_{REF}}{R_{14}}$$

and $A_N = "1"$ if A_N is at high level
 $A_N = "0"$ if A_N is at low level

FIGURE 3. Notation Definitions Test Circuit (Note 8)



DS005687-7

FIGURE 4. Relative Accuracy Test Circuit (Note 8)

Test Circuits (Continued)

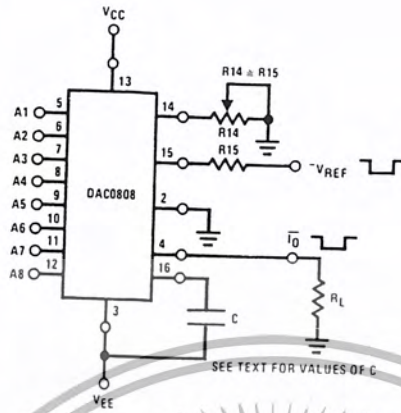


FIGURE 8. Negative V_{REF} (Note 8)

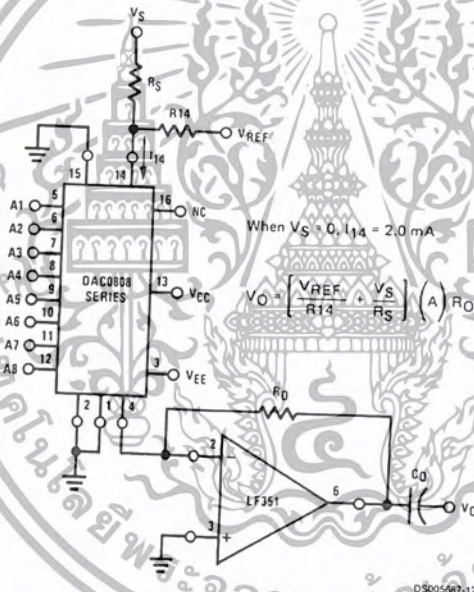


FIGURE 9. Programmable Gain Amplifier or Digital Attenuator Circuit (Note 8)

Application Hints

REFERENCE AMPLIFIER DRIVE AND COMPENSATION

The reference amplifier provides a voltage at pin 14 for converting the reference voltage to a current, and a turn-around circuit or current mirror for feeding the ladder. The reference amplifier input current, I_{14} , must always flow into pin 14, regardless of the set-up method or reference voltage polarity. Connections for a positive voltage are shown in Figure 7. The reference voltage source supplies the full current I_{14} . For bipolar reference signals, as in the multiplying mode,

R_{15} can be tied to a negative voltage corresponding to the minimum input level. It is possible to eliminate R_{15} with only a small sacrifice in accuracy and temperature drift.

The compensation capacitor value must be increased with increases in R_{14} to maintain proper phase margin; for R_{14} values of 1, 2.5 and 5 k Ω , minimum capacitor values are 15, 37 and 75 pF. The capacitor may be tied to either V_{EE} or ground, but using V_{EE} increases negative supply rejection.

A negative reference voltage may be used if R_{14} is grounded and the reference voltage is applied to R_{15} as shown in Figure 8. A high input impedance is the main advantage of this method. Compensation involves a capacitor

Application Hints (Continued)

to V_{EE} on pin 16, using the values of the previous paragraph. The negative reference voltage must be at least 4V above the V_{EE} supply. Bipolar input signals may be handled by connecting R14 to a positive reference voltage equal to the peak positive input level at pin 15.

When a DC reference voltage is used, capacitive bypass to ground is recommended. The 5V logic supply is not recommended as a reference voltage. If a well regulated 5V supply which drives logic is to be used as the reference, R14 should be decoupled by connecting it to 5V through another resistor and bypassing the junction of the 2 resistors with 0.1 μ F to ground. For reference voltages greater than 5V, a clamp diode is recommended between pin 14 and ground.

If pin 14 is driven by a high impedance such as a transistor current source, none of the above compensation methods apply and the amplifier must be heavily compensated, decreasing the overall bandwidth.

OUTPUT VOLTAGE RANGE

The voltage on pin 4 is restricted to a range of -0.55 to 0.4V when $V_{EE} = -5V$ due to the current switching methods employed in the DAC0808.

The negative output voltage compliance of the DAC0808 is extended to -5V where the negative supply voltage is more negative than -10V. Using a full-scale current of 1.992 mA and load resistor of 2.5 k Ω between pin 4 and ground will yield a voltage output of 256 levels between 0 and -4.980V. Floating pin 1 does not affect the converter speed or power dissipation. However, the value of the load resistor determines the switching time due to increased voltage swing. Values of R_L up to 500 Ω do not significantly affect performance, but a 2.5 k Ω load increases worst-case settling time to 1.2 μ s (when all bits are switched ON). Refer to the subsequent text section on Settling Time for more details on output loading.

OUTPUT CURRENT RANGE

The output current maximum rating of 4.2 mA may be used only for negative supply voltages more negative than -8V, due to the increased voltage drop across the resistors in the reference current amplifier.

ACCURACY

Absolute accuracy is the measure of each output current level with respect to its intended value, and is dependent upon relative accuracy and full-scale current drift. Relative accuracy is the measure of each output current level as a fraction of the full-scale current. The relative accuracy of the DAC0808 is essentially constant with temperature due to the excellent temperature tracking of the monolithic resistor ladder.

The reference current may drift with temperature, causing a change in the absolute accuracy of output current. However, the DAC0808 has a very low full-scale current drift with temperature.

The DAC0808 series is guaranteed accurate to within $\pm 1/2$ LSB at a full-scale output current of 1.992 mA. This corresponds to a reference amplifier output current drive to the ladder network of 2 mA, with the loss of 1 LSB (8 μ A) which is the ladder remainder shunted to ground. The input current to pin 14 has a guaranteed value of between 1.9 and 2.1 mA, allowing some mismatch in the NPN current source pair. The accuracy test circuit is shown in Figure 4. The 12-bit converter is calibrated for a full-scale output current of 1.992 mA. This is an optional step since the DAC0808 accuracy is essentially the same between 1.5 and 2.5 mA. Then the DAC0808 circuits' full-scale current is trimmed to the same value with R14 so that a zero value appears at the error amplifier output. The counter is activated and the error band may be displayed on an oscilloscope, detected by comparators, or stored in a peak detector.

Two 8-bit D-to-A converters may not be used to construct a 16-bit accuracy D-to-A converter. 16-bit accuracy implies a total error of $\pm 1/2$ of one part in 65,536 or $\pm 0.00076\%$, which is much more accurate than the $\pm 0.019\%$ specification provided by the DAC0808.

MULTIPLYING ACCURACY

The DAC0808 may be used in the multiplying mode with 8-bit accuracy when the reference current is varied over a range of 256:1. If the reference current in the multiplying mode ranges from 16 μ A to 4 mA, the additional error contributions are less than 1.6 μ A. This is well within 8-bit accuracy when referred to full-scale.

A monotonic converter is one which supplies an increase in current for each increment in the binary word. Typically, the DAC0808 is monotonic for all values of reference current above 0.5 mA. The recommended range for operation with a DC reference current is 0.5 to 4 mA.

SETTLING TIME

The worst-case switching condition occurs when all bits are switched ON, which corresponds to a low-to-high transition for all bits. This time is typically 150 ns for settling to within $\pm 1/2$ LSB, for 8-bit accuracy, and 100 ns to $1/2$ LSB for 7 and 6-bit accuracy. The turn OFF is typically under 100 ns. These times apply when $R_L \leq 500\Omega$ and $C_O \leq 25$ pF.

Extra care must be taken in board layout since this is usually the dominant factor in satisfactory test results when measuring settling time. Short leads, 100 μ F supply bypassing for low frequencies, and minimum scope lead length are all mandatory.


Notes



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 **National Semiconductor Corporation Americas**
 Tel: 1-800-272-9959
 Fax: 1-800-737-7018
 Email: support@nsc.com

www.national.com

National Semiconductor Europe
 Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
 Email: europe.support@nsc.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
 English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
 Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
 Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
 Tel: 65-2544466
 Fax: 65-2504466
 Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-3-5639-7560
 Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described. No circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BTA/BTB12 and T12 Series

SNUBBERLESS™, LOGIC LEVEL & STANDARD

12A TRIACS

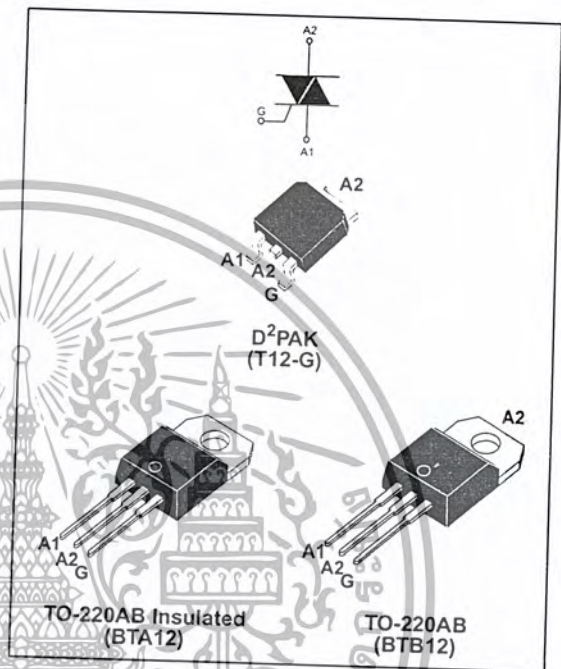
MAIN FEATURES:

Symbol	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	12	A
V_{DRM}/V_{RRM}	600 and 800	V
$I_{GT}(Q_1)$	5 to 50	mA

DESCRIPTION

Available either in through-hole or surface-mount packages, the BTA/BTB12 and T12 triac series is suitable for general purpose AC switching. They can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, induction motor starting circuits... or for phase control operation in light dimmers, motor speed controllers,...

The snubberless versions (BTA/BTB...W and T12 series) are specially recommended for use on inductive loads, thanks to their high commutation performances. Logic level versions are designed to interface directly with low power drivers such as microcontrollers. By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at 2500V RMS) complying with UL standards (File ref.: E81734)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit	
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	D ² PAK/TO-220AB $T_c = 105^\circ\text{C}$	12	A
		TO-220AB Ins. $T_c = 90^\circ\text{C}$		
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, T_j initial = 25°C)	F = 50 Hz $t = 20$ ms	120	A
		F = 60 Hz $t = 16.7$ ms		
I^2t	I^2t Value for fusing $t_p = 10$ ms		78	A ² s
di/dt	Critical rate of rise of on-state current $I_G = 2 \times I_{GT}$, $t_r \leq 100$ ns	F = 120 Hz $T_j = 125^\circ\text{C}$	50	A/ μ s
V_{DSM}/V_{RSM}	Non repetitive surge peak off-state voltage	$t_p = 10$ ms $T_j = 25^\circ\text{C}$	$V_{DRM}/V_{RRM} + 100$	V
I_{GM}	Peak gate current	$t_p = 20$ μ s $T_j = 125^\circ\text{C}$	4	A
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation	$T_j = 125^\circ\text{C}$	1	W
T_{stg} T_j	Storage junction temperature range Operating junction temperature range		- 40 to + 150 - 40 to + 125	$^\circ\text{C}$

September 2002 - Ed: 6A

1/7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTA/BTB12 and T12 Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_j = 25°C, unless otherwise specified)

■ SNUBBERLESS™ and LOGIC LEVEL (3 Quadrants)

Symbol	Test Conditions	Quadrant		BTA/BTB12					Unit
				T12	TW	SW	CW	BW	
I _{GT} (1)	V _D = 12 V R _L = 30 Ω	I - II - III	MAX.	35	5	10	35	50	mA
V _{GT}				1.3					
V _{GD}	V _D = V _{DRM} R _L = 3.3 kΩ T _j = 125°C	I - II - III	MIN.	0.2					V
I _H (2)				I _T = 100 mA		MAX.	35	10	15
I _L	I _G = 1.2 I _{GT}	I - III	MAX.	50	10	25	50	70	mA
				II	60	15	30	60	
dV/dt (2)	V _D = 67 %V _{DRM} gate open T _j = 125°C		MIN.	500	20	40	500	1000	V/μs
(dI/dt) _c (2)	(dV/dt) _c = 0.1 V/μs T _j = 125°C		MIN.	-	3.5	6.5	-	-	A/ms
	(dV/dt) _c = 10 V/μs T _j = 125°C			-	1	2.9	-	-	
	Without snubber T _j = 125°C			6.5	-	-	6.5	12	

