สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ

AUTOMATIC LIGHT CONTROL SYSTEM

T050233

นายเท็น กันทะวัง
นายผดุงศักดิ์ ศิลา
นายศรัณยวัฒน์ สังข์แก้ว
นายอนันทพร เฉิดฉาย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50233
วัน,เดือน,ปี 28 พ.ย. 2547

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC LIGHT CONTROL SYSTEM

THEN KANTHAWANG

PADUNGSAK SILA

SARANYAWAT SUNGKAEW

ANANTAPORN CHERDCHAY

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

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ

AUTOMATIC LIGHT CONTROL SYSTEM

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายเท็น	กันทะวัง	**รหัสประจำตัว**	43015565
	นายผดุงศักดิ์	ศิลา	**รหัสประจำตัว**	43015573
	นายศรัณยวัฒน์	สังข์แก้ว	**รหัสประจำตัว**	43015589
	นายอนันทพร	เฉิดฉาย	**รหัสประจำตัว**	43015598

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2545

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผศ.วิศรุต ศรีรัตนะ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2545

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ

AUTOMATIC LIGHT CONTROL SYSTEM

นักศึกษาผู้จัดทำ นายเท็น กันทะวัง

นายผดุงศักดิ์ ศิลา

นายศรัณยวัฒน์ สังข์แก้ว

นายอนันทพร เฉิดฉาย

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วิศรุต ศรีรัตนะ

ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึง การนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมความสว่างในอาคารเปิดโดยจัดให้เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ และเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บเป็นฐานข้อมูล ฐานข้อมูลสามารถใช้ในการคำนวณการใช้พลังงานทั้งหมด เพื่อวางแผนในการใช้พลังงานอย่างประหยัดในอนาคตข้างหน้า

ในการควบคุมและแสดงผลจะอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นโฮสติดต่อสื่อสารกับคอนโทรลเลอร์และชุดควบคุมแบบอนุกรม RS 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Light Control System	
Authors	Mr.Then	Kantawang
	Mr.Padungsak	Sila
	Mr.Saranyawat	Sungkaew
	Mr.Anantaporn	Cherdchay
Thesis Advisor	Asst.Prof Witsarut	Sriratana
Year	2002	

ABSTRACT

The thesis is about applying the microcontroller for automatic controlling the building transparency by linking to the computer for keeping the database.

The computer is used to be the host to contact with the controller and serial port RS 232.

This database is able to be calculated any power using for saving the power in the next future .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับการช่วยจากหลาย ๆ ฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นท่านอาจารย์ ตลอดจนเพื่อนนักศึกษาที่คอยให้กำลังใจและการช่วยเหลือในหลาย ๆ เรื่อง ขอขอบพระคุณท่าน ผศ.วิศรุต ศรีรัตนะ ที่ให้ความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับการสร้างชุดควบคุมแสงสว่างโดยอัตโนมัติอย่างมากมาย ผศ.ไสว พงศ์สวัสดิ์ สำหรับการแนะนำเกี่ยวกับชุดวงจร PULSE-WIDTH MODULATION (PWM)

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตลอดจนขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนเสมอมา และอีกหลาย ๆ ท่านที่ได้ให้การสนับสนุนและมิได้เอ่ยถึง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VII

สารบัญตาราง IX

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2

บทที่ 2 หลักการเบื้องต้นของการควบคุมกระบวนการและการคำนวณ **3**

2.1 ระบบควบคุมแบบปิด 3

2.2 ชนิดของระบบควบคุม 3

2.2.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติ 3

2.2.2 ระบบการควบคุมแบบสัดส่วน 4

2.2.3 ระบบการควบคุมแบบร่วมกัน 4

2.3 การประมวลผลทางคณิตศาสตร์ 5

2.4 ADS 7841 6

2.5 ไอซี DAC แบบอนุกรม (LTC 1661) 11

บทที่ 3 หลักการทำงานของระบบ **16**

3.1 เซลล์การนำพลังงานแสง 16

3.2 บัลลาสต์ 17

3.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18

3.3.1 คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยสังเขป 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.2 การศึกษาและการวิเคราะห์วงจรบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18
3.3.3 หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป 19
3.4 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 21
3.4.1 นิยามและศัพท์ของแสง 21
3.4.2 สัมประสิทธิ์ของการใช้งาน (CU) 21
3.4.3 ค่าองค์ประกอบของการบำรุงรักษา 22
3.4.4 อัตราส่วนของระยะห่างระหว่างดวงโคม กับความสูงของดวงโคม 23
3.4.5 แหล่งกำเนิดแสง 23
3.4.6 สูตรพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ 24
3.4.7 การคำนวณโดยวิธีโซนอลคาวิตี้ 24
3.5 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร 25
3.5.1 Zonal Cavity Method 25
3.5.2 อัตราส่วนโพรง 28
3.5.3 ประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรง 28
3.5.4 สัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ 31
3.5.5 การปรับค่า CU ให้ถูกต้อง 32
3.5.6 การหาค่าเสื่อมราคาของหลอดไฟ 33
3.5.7 การหาค่าเสื่อมราคาจากความสกปรกของดวงโคม 33
3.5.8 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคม 35
3.5.9 การจัดวางตำแหน่งดวงโคมบริเวณใกล้กับผนัง 37
3.5.10 การคำนวณแบบจุดต่อจุด 38
3.5.11 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในสำนักงาน 39
3.5.12 การจัดวางดวงโคม 41
3.5.13 การออกแบบระบบแสงสว่างในสำนักงาน 44
3.5.14 ระบบแสงสว่างสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม 47
3.5.15 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.16 การพิจารณาระบบแสงสว่างในเชิงปริมาณ 48

3.5.17 การพิจารณาระบบแสงสว่างในเชิงคุณภาพ 48

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 53

4.1 ชุดSENSOR 53

4.2 ชุดDRIVER 57

4.3 ชุดฐานข้อมูล 59

บรรณานุกรม 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงระบบควบคุมแบบลูปปิด	3
2.2 แสดงบล็อกไดอะแกรม	4
2.3 แสดงโครงสร้างการทำงานของ ADS 7841	7
2.4 แสดงไดอะแกรมของวงจรสลับสัญญาณอินพุทของ ADS 7841	7
2.5 แสดงไดอะแกรมของ 24 clock ต่อการแปลงกลับ	8
2.6 แสดง Timing Diagram ของ 16 clock per conversion	9
2.7 แสดงอัตรากลับสูงสุดในการกำหนดสัญญาณนาฬิกาให้กับ ADS 7841	9
2.8 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของ ADS 7841	10
2.9 แสดงโครงสร้างของ ADS 7841	10
2.10 แสดงขั้วต่อของ ADS 7841	10
2.11 แสดงโครงสร้างภายในของ LTC 1661	11
2.12 แสดงตำแหน่งขาสัญญาณของ LTC 1661	11
2.13 แสดง Timing Diagram ของความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ CS,CSK และ DIN	13
2.14 แสดงให้เห็นถึงขั้นต่อใช้งานของ LTC 1661	15
3.1 แสดง BLOCK การทำงานของระบบ	16
3.2 แสดงชนิดอุ่นไส้หลอด	19
3.3 แสดงชนิดติดทันที	20
3.4 แสดงชนิดติดเร็ว	20
3.5 การแบ่งห้องออกเป็นส่วน ๆ	27
3.6 %ค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงเพดานและโพรงใต้พื้นงาน	30
3.7 รูปตารางแสดงค่าตารางสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์	32
3.8 การปรับค่า CU	33
3.9 การหาค่า LDD	34
3.10 การเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของระดับความสว่าง	36
3.11 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคม	37
3.12 การหาค่าระดับความสว่าง	38
3.13 มุมแสง	39
3.14 ตัวอย่างจากตารางแสดงค่าระดับความสว่างที่เหมาะสมของ IES	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.15 ลักษณะการจัดวางดวงโคมแบบสมมาตร	42
3.16 การจัดวางดวงโคมทำให้มีความรู้สึกว่าห้องกว้างขึ้นหรือยาวขึ้นก็ได้	43
3.17 ลักษณะของการจัดวางดวงโคมในสำนักงานทั่วไป	44
3.18 ลักษณะการจัดวางดวงโคมในห้องทำงานส่วนตัว	45
3.19 ลักษณะการจัดวางดวงโคมในบริเวณทางเดิน	46
3.20 อัตราส่วน	50
3.21 มุมกำบัง	52
3.22 การติดตั้งดวงโคมเฉพาะบริเวณ	52
4.1 แสดงชุดเซ็นเซอร์กระแส	53
4.2 แสดงวงจร PWM	55
4.3 แสดงการปรับระดับแรงดันที่ออกจาก OP-AMP ด้วย PWM	56
4.4 แสดงชุด DRIVER	57
ภาพชุดฐานข้อมูล	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงการควบคุมบิท 8

2.2 แสดงหน้าที่ของ control code สำหรับส่วน DAC 14

3.1 การจัดวางตำแหน่งดวงโคม 37

3.2 ค่าความสะท้อนแสงที่เหมาะสม 41

3.3 ปริมาณแสงสว่างขั้นต่ำที่ต้องการสำหรับงานอุตสาหกรรมลักษณะต่าง ๆ 49

3.4 อัตราส่วนความจ้าสูงสุดที่ควรจะเป็น 50

3.5 ค่าความสามารถในการสะท้อนแสงสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม 51

4.1 แสดงผลการทดลองชุดเซ็นเซอร์กระแส 54

4.2 แสดงค่าการปรับระดับแรงดันจาก OP-AMP ด้วย PWM 56

4.3 แสดงผลการทดลองชุด DRIVER 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจ

เราทุกคนรู้จักและคุ้นเคยกับแสงเป็นอย่างดี และรู้ว่าแสงช่วยให้เกิดการเห็นช่วยให้เราสามารถบอกรูปร่าง ขนาด ตลอดจนสีสันของสิ่งต่างๆแสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งเช่นเดียวกับพลังงานอื่นๆ ที่มนุษย์นำมาใช้งาน ในปัจจุบันโลกของเราได้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีต่างๆมากมาย ทำให้มีความเจริญในทางด้านของเศรษฐกิจและอื่นๆ อีกมากมาย และได้มีการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติขึ้นมาใช้งานอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็น น้ำมัน แร่ธาตุ น้ำ ไฟฟ้า และอื่นๆ ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่สำคัญและเป็นพลังงานที่มนุษย์ใช้กันอย่างสิ้นเปลืองมากที่สุดหรือบางครั้งใช้เกินความจำเป็นเช่นติดหลอดไฟมากเกินความเหมาะสมภายในห้องที่ใช้งานน้อยเพราะจะเกิดการสิ้นเปลือง พลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์หรือแสงสว่างจากภายนอกที่เข้ามาในห้องมีค่าความเข้มของแสงมากแล้วและแสงสว่างภายในห้องก็ยังมีสูงอีกก็จะทำให้แสงสว่างภายในห้องมีค่ามากเกินความจำเป็นก็จะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ในโครงงานนี้ส่วนหลักก็คือการควบคุมแสงสว่างภายในห้องแบบอัตโนมัติ โดยคำนึงถึงแสงสว่างจากภายนอกห้องที่เข้ามาภายในห้องซึ่งจะปรับให้มีความเหมาะสมกันพื้นที่ห้องในแต่ละขนาดและพื้นที่การใช้งาน โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สร้างชุดตรวจจับความเข้มของแสงสว่างภายนอกอาคาร และนำเอาแสงสว่างที่ตรวจจับได้นั้นมาทำการควบคุมแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้มีความสว่างเหมาะสม

1.2.2เพื่อสร้างชุดควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริงโดยคำนึงถึงความมีประสิทธิภาพของระบบ ความประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายที่ได้รับ