■ STANDARD (4 Quadrants)

Symbol	Test Conditions	Quadrant		BTA/BTB12		Unit
				C	B	
I _{GT} (1)	V _D = 12 V R _L = 30 Ω	I - II - III IV	MAX.	25	50	mA
V _{GT}				50	100	
V _{GD}	V _D = V _{DRM} R _L = 3.3 kΩ T _j = 125°C	ALL	MAX.	1.3		V
I _H (2)				I _T = 500 mA		MIN.
I _L	I _G = 1.2 I _{GT}	I - III - IV II	MAX.	25	50	mA
				40	50	
dV/dt (2)	V _D = 67 %V _{DRM} gate open T _j = 125°C		MIN.	200	400	V/μs
(dV/dt) _c (2)	(dI/dt) _c = 5.3 A/ms T _j = 125°C		MIN.	5	10	V/μs

STATIC CHARACTERISTICS

Symbol	Test Conditions		Value	Unit	
V _T (2)	I _{TM} = 17 A t _p = 380 μs	T _j = 25°C	MAX.	1.55	V
V _{Io} (2)	Threshold voltage	T _j = 125°C	MAX.	0.85	V
R _d (2)	Dynamic resistance	T _j = 125°C	MAX.	35	mΩ
I _{DRM}	V _{DRM} = V _{RDM}	T _j = 25°C	MAX.	5	μA
I _{RDM}		T _j = 125°C		1	mA

Note 1: minimum I_{GT} is guaranteed at 5% of I_{GT} max.

Note 2: for both polarities of A2 referenced to A1

THERMAL RESISTANCES

Symbol	Parameter		Value	Unit	
R _{th(j-c)}	Junction to case (AC)		D ² PAK/TO-220AB	1.4	°C/W
			TO-220AB Insulated	2.3	
R _{th(j-a)}	Junction to ambient	S = 1 cm ²	D ² PAK	45	°C/W
			TO-220AB TO-220AB Insulated	60	

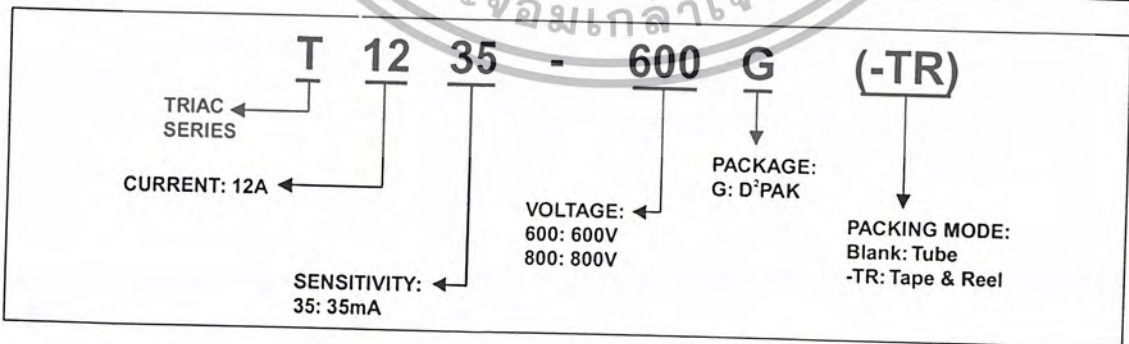
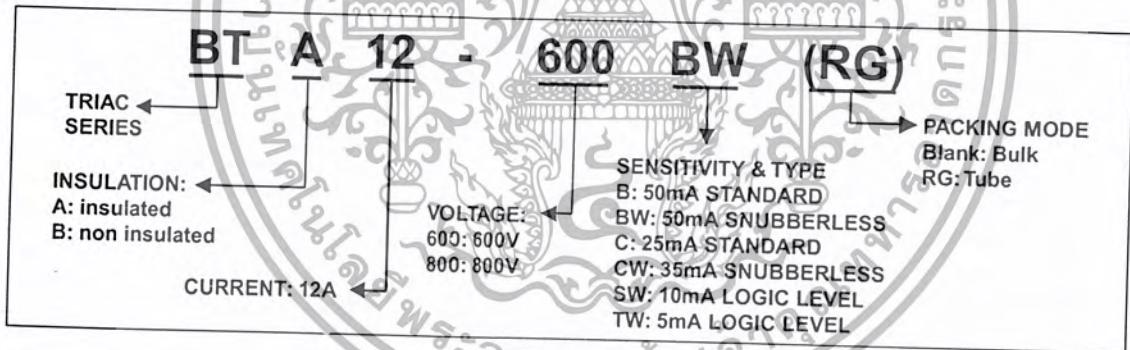
S = Copper surface under tab

PRODUCT SELECTOR

Part Number	Voltage (xxx)		Sensitivity	Type	Package
	600 V	800 V			
BTA/BTB12-xxxB	X	X	50 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxBW	X	X	50 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxC	X	X	25 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxCW	X	X	35 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxSW	X	X	10 mA	Logic level	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxTW	X	X	5 mA	Logic Level	TO-220AB
T1235-xxxG	X	X	35 mA	Snubberless	D ² PAK

BTB: non insulated TO-220AB package

ORDERING INFORMATION



BTA/BTB12 and T12 Series

OTHER INFORMATION

Part Number	Marking	Weight	Base quantity	Packing mode
BTA/BTB12-xxxxyz	BTA/BTB12-xxxxyz	2.3 g	250	Bulk
BTA/BTB12-xxxxyzRG	BTA/BTB12-xxxxyz	2.3 g	50	Tube
T1235-xxxG	T1235xxxG	1.5 g	50	Tube
T1235-xxxG-TR	T1235xxxG	1.5 g	1000	Tape & reel

Note: xxx = voltage, yy = sensitivity, z = type

Fig. 1: Maximum power dissipation versus RMS on-state current (full cycle).

Fig. 2-1: RMS on-state current versus case temperature (full cycle).

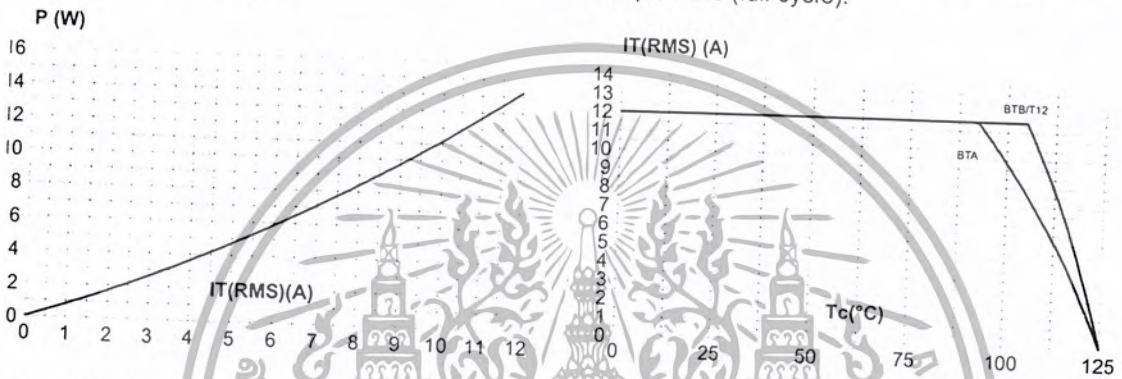


Fig. 2-2: RMS on-state current versus ambient temperature (printed circuit board FR4, copper thickness: 35µm), full cycle.

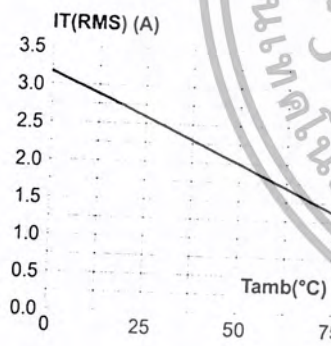


Fig. 3: Relative variation of thermal impedance versus pulse duration.

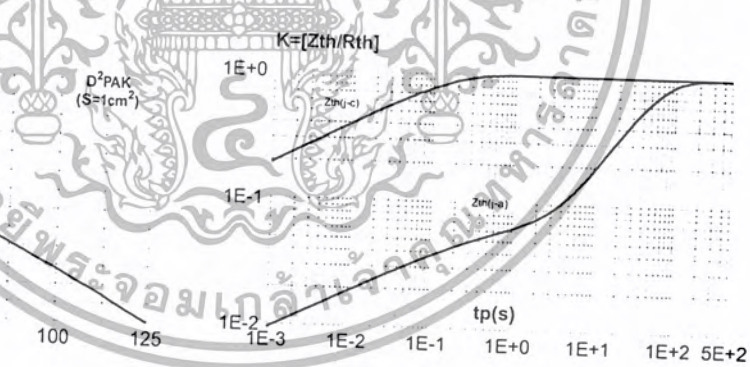


Fig. 4: On-state characteristics (maximum values).

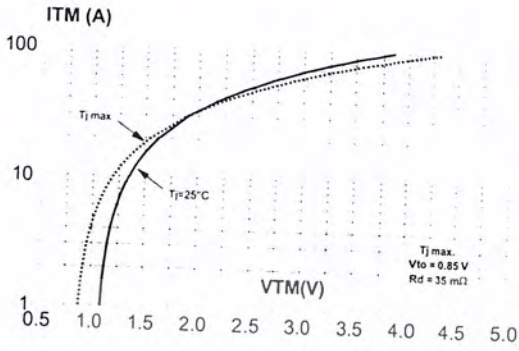


Fig. 5: Surge peak on-state current versus number of cycles.

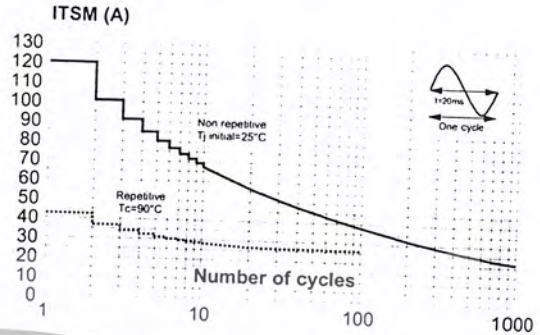


Fig. 6: Non-repetitive surge peak on-state current for a sinusoidal pulse with width $t_p < 10\text{ms}$, and corresponding value of I^2t .

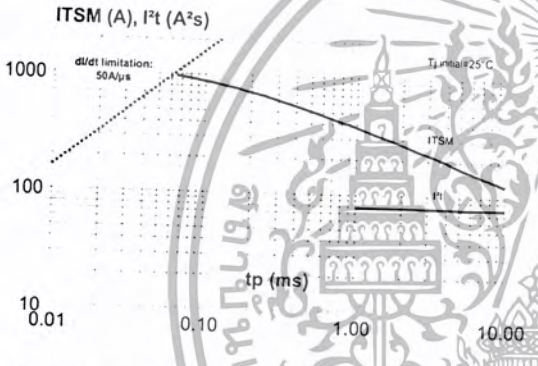


Fig. 7: Relative variation of gate trigger current, holding current and latching current versus junction temperature (typical values).

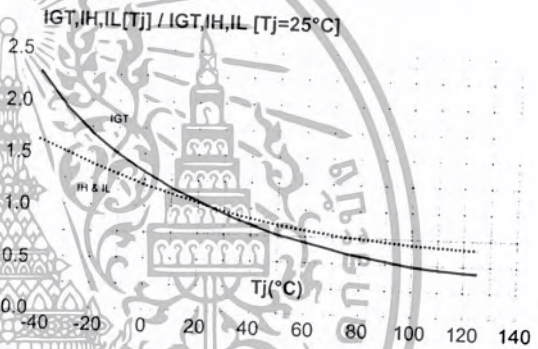


Fig. 8-1: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus $(dV/dt)_c$ (typical values) (BW/CW/T1235).