1.2.3 เพื่อศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารแบบ RS 232

1.2.4 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของ A/D และ D/A

1.2.5 เพื่อศึกษาการทำงานในการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.6 เพื่อศึกษาโปรแกรม VISUAL BASIC เพื่อที่จะนำมาใช้ในการเก็บเป็นฐานข้อมูลของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ในส่วนหลักคือการออกแบบควบคุมแสงสว่างภายในห้องให้เหมาะสมตามค่ามาตรฐานของ IES ให้มีค่าความสว่างเหมาะสมกับการใช้งานภายในห้อง และในแต่ละพื้นที่การใช้งานที่ทำการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ สร้างระบบฐานข้อมูลจากโปรแกรม VISUAL BASIC เป็นการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้า ออกแบบชุด SENSOR เพื่อรับค่าความเข้มของแสงสว่างภายนอกห้องเข้ามาทำการหาค่าเฉลี่ย และส่งเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการควบคุมต่อไป โดยความสว่างของหลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์จะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บฐาน ข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงงานในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีขั้นตอนการศึกษา เริ่มจากการศึกษาการทำงานของตัว LDR หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัว LDR การนำเอา LDR มาต่อใช้งานเป็นชุดเซนเซอร์ การทำงานของตัวควบคุมแบบ PID และกริยาควบคุมแบบต่าง ๆ ของตัวควบคุม เช่น กริยาการควบคุมแบบ Proportional (P) กริยาการควบคุมแบบ Proportional Integral (PI) การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A การเก็บค่าต่างๆมาเป็นฐานข้อมูลด้วย Visual Basic โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อเก็บข้อมูล ศึกษาการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS 232 ศึกษาการทำงานของชุด DC บัลลาสต์ในการทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์สว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการเบื้องต้นของการควบคุมกระบวนการและการคำนวณ

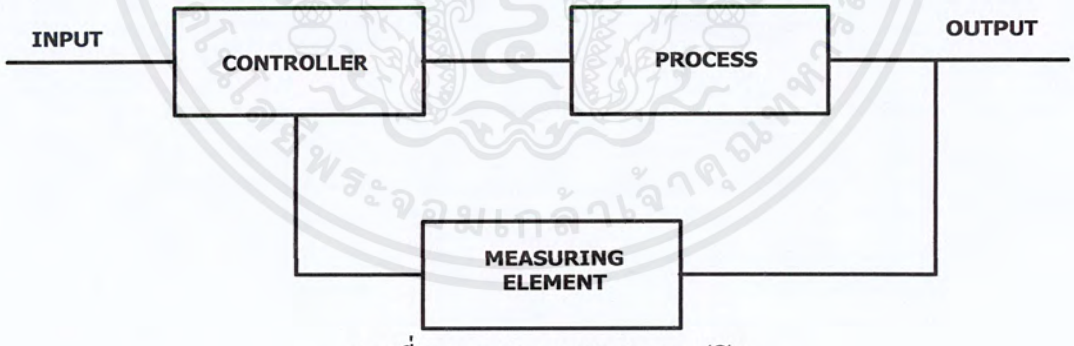
ในระบบควบคุมที่มีอยู่เราสามารถที่จะแบ่งแยกระบบควบคุมนั้น ๆ ออกตามคุณลักษณะของการทำงาน ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วเราสามารถจะจำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ระบบควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control System)
2. ระบบควบคุมแบบปิด (Close Loop Control System)

จากสภาพการควบคุมในปัจจุบัน ส่วนมากแล้วจะมีการควบคุมเป็นแบบ ระบบควบคุม-แบบปิด ซึ่งจะมีรายละเอียดของการควบคุมและส่วนประกอบต่าง ๆ ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

2.1 ระบบควบคุมแบบปิด (Close Loop Control System)

ระบบควบคุมแบบนี้ เป็นระบบควบคุมที่นำเอาสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากขบวนการนี้มาทำการป้อนกลับ (Feedback Output) มาเปรียบเทียบกลับสัญญาณอินพุทที่ต้องการ ซึ่งจะได้สัญญาณความคลาดเลื่อน (Actuating Error Signal) โดยเป็นสัญญาณความแตกต่างระหว่างสัญญาณ อินพุทและสัญญาณป้อนกลับและจะถูกป้อนให้กับหน่วยควบคุมอีกครั้งเพื่อที่จะเป็นการลดค่าความคลาดเคลื่อนให้น้อยลง ซึ่งจะมีระบบการควบคุมดังรูป