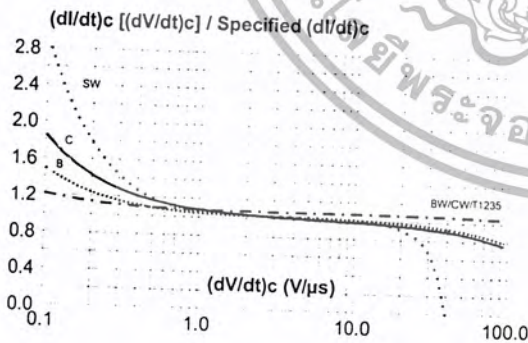


Fig. 8-2: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus $(dV/dt)_c$ (typical values) (TW).

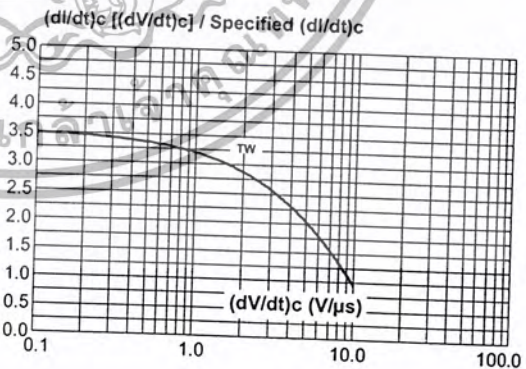


Fig. 9: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus junction temperature.

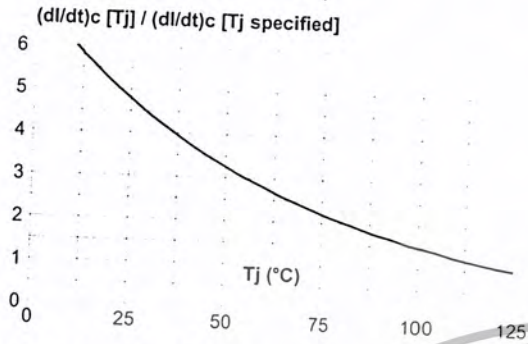
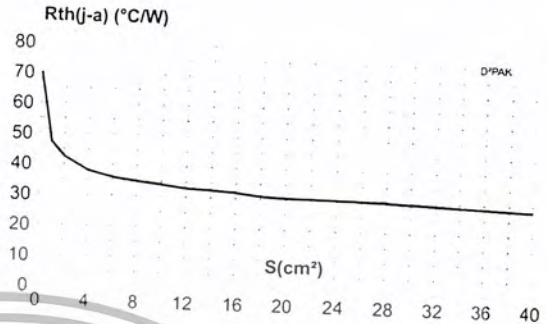
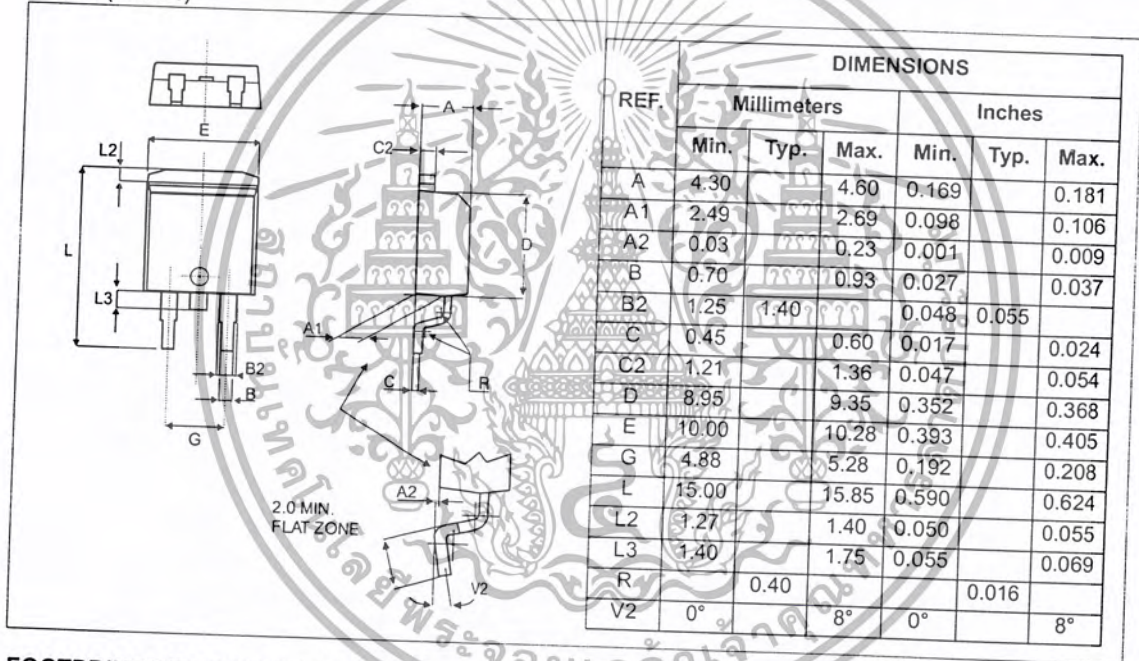


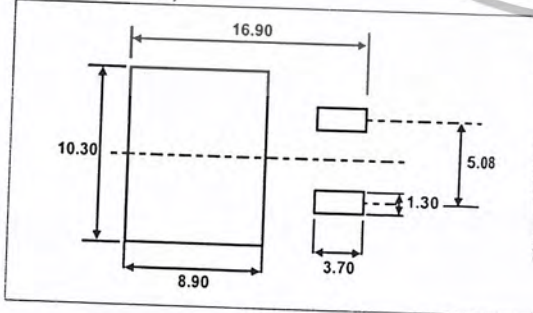
Fig. 10: D²PAK Thermal resistance junction to ambient versus copper surface under tab (printed circuit board FR4, copper thickness: 35 μm).



PACKAGE MECHANICAL DATA
D²PAK (Plastic)

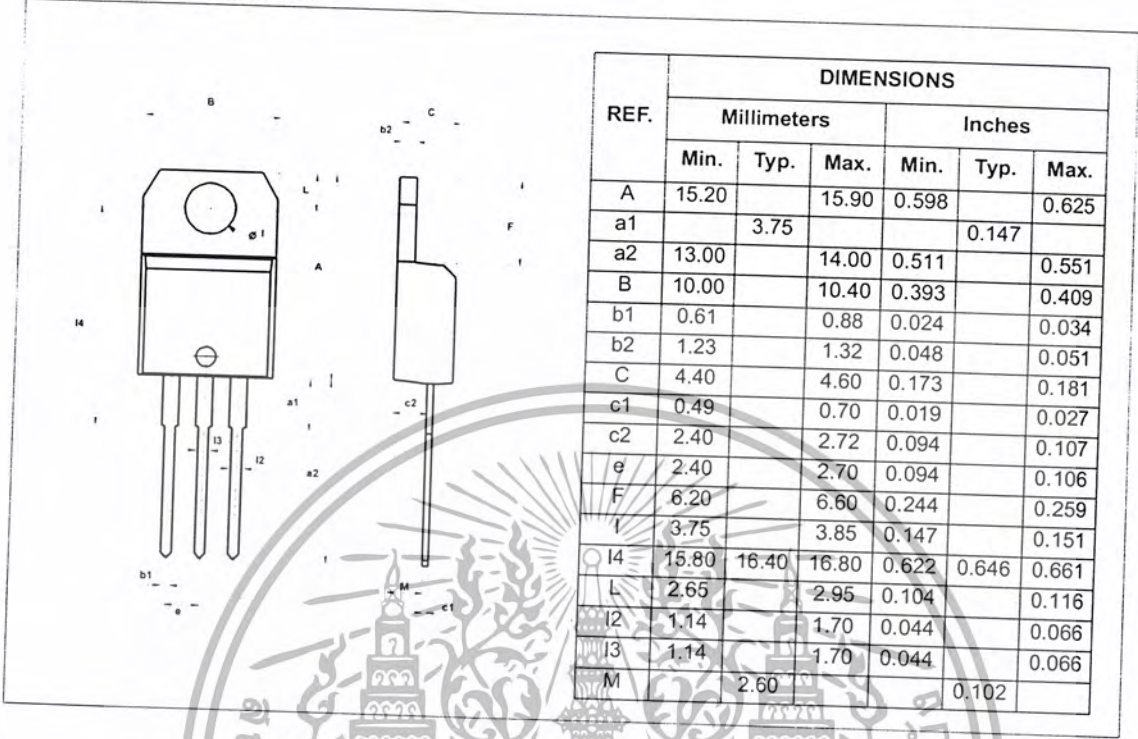


FOOTPRINT DIMENSIONS (in millimeters)
D²PAK (Plastic)



PACKAGE MECHANICAL DATA

TO-220AB / TO-220AB Ins.



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

© The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2002 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany
 Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore
 Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.

<http://www.st.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MOTOROLA

Order this document by LF347/D

JFET Input Operational Amplifiers

These low cost JFET input operational amplifiers combine two state-of-the-art analog technologies on a single monolithic integrated circuit. Each internally compensated operational amplifier has well matched high voltage JFET input devices for low input offset voltage. The JFET technology provides wide bandwidths and fast slew rates with low input bias currents, input offset currents, and supply currents.

These devices are available in single, dual and quad operational amplifiers which are pin-compatible with the industry standard MC1741, MC1458, and the MC3403/LM324 bipolar devices.

- Input Offset Voltage of 5.0 mV Max (LF347B)
- Low Input Bias Current: 50 pA
- Low Input Noise Voltage: $16 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Wide Gain Bandwidth: 4.0 MHz
- High Slew Rate: $13 \text{ V}/\mu\text{s}$
- Low Supply Current: 1.8 mA per Amplifier
- High Input Impedance: $10^{12} \Omega$
- High Common Mode and Supply Voltage Rejection Ratios: 100 dB

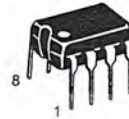
MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	+18	V
	V _{EE}	-18	V
Differential Input Voltage	V _{ID}	±30	V
Input Voltage Range (Note 1)	V _{IDR}	±15	V
Output Short Circuit Duration (Note 2)	t _{SC}	Continuous	
Power Dissipation at T _A = +25°C Derate above T _A = +25°C	P _D	900	mW
	1/θ _{JA}	10	mW/°C
Operating Ambient Temperature Range	T _A	0 to +70	°C
Operating Junction Temperature Range	T _J	-115	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C

- NOTES: 1. Unless otherwise specified, the absolute maximum negative input voltage is limited to the negative power supply.
2. Any amplifier output can be shorted to ground indefinitely. However, if more than one amplifier output is shorted simultaneously, maximum junction temperature rating may be exceeded.

LF347, B LF351 LF353

FAMILY OF JFET OPERATIONAL AMPLIFIERS



N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626

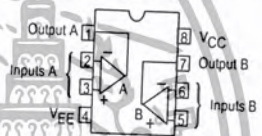


D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)

PIN CONNECTIONS



LF351
(Top View)

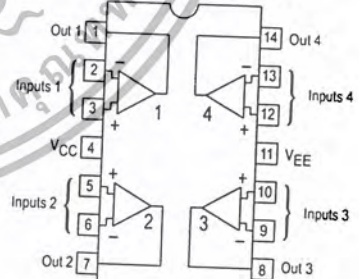


LF353
(Top View)



N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646

PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

Device	Function	Operating Temperature Range	Package
LF351D LF351N	Single Single	T _A = 0° to +70°C	SO-8 Plastic DIP
LF353D LF353N	Dual Dual		SO-8 Plastic DIP
LF347BN LF347N	Quad Quad		Plastic DIP Plastic DIP

© Motorola, Inc. 1996

Rev 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LF347, B LF351 LF353

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +15 V$, $V_{EE} = -15 V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LF347B			LF347, LF351, LF353			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage ($R_S \leq 10 k$, $V_{CM} = 0$) $T_A = +25^\circ C$ $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$	V_{IO}	-	1.0	5.0	-	5.0	10	mV
Avg. Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $R_S \leq 10 k$, $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	-	$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current ($V_{CM} = 0$, Note 3) $T_A = +25^\circ C$ $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$	I_{IO}	-	25	100	-	25	100	pA
Input Bias Current ($V_{CM} = 0$, Note 3) $T_A = +25^\circ C$ $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$	I_{IB}	-	-	4.0	-	-	4.0	nA
Input Resistance	r_i	-	10^{12}	-	-	10^{12}	-	Ω
Common Mode Input Voltage Range	V_{ICR}	± 11	+15 -12	-	± 11	+15 -12	-	V
Large-Signal Voltage Gain ($V_O = \pm 10 V$, $R_L = 2.0 k$) $T_A = +25^\circ C$ $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$	A_{VOL}	50 25	100	-	25 15	100	-	V/mV
Output Voltage Swing ($R_L = 10 k$)	V_O	± 12	± 14	-	± 12	± 14	-	V
Common Mode Rejection ($R_S \leq 10 k$)	CMR	80	100	-	70	100	-	dB
Supply Voltage Rejection ($R_S \leq 10 k$)	PSRR	80	100	-	70	100	-	dB
Supply Current LF347 LF351 LF353	I_D	-	7.2	11	-	7.2	11	mA
Short Circuit Current	I_{SC}	-	25	-	-	3.6	6.5	mA
Slew Rate ($A_V = +1$)	SR	-	13	-	-	13	-	V/ μs
Gain-Bandwidth Product	BWp	-	4.0	-	-	4.0	-	MHz
Equivalent Input Noise Voltage ($R_S = 100 \Omega$, $f = 1000 Hz$)	e_n	-	24	-	-	24	-	nV/ \sqrt{Hz}
Equivalent Input Noise Current ($f = 1000 Hz$)	i_n	-	0.01	-	-	0.01	-	pA/ \sqrt{Hz}
Channel Separation (LF347, LF353) 1.0 Hz $\leq f \leq 20 kHz$ (Input Referred)	-	-	-120	-	-	-120	-	dB

For Typical Characteristic Performance Curves, refer to MC34001, 34002, 34004 data sheet.

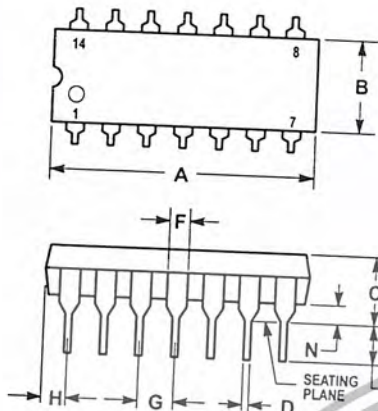
NOTE: 3. Input bias currents of JFET input op amps approximately double for every $10^\circ C$ rise in junction temperature. To maintain junction temperatures as close to ambient as is possible, pulse techniques are utilized during test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LF347, B LF351 LF353

OUTLINE DIMENSIONS

N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646-06
ISSUE L



NOTES:

- LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
- DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
- DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
- ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:
USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454
MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: http://Design-NET.com

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315
ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

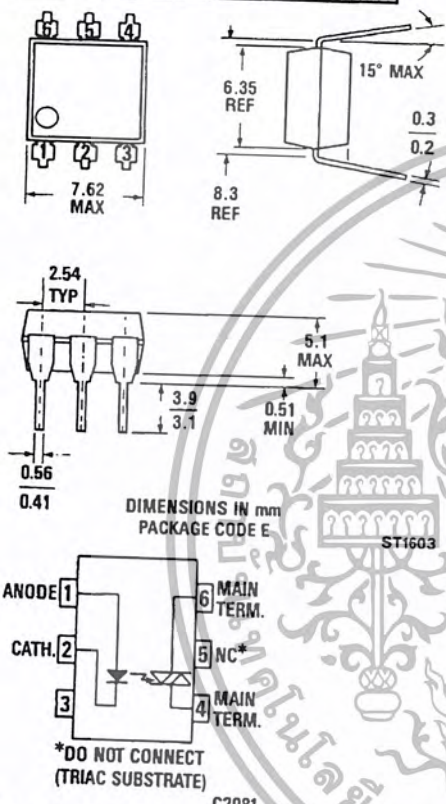


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับรวมในรายการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**MOC3020 MOC3021
MOC3022 MOC3023**

PACKAGE DIMENSIONS



DESCRIPTION

The MOC3020, MOC3021, MOC3022 and MOC3023 are optically isolated triac driver devices. These devices contain a GaAs infrared emitting diode and a light activated silicon bilateral switch, which functions like a triac. This is designed for interfacing between electronic controls and power triacs to control resistive and inductive loads for 240 VAC operations.

FEATURES

- Excellent I_r stability—IR emitting diode has low degradation
- High isolation voltage—minimum 7500 VAC peak
- Underwriters Laboratory (UL) recognized—File #E90700

APPLICATIONS

- European applications for 240 VAC
- Triac driver
- Industrial controls
- Traffic lights
- Vending machines
- Motor control
- Solid state relay

Equivalent Circuit

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

TOTAL PACKAGE		INPUT DIODE	
Storage temperature	-55°C to 150°C	Forward DC current	50 mA
Operating temperature	-40°C to 100°C	Reverse voltage	3 V
Lead temperature		Peak forward current	
(soldering, 10 sec)	260°C	(1 μ s pulse, 300 pps)	3.0 A
		Power dissipation (25°C ambient)	100 mW
		Derate linearly (above 25°C ambient)	1.33 mW/°C
		OUTPUT DRIVER	
		Off-state output terminal voltage	400 Volts
		On-state RMS current	$T_a=25^\circ\text{C}$ 100 mA
		(Full cycle, 50 to 60 Hz)	$T_a=70^\circ\text{C}$ 50 mA
		Peak nonrepetitive surge current	1.2 A
		(PW=10 ms, DC=10%)	
		Total power dissipation (25°C ambient)	300 mW
		Derate above 25°C	4.0 mW/°C

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS (25°C Temperature Unless Otherwise Specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
INPUT DIODE						
Forward voltage	V_f		1.2	1.50	V	$I_f = 10 \text{ mA}$
Junction capacitance	C_j		50		pF	$V_r = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$
Reverse leakage current	I_{rs}			100	μA	$V_r = 3.0 \text{ V}$
OUTPUT DETECTOR						
Peak blocking current, either direction	I_{obm}	—	10	100	nA	$V_{obm} = 400 \text{ V}$, Note 1
Peak on-state voltage, either direction	V_{tw}	—	2.5	3.0	Volts	$I_{tw} = 100 \text{ mA Peak}$

Note 1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.

TRANSFER CHARACTERISTICS

DC CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
LED trigger current (current required to latch output)	MOC3020	I_{FT}	—	30	mA	Main terminal voltage = 3.0 V, $R_L = 150\Omega$
	MOC3021	I_{FT}	—	15	mA	
	MOC3022	I_{FT}	—	10	mA	
	MOC3023	I_{FT}	—	5	mA	
Holding current	I_H	—	100	—	μA	Either direction

TRANSFER CHARACTERISTICS

CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
dv/dt RATING						
Critical rate of rise of off-state voltage	dv/dt	—	12	—	V/ μs	Static dv/dt, $T_a = 85^\circ\text{C}$ (see Fig. 3)
Critical rate of rise of commutating voltage	dv/dt	—	0.2	—	V/ μs	Commutating dv/dt, $I_{L, \text{COM}} = 15 \text{ mA}$ (see Fig. 4)

ISOLATION CHARACTERISTICS

CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
Isolation voltage	V_{iso}	5300			$V_{ac, \text{RMS}}$	$I_{io} < 1 \mu\text{A}$, 1 Minute
	V_{ic}	7500			$V_{ac, \text{PEAK}}$	$I_{io} < 1 \mu\text{A}$, 1 Minute
Isolation resistance	R_{iso}	10^{11}			ohms	$V_{io} = 500 \text{ VDC}$
Isolation capacitance	C_{iso}		0.5		pF	$f = 1 \text{ MHz}$

Note 1: Ratings apply to either polarity of pin 6 — referenced to pin 4. Voltages must be applied within dv/dt rating.

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTIC CURVES
(25°C Free Air Temperature Unless Otherwise Specified)

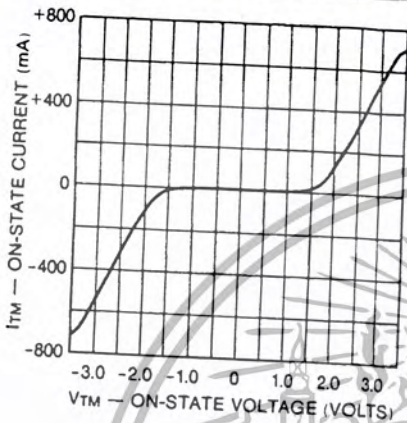


Fig. 1. On-State Characteristics

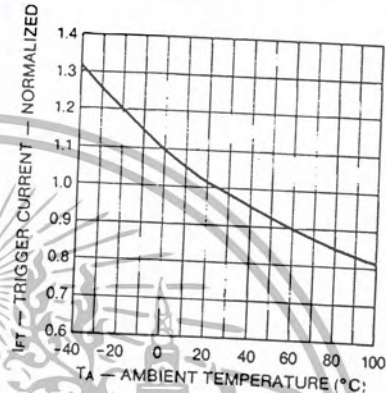


Fig. 2. Trigger Current vs. Temperature

TEST CIRCUITS FOR dV/dt MEASUREMENTS

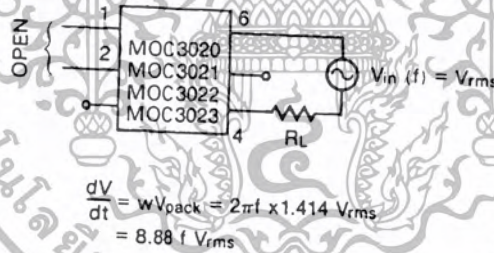


Fig. 3. Static dV/dt

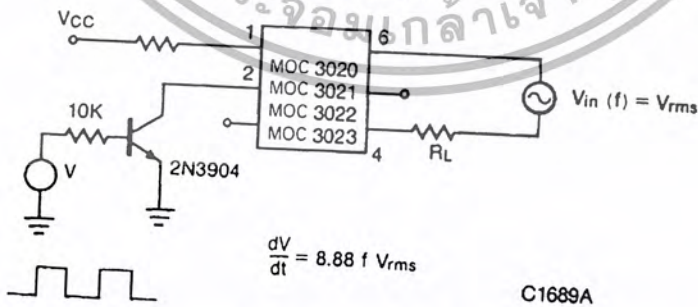


Fig. 4. Commutating dV/dt

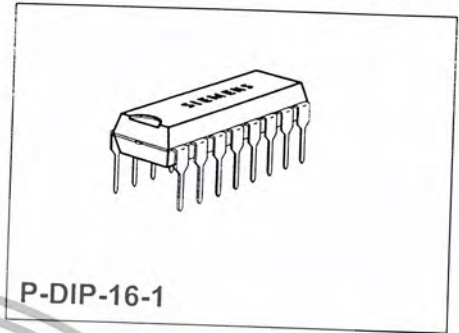
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

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
- Wide temperature range



P-DIP-16-1

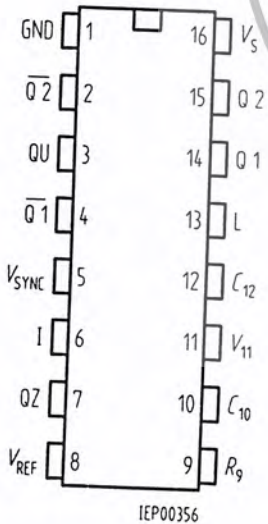
Type	Ordering Code	Package
TCA 785	Q67000-A2321	P-DIP-16-1

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 780 and TCA 780 D.

Pin Definitions and Functions

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



IEP00356

Pin Configuration (top view)

Semiconductor Group

Functional Description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (voltage V_s). 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 φ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage V_{11} , the triggering angle φ can be shifted within a phase angle of 0° to 180° .

For every half wave, a positive pulse of approx. $30 \mu s$ duration appears at the outputs Q 1 and Q 2. 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 φ and 180° will result.