ภาพที่ 2.1 ระบบควบคุมแบบลูปปิด

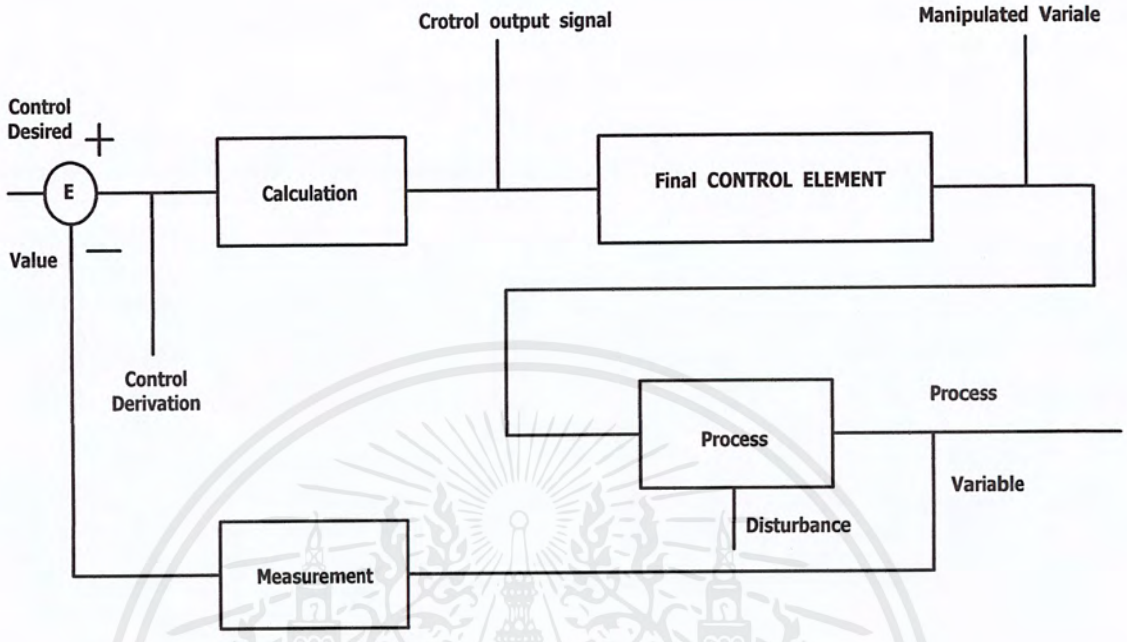
2.2 ชนิดของระบบควบคุม

2.2.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

จะเป็นระบบที่มีการใช้ตัวควบคุมซึ่งจะทำหน้าที่เปรียบเทียบตัดสินใจและปรับเปลี่ยนแทนมนุษย์นั่นเอง การทำงานของระบบอัตโนมัติเป็นการนำค่าเป้าหมายกับค่าของการตรวจวัดในกระบวนการเข้ามาทำการคำนวณหาค่าที่เหมาะสม เพื่อส่งเป็นสัญญาณควบคุมออกไปควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการ ให้มีค่าของการควบคุมเท่ากับค่าเป้าหมายอยู่ตลอดเวลา แบบของการควบคุมมีอยู่ด้วยกันหลายแบบเช่น ON-OFF



ภาพที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมอัตโนมัติ

2.2.2 ระบบควบคุมแบบสัดส่วน (Ratio control)

เป็นการควบคุมให้ตัวแปรโปรเซสสองค่ารักษาอัตราส่วนของกันและกันให้คงที่อยู่เสมอ มักจะพบในการควบคุมอัตราการไหลของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบเผาไหม้ต่างๆ และการควบคุมการผสมของเหลวสองชนิด

2.2.3 ระบบการควบคุมแบบร่วมกัน (Cascade Control)

Cascade Control เป็นการควบคุมชนิด Combine Control ชนิดหนึ่งนิยมใช้กันมากในการควบคุมโปรเซส การควบคุมแบบ Cascade Control นี้จะมีลูปการควบคุมอยู่ 2 ลูป ซึ่งใน 2 ลูปนี้จะมีตัวควบคุมคือ Master Controller และ Slave Controller สัญญาณออกของ Master-Controller จะเป็นค่าเป้าหมายของ Slave Controller Cascade Control นี้จะนำไปใช้ได้ดีในโปรเซสที่มี Disturbance โดยมี Dead Time มาก นอกจากนั้นในกรณีที่ต้องการรักษาความสัมพันธ์ของตัวแปรโปรเซสสองตัวให้คงที่จะเหมาะสมที่สุดดังรูปที่ 2.2 จะเป็นตัวอย่าง Cascade-Control ของการควบคุมอุณหภูมิในเตา ลูปการควบคุมอุณหภูมิจะเป็นแบบ Master และ ลูปการควบคุมการไหลจะเป็นแบบ Slave สัญญาณออกของตัวควบคุมอุณหภูมิจะส่งไปเป็นค่าเป้าหมายของตัวควบคุมการไหล ลูปการควบคุมการไหลจะมีการควบคุมให้การไหลของก๊าซเป็นไปตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณจากตัวควบคุมอุณหภูมิเสมอ แม้ว่าความดันในท่อก๊าซมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตาม จะไม่มีผลต่ออุณหภูมิในเตาเลย การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของความดันในท่อก๊าซนับก็ว่าเป็นการ Disturbance อย่างหนึ่ง ถ้าเราใช้ระบบการควบคุมแบบธรรมดาซึ่งสัญญาณออกของตัวควบคุมอุณหภูมิ จะส่งมาควบคุมการเปิดของ Valve โดยตรงแล้ว Disturbance จะทำให้อุณหภูมิในเตาไม่คงที่หรือเท่ากับค่าเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้

ความสัมพันธ์ ของผลต่างกับสัญญาณควบคุมขาออก กำหนดโดย ภาคคำนวณ ซึ่งความสัมพันธ์นี้เรียกว่า Control Action สามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

On-Off action

Proportional action (P-control)

Integral or Reset action (I-control)

Derivative action (D-control)

2.3 การประมวลผลทางคณิตศาสตร์

การคำนวณแบบโฟลติ้งพ้อยท์ (Floating point)

ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของไมโครโปรเซสเซอร์ใด ๆ ก็ตามมันสามารถที่จะคำนวณตัวเลขภายในตัวมันได้ จากทางแอคคูมิเลเตอร์ (Acc) โดยตัวเลขที่มันจะคำนวณได้ถูกต้องจะอยู่ในค่าของตัวเลข 8 บิท คือในค่าระหว่าง 0 ถึง 255 หรือในระหว่างค่า -128 ถึง 127 ซึ่งตัวเลขของการคำนวณจะมีค่าที่ค่อนข้างจำกัดคือไม่สามารถที่จะคำนวณค่าในลักษณะทศนิยม หรือค่าที่มีเป็นบวกหรือเป็นลบมากๆ ได้แต่โดยทั่วไปในงานที่มีการคำนวณประมวลผลทางคณิตศาสตร์ ผลของการคำนวณ และตัวเลขที่มีการใช้ในการคำนวณมักจะเป็นตัวเลขที่มีค่าทศนิยม หรือมีค่าเป็นบวกหรือเป็นลบมาก ๆ

ฉะนั้นเราจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการประยุกต์การคำนวณของตัวไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อที่จะให้มันมีความสามารถนำไปประมวลผลทางคณิตศาสตร์กับงานทั่ว ๆ ไป โดยเราจะใช้ข้อมูลขนาด 3 ไบท์แทนค่าของข้อมูล 1 ชุด โดยที่สองไบท์แรกแทนค่าของตัวข้อมูลและไบท์ที่สามแทนเครื่องหมายของข้อมูล และเครื่องหมายของกำลังและบอกถึงว่าข้อมูลมีค่ายกกำลังของสองอยู่เท่าไร ซึ่งเราสามารถที่จะแสดงได้ดังรูป

ภาพแสดงลักษณะของโฟลติ้งพอยท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

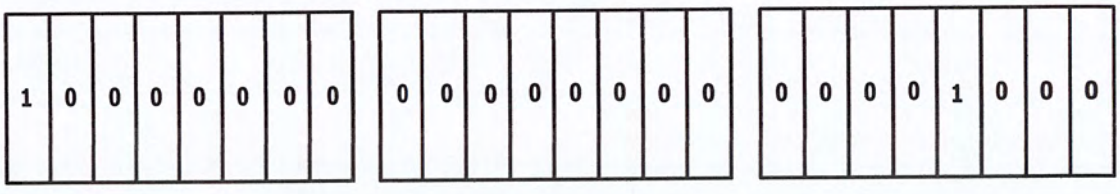
บิทที่ 7 ของไบท์ 3 จะแสดงเครื่องหมายของข้อมูล

บิทที่ 6 ของไบท์ 3 จะแสดงเครื่องหมายของค่าเลขยกกำลัง

บิทที่ 0 ถึงบิทที่ 5 ของไบท์ 3 จะแสดงค่ายกกำลังของสอง

ไบท์ที่ 1 และไบท์ที่ 2 จะเป็นไบท์ข้อมูลหลังจุดทศนิยม

ตัวอย่าง



จะมีค่าเท่ากับ $0.5*2^{a}$ ซึ่งเท่ากับ 128

ตัวอย่าง

จะมีค่าเท่ากับ $-(0.5*2^{35})$ ซึ่งเท่ากับ -2147483647.00

ในการบวกลบและการคูณในแบบโฟดดิ้งพอยน์ เราจะต้องคำนึงถึงมาตรฐานรูปแบบของมันและวิธีการคำนวณโดยตัวไมโครโปรเซสเซอร์เป็นไปตามลักษณะของการโปรแกรม

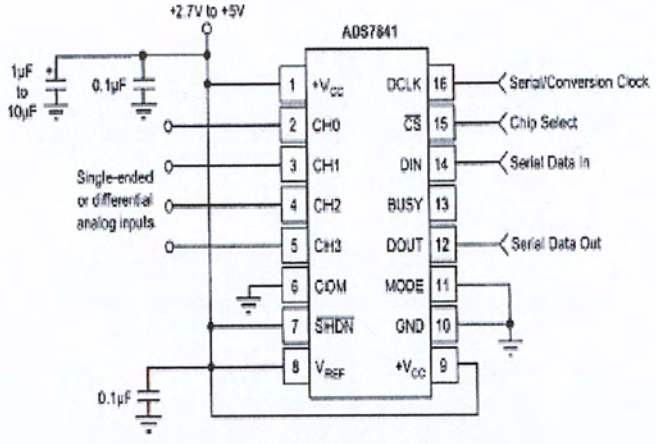
2.4 ADS7841

ทฤษฎีของการทำงาน

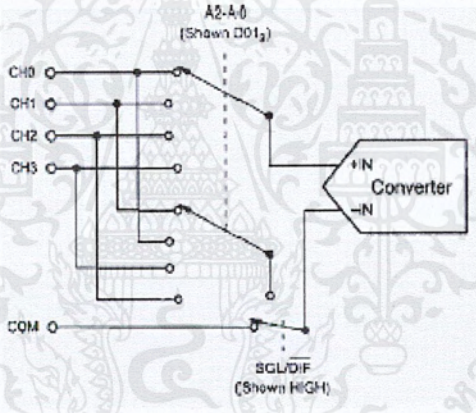
ADS7841 เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC) โดยใช้วิธีการ Successive Approximation (SAR) โดยโครงสร้างอยู่บนพื้นฐานของ Capacitive Redistribution ซึ่งได้รวมวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sampling/Hold) ไว้ภายใน

โครงสร้างการทำงานแสดงดังภาพที่ 2.3 โดย ADS7841 ต้องการแรงดันอ้างอิงและสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้ามา สามารถทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟเพียงแหล่งเดียวในช่วงแรงดันระหว่าง 2.7V – 5.25V โดนแรงดันอ้างอิงที่จะต่อภายนอกจะอยู่ในช่วง 100 mV ถึง +Vcc โดยค่าของแรงดันอ้างอิงจะเป็นตัวกำหนดช่วงของแรงดันอินพุตของ ADS7841 ค่ากระแสเฉลี่ยของค่าแรงดันอ้างอิงขึ้นอยู่กับอัตราการแปลงสัญญาณของ ADS7841

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างการทำงานของ ADS7841



ภาพที่ 2.4 แสดงไดอะแกรมของวงจรสลับสัญญาณอินพุตของ ADS7841

แรงดันอ้างอิง (REFERENCE INPUT)