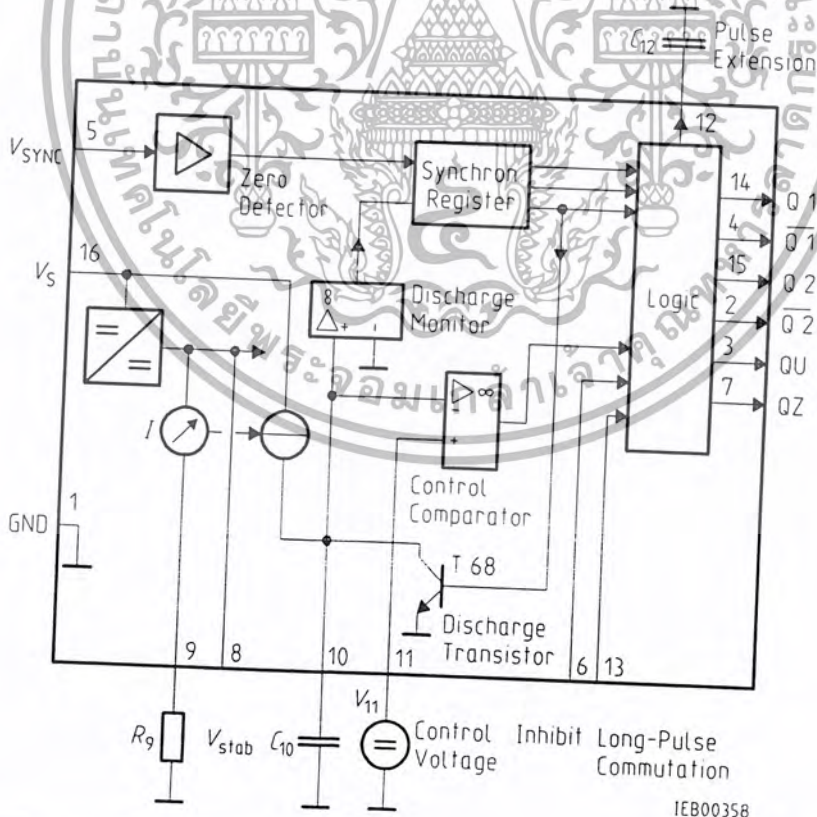
Outputs Q1 and Q2 supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

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

A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

The inhibit input can be used to disable outputs Q1, Q2 and Q1, Q2.

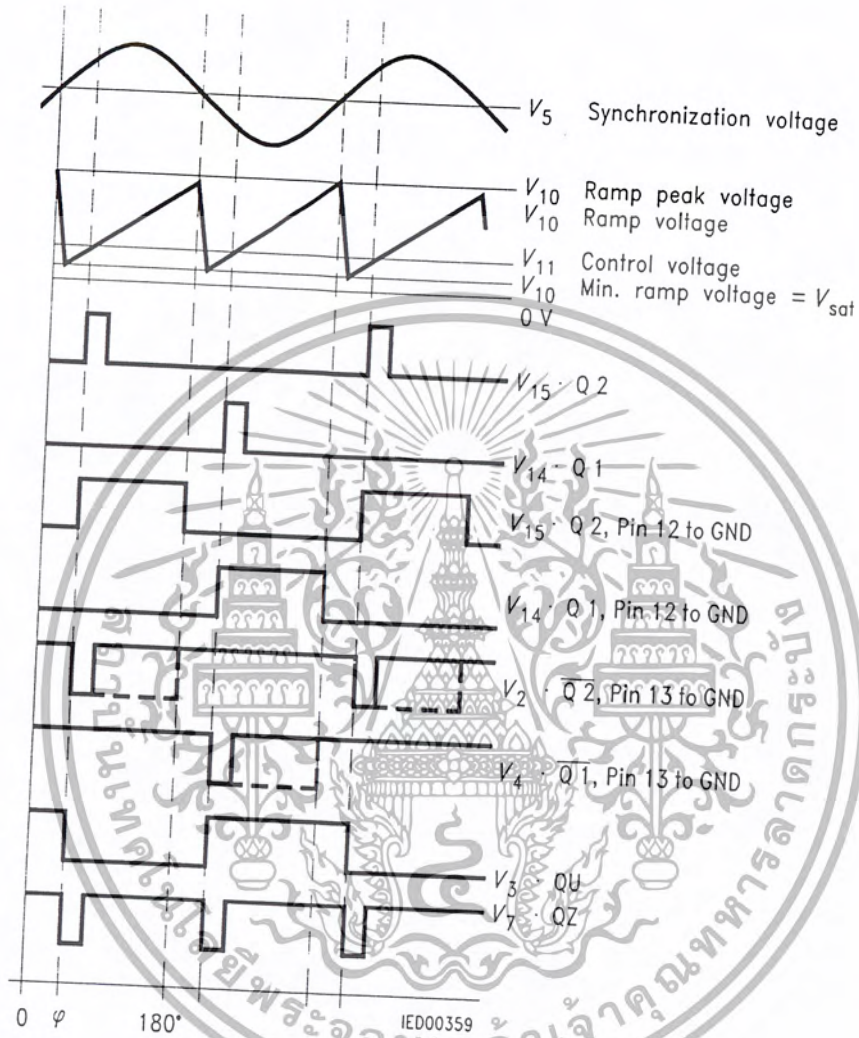
Pin 13 can be used to extend the outputs Q1 and Q2 to full pulse length ($180^\circ - \varphi$).



Block Diagram

Semiconductor Group

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pulse Diagram

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Supply voltage	V_s	- 0.5	18	V
Output current at pin 14, 15	I_o	- 10	400	mA
Inhibit voltage	V_6	- 0.5	V_s	V
Control voltage	V_{11}	- 0.5	V_s	V
Voltage short-pulse circuit	V_{13}	- 0.5	V_s	V
Synchronization input current	V_5	- 200	± 200	μA
Output voltage at pin 14, 15	V_o		V_s	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	I_o		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	V_o		V_s	V
Junction temperature	T_j		150	$^{\circ}C$
Storage temperature	T_{stg}	- 55	125	$^{\circ}C$
Thermal resistance system - air	$R_{th SA}$		80	K/W

Operating Range

Supply voltage	V_s	8	18	V
Operating frequency	f	10	500	Hz
Ambient temperature	T_A	- 25	85	$^{\circ}C$

Characteristics

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

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Supply current consumption S1 ... S6 open $V_{11} = 0 V$ $C_{10} = 47 nF$; $R_9 = 100 k\Omega$	I_s	4.5	6.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current R_2 varied	$I_{s rms}$	30		200	μA	1
Offset voltage	ΔV_5		30	75	mV	4
Control input pin 11 Control voltage range	V_{11}	0.2		$V_{10 peak}$	V	1
Input resistance	R_{11}		15		$k\Omega$	5

Semiconductor Group

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characteristics (cont'd)

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

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Ramp generator Charge current	I_{10}	10			μA	
Max. ramp voltage	V_{10}			1000	V	1
Saturation voltage at capacitor	V_{10}	100	225	$V_2 - 2$	mV	1.6
Ramp resistance	R_9	3		350	$\text{k}\Omega$	1
Sawtooth return time	t_t		80	300	μs	1
Inhibit pin 6 switch-over of pin 7						
Outputs disabled	V_{6L}		3.3	2.5	V	1
Outputs enabled	V_{6H}	4	3.3		V	1
Signal transition time	t_r	1		5	μs	1
Input current $V_6 = 8 \text{ V}$	I_{6H}		500	800	μA	1
Input current $V_6 = 1.7 \text{ V}$	I_{6L}	80	150	200	μA	1
Deviation of I_{10} $R_9 = \text{const.}$ $V_s = 12 \text{ V}; C_{10} = 47 \text{ nF}$	I_{10}	-5		5	%	1
Deviation of I_{10} $R_9 = \text{const.}$ $V_s = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$	I_{10}	-20		20	%	1
Deviation of the ramp voltage between 2 following half-waves, $V_s = \text{const.}$	$\Delta V_{10 \text{ max}}$		± 1		%	
Long pulse switch-over pin 13 switch-over of S8						
Short pulse at output	V_{13H}	3.5	2.5		V	1
Long pulse at output	V_{13L}		2.5	2	V	1
Input current $V_{13} = 8 \text{ V}$	I_{13H}			10	μA	1
Input current $V_{13} = 1.7 \text{ V}$	$-I_{13L}$	45	65	100	μA	1
Outputs pin 2, 3, 4, 7 Reverse current	I_{CEO}			10	μA	2.6
Saturation voltage $I_Q = 2 \text{ mA}$	V_{sat}	0.1	0.4	2	V	2.6

Characteristics (cont'd)

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

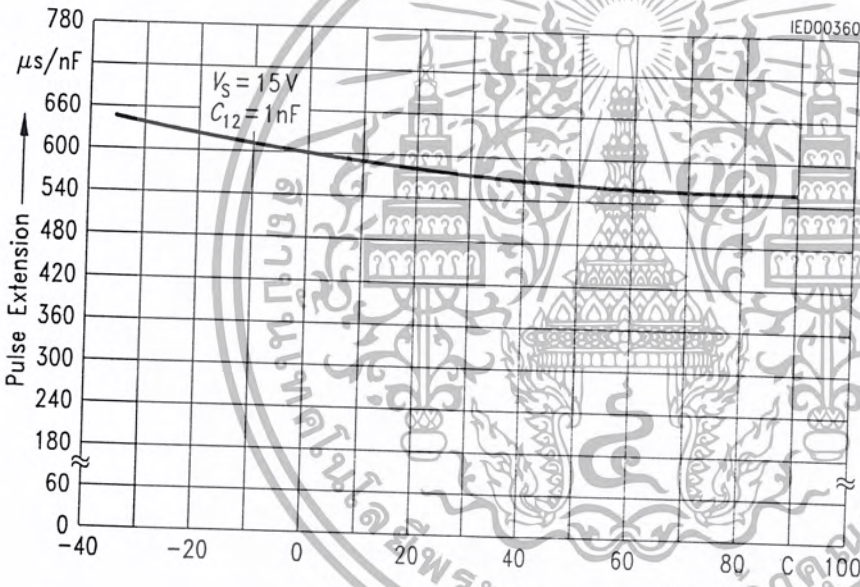
Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Outputs pin 14, 15 H-output voltage $-I_O = 250 \text{ mA}$	$V_{14/15 H}$	$V_S - 3$	$V_S - 2.5$	$V_S - 1.0$	V	3.6
L-output voltage $I_O = 2 \text{ mA}$	$V_{14/15 L}$	0.3	0.8	2	V	2.6
Pulse width (short pulse) S9 open	t_p	20	30	40	μs	1
Pulse width (short pulse) with C_{12}	t_p	530	620	760	$\mu\text{s}/\text{nF}$	1
Internal voltage control Reference voltage Parallel connection of 10 ICs possible	V_{REF}	2.8	3.1	3.4	V	1
TC of reference voltage	α_{REF}		2×10^{-4}	5×10^{-4}	1/K	1