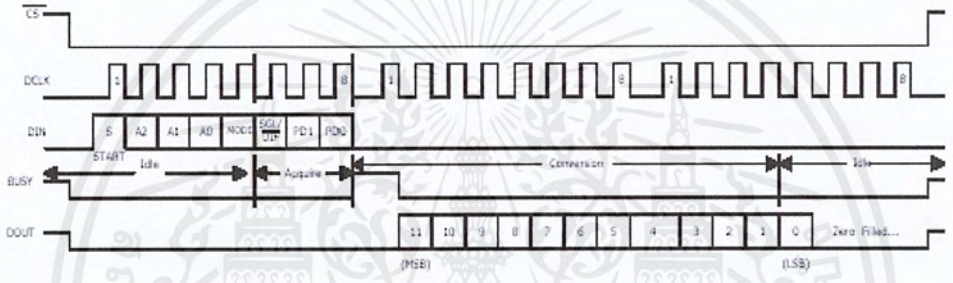
แรงดันอ้างอิงที่ป้อนให้กับ ADS7841จะเป็นตัวกำหนดระดับแรงดันอินพุตสูงสุดทั้ง 4 ช่องสัญญาณ โดยระดับแรงดันอินพุตสามารถกำหนดได้อยู่ในช่วง 100 mV ถึง +Vcc สัญญาณอินพุตคือระดับความแตกต่างของแรงดันที่ขา + IN และ - IN ดังแสดงในภาพที่ 2.4 ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ ADC ทำงานในโหมด Single-Ended โดยกำหนดให้แรงดันอ้างอิงอยู่ที่ 1.2V และขาสัญญาณ COM ของ ADC ถูกต่อลงกราวด์ ดังนั้นสัญญาณอินพุต (CHO-CH3) จะสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกแปลงเป็นดิจิตอลได้เฉพาะแรงดันในช่วง 0V ถึง 1.25V แต่ถ้าสัญญาณ COM ถูกป้อนด้วยแรงดัน 0.5V จะทำให้แรงดันอินพุตของแต่ละช่องสัญญาณอยู่ในช่วง 0.5V ถึง 1.75

การเชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอล (DIGITAL INTERFACE)

ภาพที่ 2.5 แสดงการเชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลของ ADS7841 โดยไดอะแกรมนี้สมมุติให้ ACD เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ DSP โดยเชื่อมต่อแบบอนุกรม แต่การสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ ADC จะต้องใช้สัญญาณนาฬิกา 8 คาบ โดยที่การแปลงสัญญาณ 1 ครั้ง จะต้องใช้ 3 การสื่อสาร ดังนั้นหมายความว่าต้องใช้สัญญาณนาฬิกา 24 คาบให้กับขาสัญญาณ DCLK



ภาพที่ 2.5 ไดอะแกรมแสดง 24 Clock ต่อการแปลงกลับ

ไบต์ควบคุม (Control Byte)

ตารางด้านล่าง แสดงการควบคุมบิท โดยบิทแรกคือบิท 'S' จะเป็นลอจิก 1 เพื่อแสดงถึงจุดเริ่มต้นของไบต์ควบคุม ซึ่ง ADS7841 จะไม่สนใจสัญญาณที่ขา DIN จนกระทั่งมันสามารถตรวจสอบบิทเริ่มต้นได้ และสามบิทต่อมา (A2, A1, A0) เป็นบิทที่ใช้เลือกช่องสัญญาณ

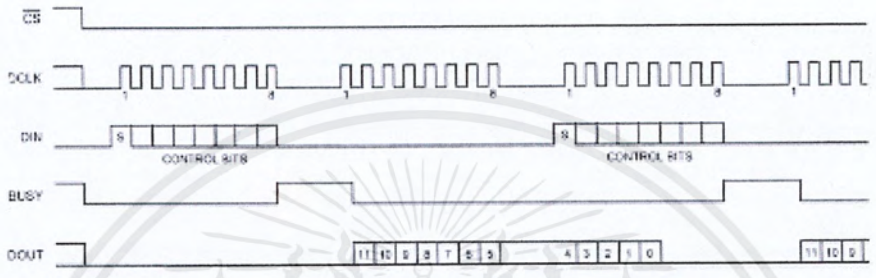
ตาราง 2.1 แสดงการควบคุมบิท

Bit 7 (MSB)	**Bit 6**	**Bit 5**	**Bit 4**	**Bit 3**	**Bit 2**	**Bit 1**	**Bit 0 (LSB)**
S	A2	A1	A0	MODE	SGL/$\overline{\text{DIF}}$	PD1	PDO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16 – Clock per Conversion

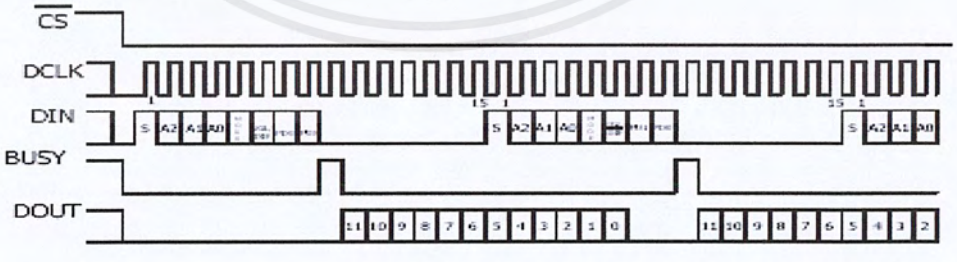
บิทควบคุมของการแปลงครั้งที่ n+1 จะซ้อนทับการแปลงครั้งที่ n เพื่อให้เกิดการแปลงสัญญาณในทุกๆ 16 คาบ ดังที่ได้แสดงในภาพที่ 2.6 ซึ่งรูปรูปนี้แสดงออกถึงความเป็นไปได้ของการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างตัวประมวลผลกับ ADC ซึ่งวิธีการนี้สามารถแปลงสัญญาณได้ภายใน 1.6 ms



ภาพที่ 2.6 Timing diagram ของ 16 Clock per Conversion

15 - Clock per Conversion

ภาพที่ 2.6 แสดงวิธีการที่เร็วที่สุดในการกำหนดสัญญาณนาฬิกาให้กับ ADS7841 ซึ่งวิธีการนี้จะไม่สามารถทำงานได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ซึ่งโดยทั่วไปไม่สามารถสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมด้วย 15-Clock ได้ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ถูกออกแบบไว้ให้ใช้งานกับ Gate Array (FPGA) หรือวงจรรวมที่ถูกสร้างขึ้นมาเฉพาะงาน (ASICs) ซึ่งวิธีการนี้จะเพิ่มอัตราการแปลงสัญญาณได้สูงสุด