Application Hints for External Components

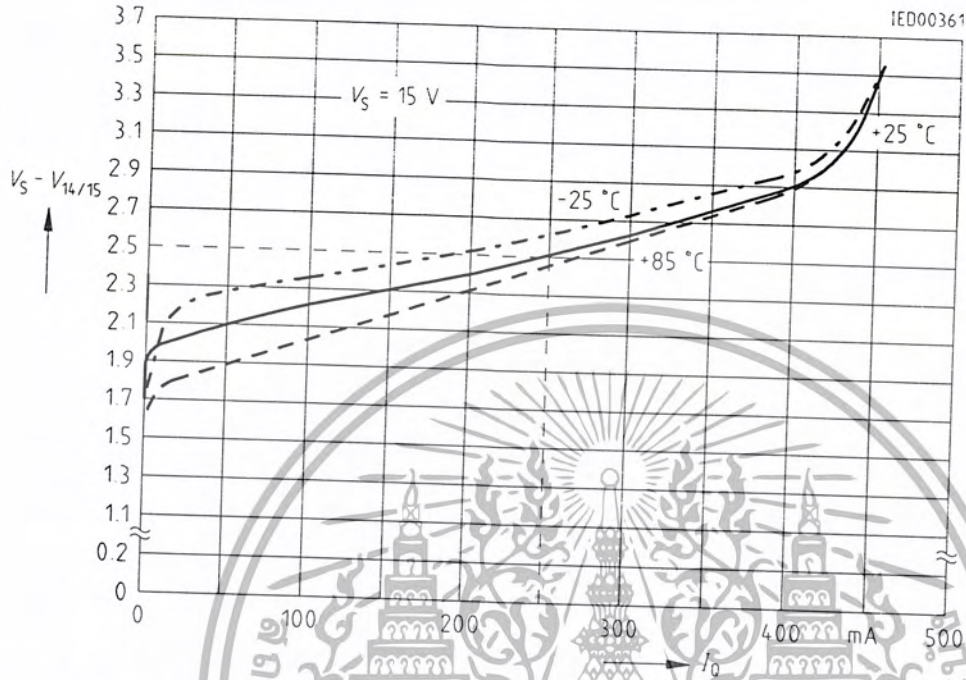
	min	max	
Ramp capacitance	$C_{10} = 500 \text{ pF}$	$1 \mu\text{F}^1)$	The minimum and maximum values of I_{10} are to be observed
Triggering point	$t_{Tr} = \frac{V_{11} \times R_9 \times C_{10}}{V_{REF} \times K}$		2)
Charge current	$I_{10} = \frac{V_{REF} \times K}{R_9}$		2)
		Ramp voltage	$V_{10 \text{ max}} = V_S - 2 \text{ V}$ $V_{10} = \frac{V_{REF} \times K \times t}{R_9 \times C_{10}}$ 2)

Pulse Extension versus Temperature

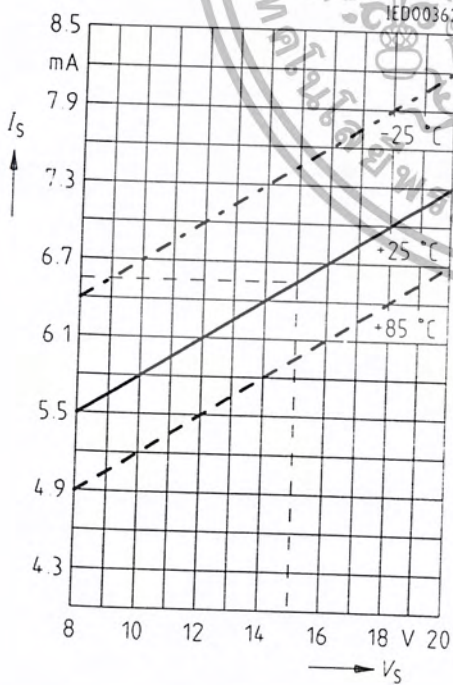


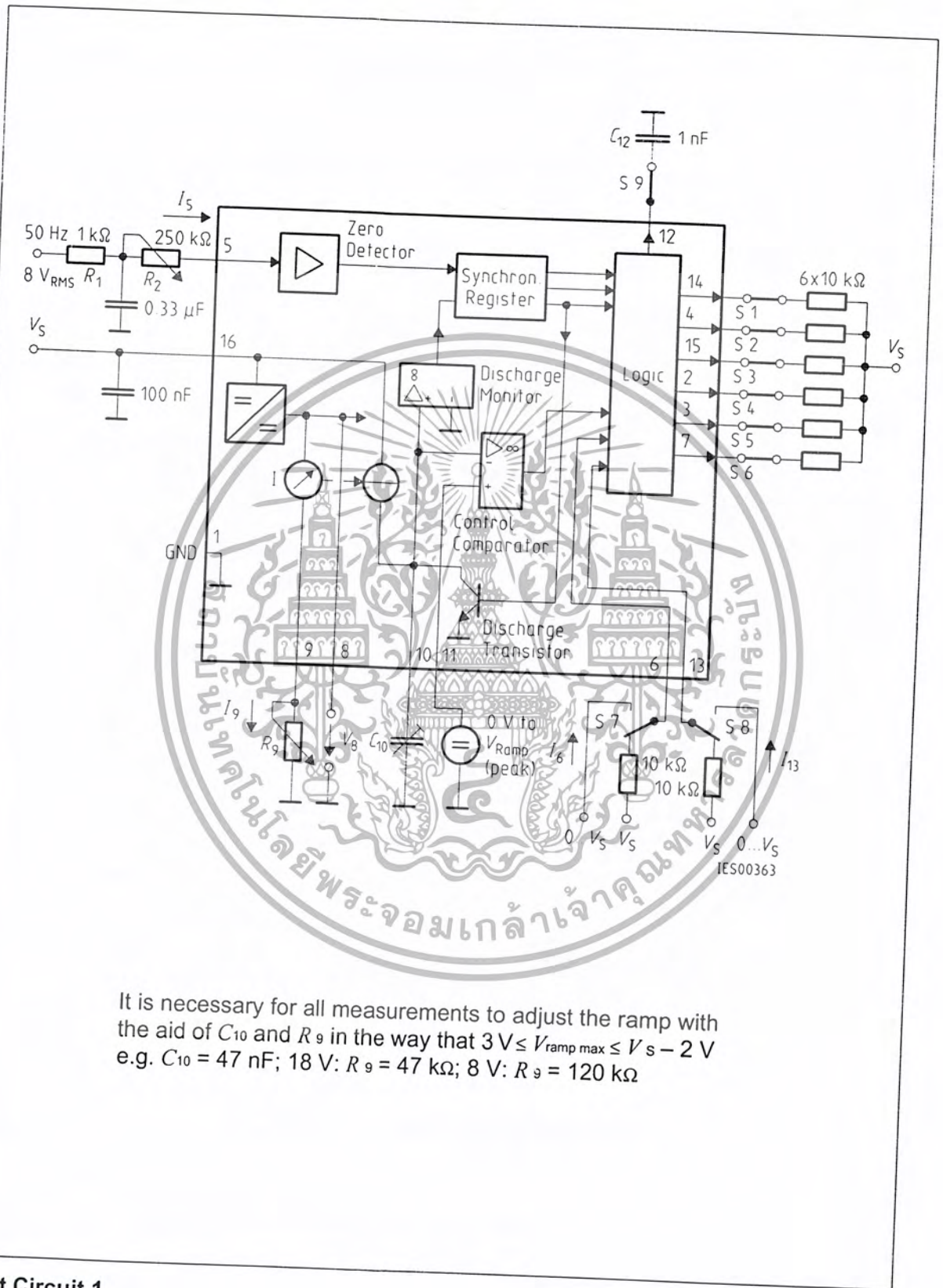
- 1) Attention to flyback times
- 2) $K = 1.10 \pm 20 \%$

Output Voltage measured to + V_s



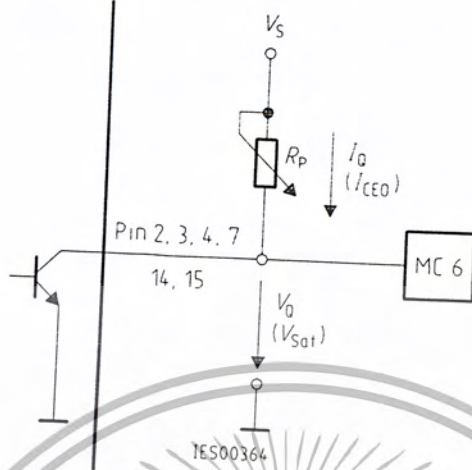
Supply Current versus Supply Voltage





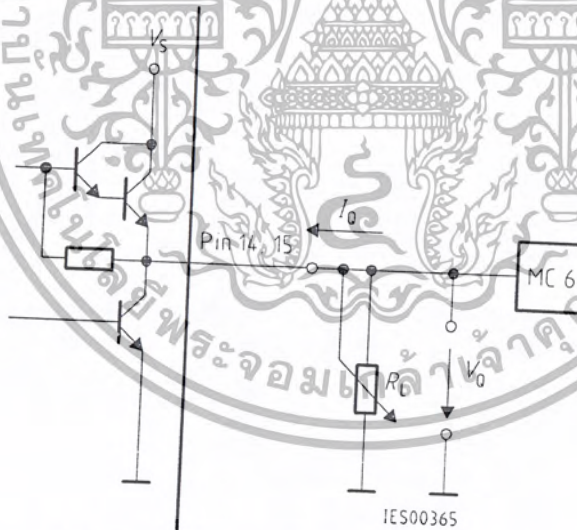
It is necessary for all measurements to adjust the ramp with the aid of C_{10} and R_9 in the way that $3\text{ V} \leq V_{\text{ramp max}} \leq V_S - 2\text{ V}$
 e.g. $C_{10} = 47\text{ nF}$; 18 V : $R_9 = 47\text{ k}\Omega$; 8 V : $R_9 = 120\text{ k}\Omega$

Test Circuit 1



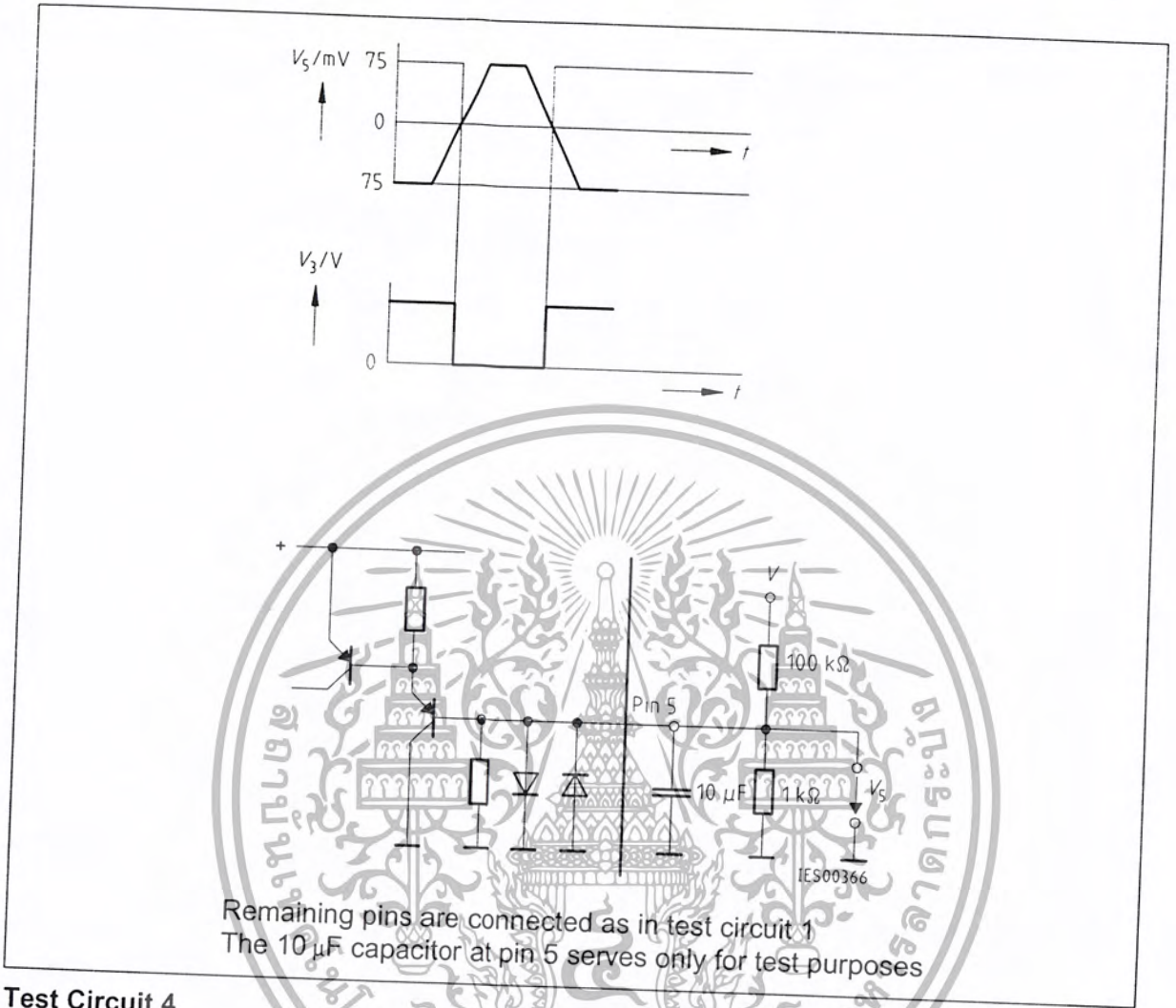
The remaining pins are connected as in test circuit 1