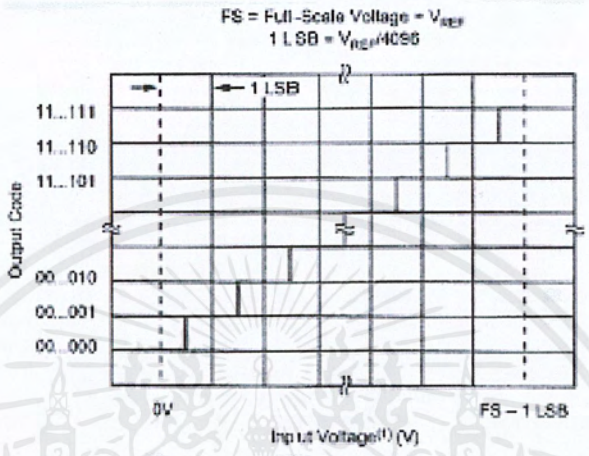


ภาพที่ 2.7 อัตราแปลงกลับสูงสุดในการกำหนดสัญญาณนาฬิกาให้กับ ADS7841

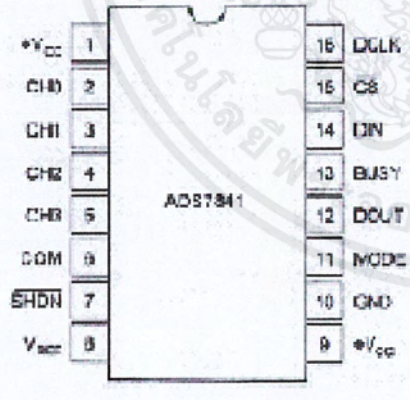
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบข้อมูล (Data Format)

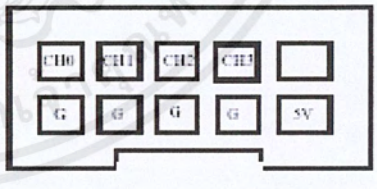
สัญญาณเอาท์พุตของ ADS7841 แบบไบนารี่แสดงในภาพที่ 2.7 ซึ่งแสดงถึงค่าของเอาท์พุตที่ได้เมื่อค่าของแรงดันที่ระดับต่างๆ โดยไม่รวมถึงผลที่เกิดจาก offset และ ความผิดพลาดจากอัตราขยาย



ภาพที่ 2.8 สัญญาณเอาท์พุตของ ADS7841



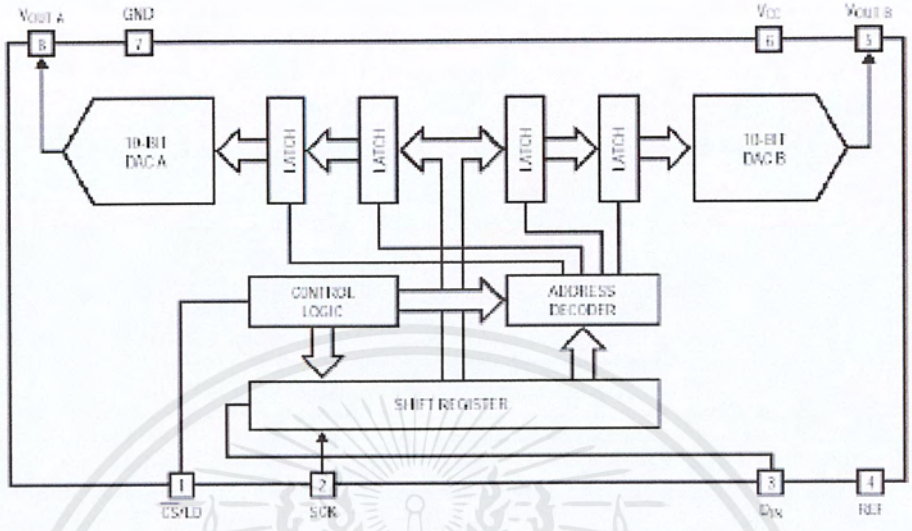
ภาพที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของ ADS7841



ภาพที่ 2.10 แสดงขั้วต่อของ ADS7841

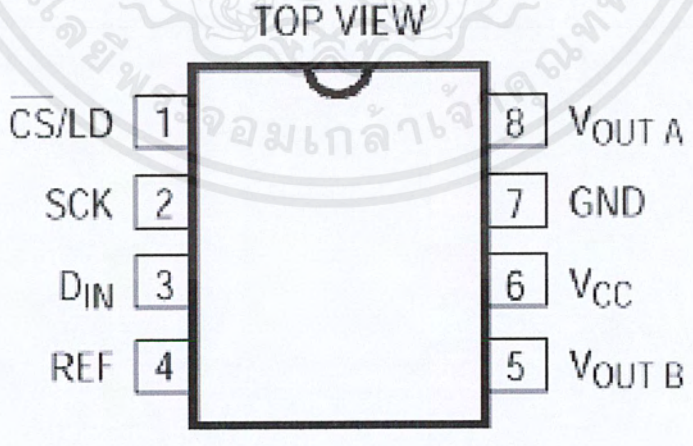
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไอซี DAC แบบอนุกรม (LTC1661)



ภาพที่ 2.11 แสดงโครงสร้างภายในของ LTC1661

ไอซี DAC เบอร์ LTC 1661 จัดเป็นไอซีจำพวก Chips Support ของบริษัท "Linear-Technology" สามารถใช้สร้างสัญญาณ Analog ซึ่งมีความละเอียดสูงถึง 10 บิต(1024 ระดับ) ได้พร้อมกัน 2 ช่องสัญญาณในเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 2.12 แสดงตำแหน่งขาสัญญาณของ LTC1661

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- CS/LD เป็นสัญญาณ Chips Select ทำงานที่สภาวะลอจิกศูนย์ ใช้สำหรับเขียนค่า "Control Word" ให้กับ DAC โดยเมื่อสัญญาณ CS นี้มีสภาวะเป็นศูนย์ DAC จะพร้อมรับข้อมูลจากขา DIN ตามการควบคุมของสัญญาณ SCK แต่เมื่อสัญญาณ CS นี้มีสภาวะเป็นลอจิกหนึ่ง DAC จะไม่สนใจสภาวะของสัญญาณ SCK และ DIN เลย