Test Circuit 2

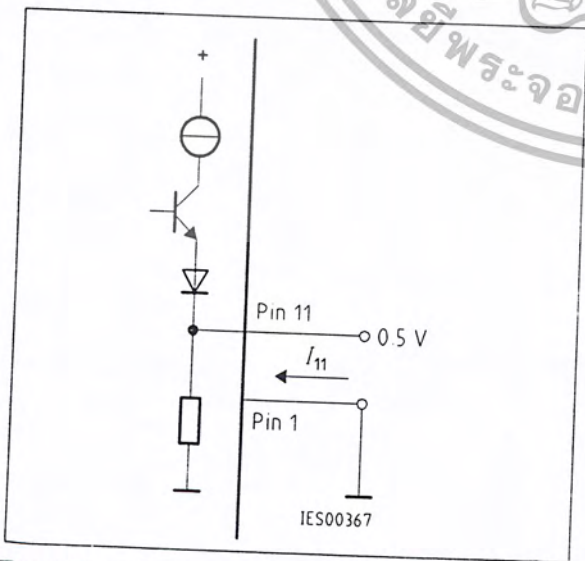


The remaining pins are connected as in test circuit 1

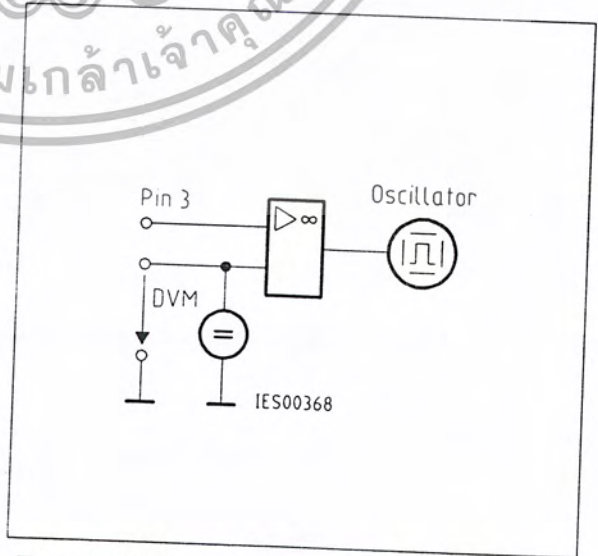
Test Circuit 3



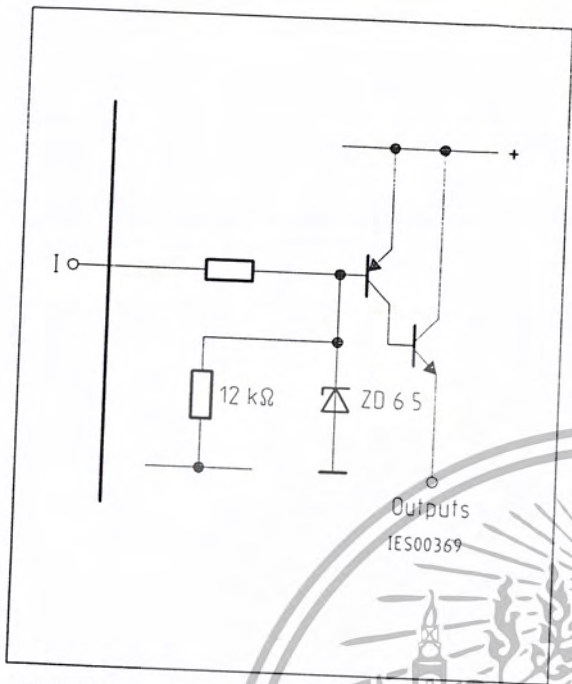
Test Circuit 4



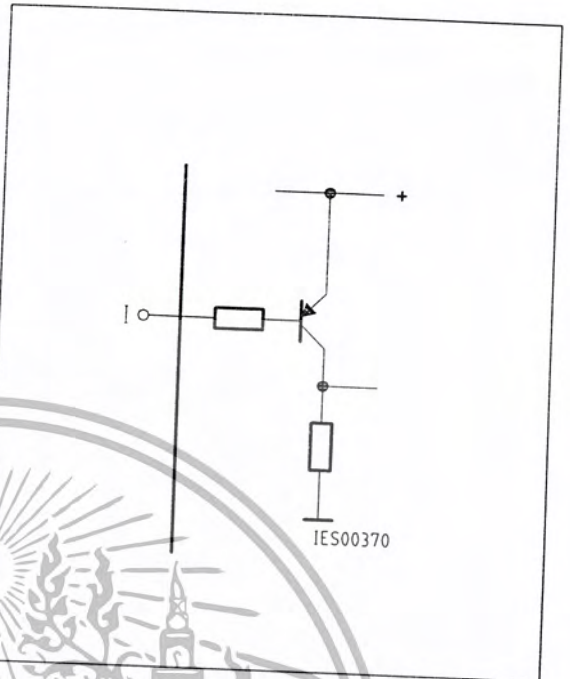
Test Circuit 5



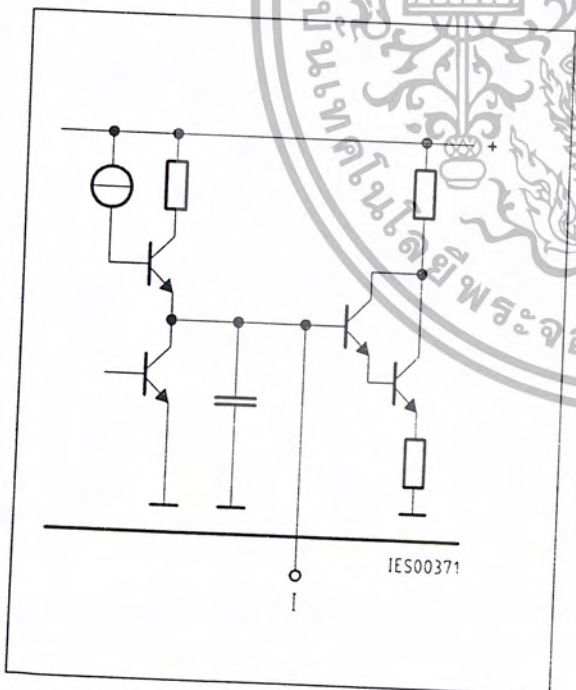
Test Circuit 6



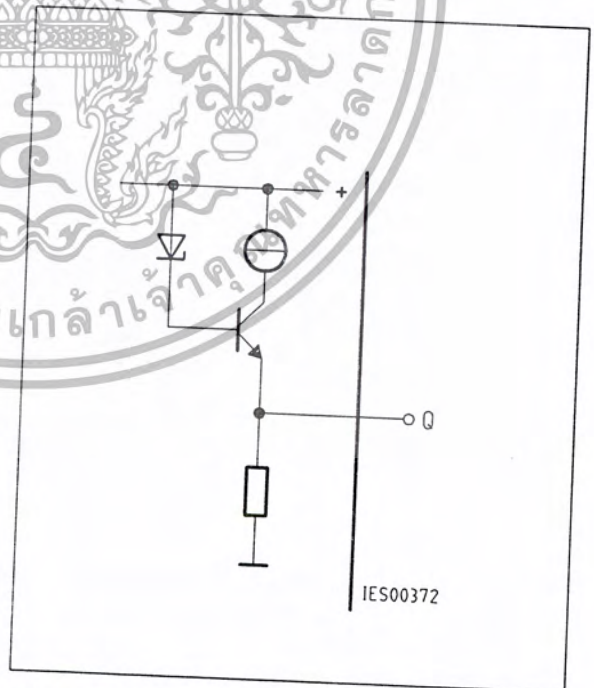
Inhibit 6



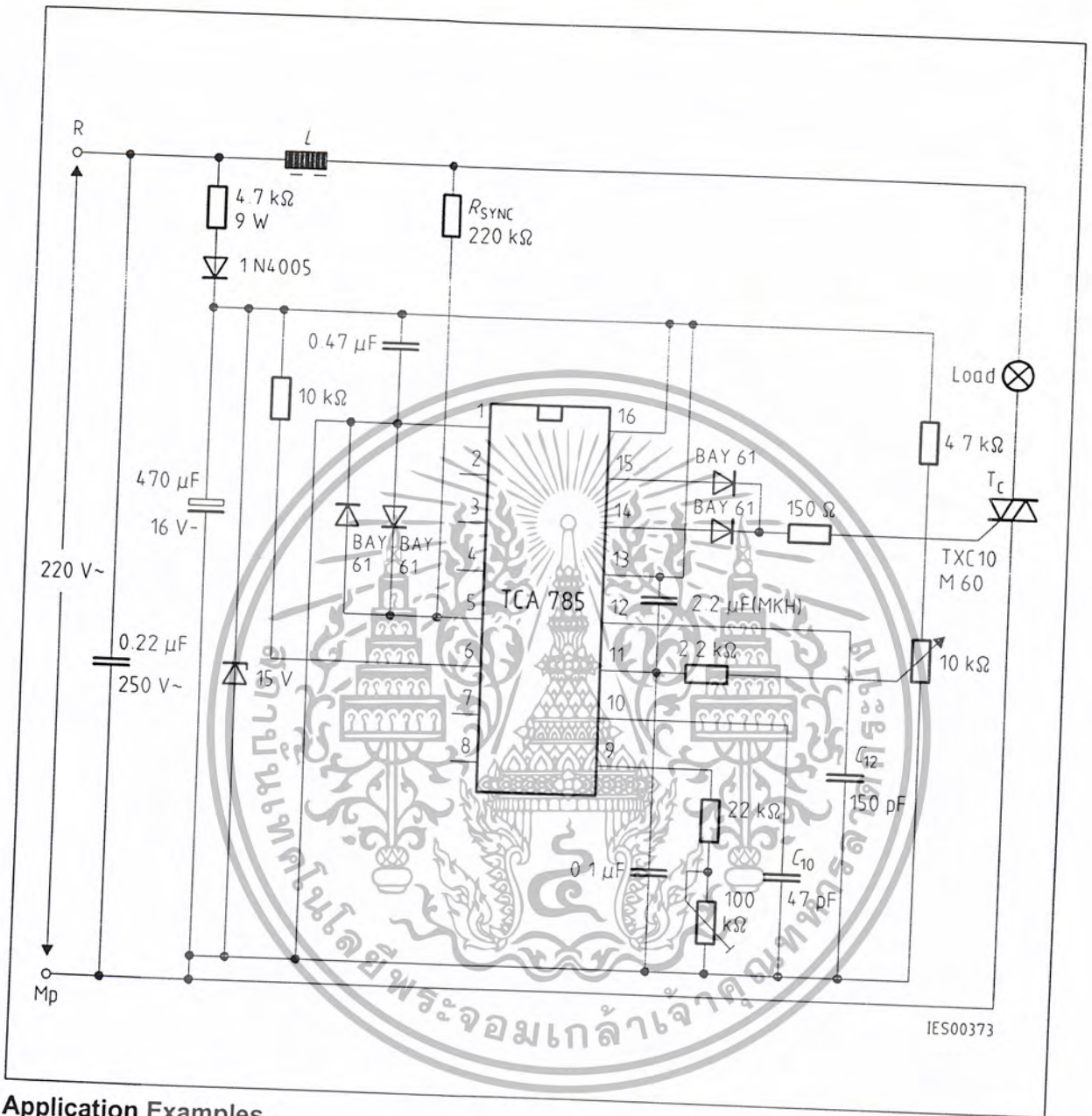
Long Pulse 13



Pulse Extension 12

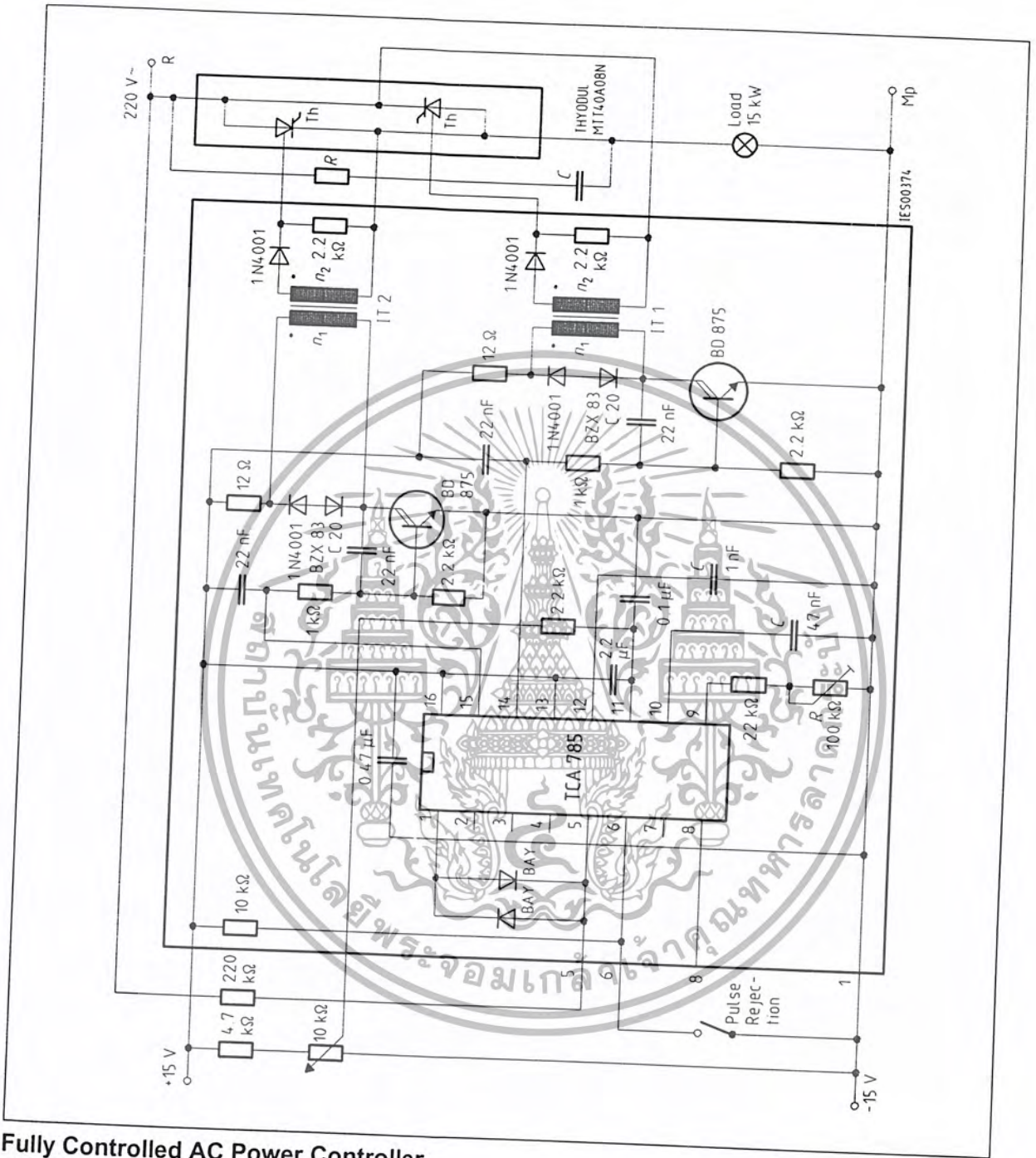


Reference Voltage 8



Application Examples
Triac Control for up to 50 mA Gate Trigger Current

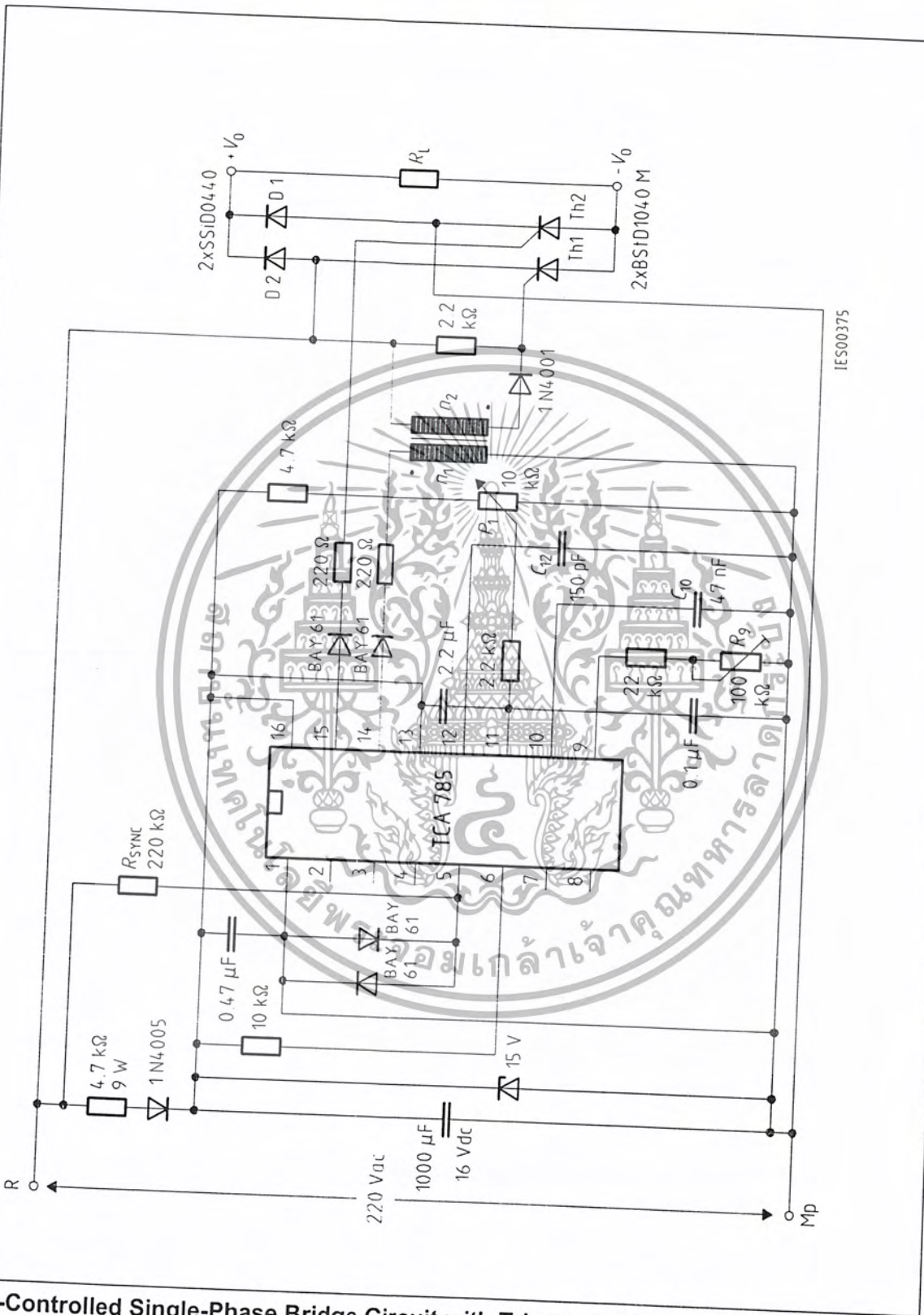
A phase control with a directly controlled triac is shown in the figure. The triggering angle of the triac can be adjusted continuously between 0° and 180° with the aid of an external potentiometer. During the positive half-wave of the line voltage, the triac receives a positive gate pulse from the IC output pin 15. During the negative half-wave, it also receives a positive trigger pulse from pin 14. The trigger pulse width is approx. 100 μs.



**Fully Controlled AC Power Controller
Circuit for Two High-Power Thyristors**

Shown is the possibility to trigger two antiparalleled thyristors with one IC TCA 785. The trigger pulse can be shifted continuously within a phase angle between 0° and 180° by means of a potentiometer. During the negative line half-wave the trigger pulse of pin 14 is fed to the relevant thyristor via a trigger pulse transformer. During the positive line half-wave, the gate of the second thyristor is triggered by a trigger pulse transformer at pin 15.

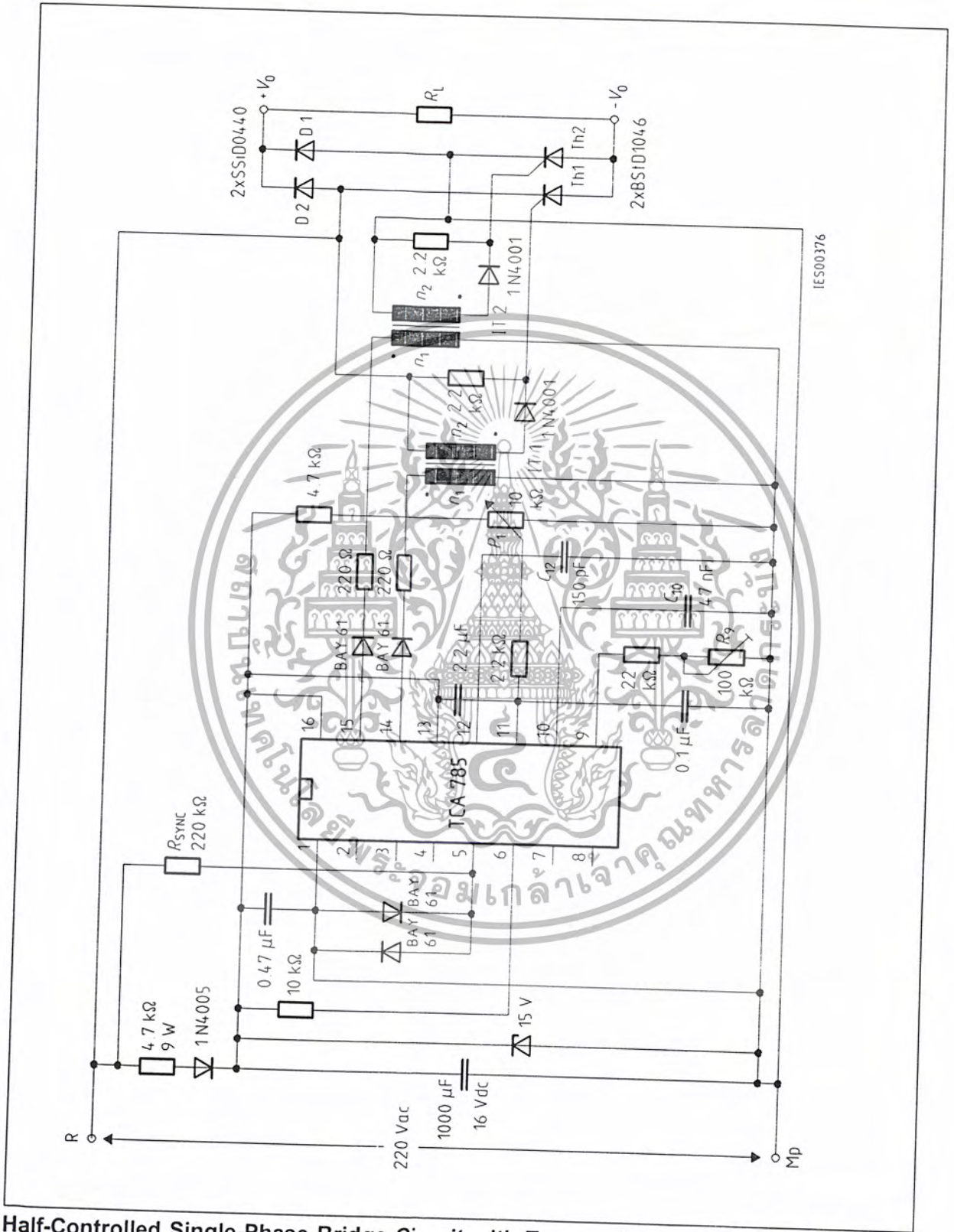
Semiconductor Group



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Trigger Pulse Transformer and Direct Control for Low-Power Thyristors

Semiconductor Group

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Two Trigger Pulse Transformers for Low-Power Thyristors