- SCK เป็นสัญญาณนาฬิกา (Clock Input) ใช้สำหรับทำหน้าที่ควบคุมการเลื่อนบิตข้อมูล (DIN) ของ "Control Word" ให้กับรีจิสเตอร์ของ DAC โดยทำงานที่ช่วงขอบขาขึ้น

- DIN เป็นสัญญาณข้อมูล (Data Input) ใช้สำหรับบอกให้ DAC รับรู้คำสั่ง โดยปกติแล้วข้อมูลที่จะส่งให้กับ DAC จะมีขนาด 16 บิต (1-Word) โดยสัญญาณข้อมูล (DIN) นี้จะถูกเลื่อนให้กับรีจิสเตอร์ของ DAC ครั้งละ 1 บิต ตามการควบคุมของสัญญาณนาฬิกา(SCK) โดยค่าของข้อมูลจะถูกเลื่อนเข้าไปยังรีจิสเตอร์ของ DAC ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา ดังนั้นจะต้องทำการจัดเตรียมสถานะของสัญญาณข้อมูล(DIN) นี้เตรียมไว้ในช่วงที่สัญญาณนาฬิกามีสภาวะเป็น "0" เท่านั้น เมื่อสัญญาณนาฬิกาเปลี่ยนสถานะจาก "0" เป็น "1" (ขอบขาขึ้น) ค่าของบิตข้อมูล(DIN) ก็จะถูกเลื่อนไปยังรีจิสเตอร์ของ DAC ตามสถานะของสัญญาณข้อมูลที่เป็นอยู่ในขณะที่สัญญาณนาฬิกาเปลี่ยนจาก "0" เป็น "1" พอดี

- REF เป็นขาสัญญาณแรงดันอ้างอิง ใช้สำหรับเปรียบเทียบการสร้างสัญญาณ Analog-Output โดยต้องกำหนดค่าของแรงดันให้ขาสัญญาณ REF นี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 V ถึง +VCC

- $V_{out\,A}$,$V_{out\,B}$ เป็นขาสัญญาณ Analog Output ของไอซี DAC โดยขนาดของสัญญาณ Output จะแปรผันกับค่าของข้อมูลดิจิตอลและแรงดันอ้างอิงที่ป้อนให้กับขา REF

- VCC เป็นขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวไอซี มีค่าระหว่าง 2.7 V <= VCC <= 5.5 V

- GND เป็นขา GND ของระบบ

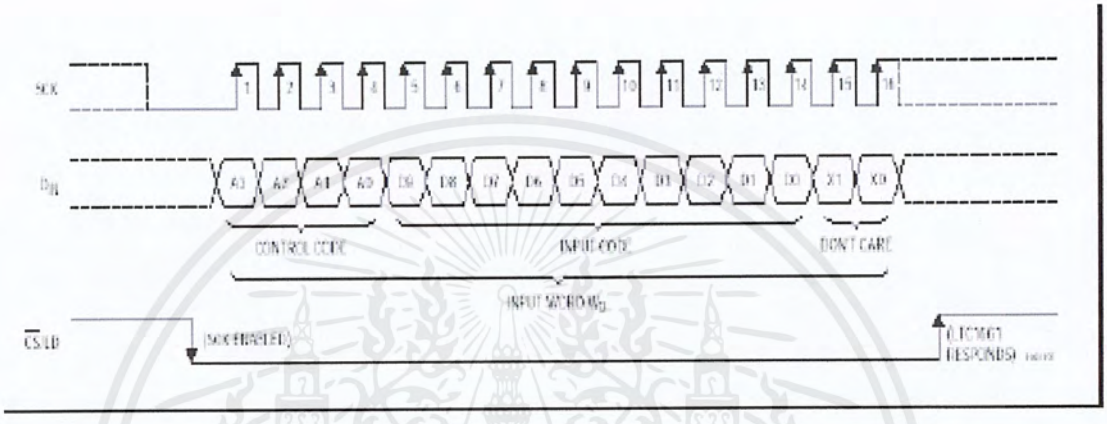
สำหรับรหัส "Control Word" ของ DAC นั้นจะมีขนาด 16 บิต ประกอบด้วยค่า "Control Code" จำนวน 4 บิต ตามด้วยค่าข้อมูล(D9..D0) จำนวน 10 บิต ส่วนที่เหลืออีก 2 บิตสุดท้ายนั้นไม่มีความหมายต่อการทำงานของ DAC อาจมีค่าเป็น "1" หรือ "0" ก็ได้ แต่จำเป็นต้องมี 2 บิต นี้ไว้ เพื่อให้จำนวนบิตข้อมูลครบ 16 บิตพอดี โดยโครงสร้างของ Control Word มีดังนี้

ตำแหน่ง	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ชื่อบิต	A3	A2	A1	A0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	X1	X0
หน้าที่	Control Code					Input Code (Data)									ไม่สนใจ	

- Control Code มีขนาด 4 บิต (A3..A0) ใช้สำหรับกำหนดหน้าที่การทำงานของ DAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Input Code มีขนาด 10 บิต (D9..D0) ใช้สำหรับกำหนดระดับของสัญญาณ Analog-Output ของ DAC มีค่าระหว่าง 000H – 3FFH (0-1023 ระดับ) โดยที่ระดับของสัญญาณ Analog-Output นั้นจะมีค่าสัมพันธ์กับ Input Code นี้คือ Vout = (Input Code / 1024) * Vref
- X1 และ X10 เป็น บิตข้อมูล จำนวน 2 บิต ซึ่งไม่มีความหมายใดๆ ต่อการทำงานของ DAC แต่ต้องกำหนดไว้เพื่อให้จำนวนบิตข้อมูลของ Control Word ครบสมบูรณ์



ภาพที่ 2.13 แสดง Timing Diagram ของความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ CS,CSK และ DIN

โดยในการส่ง “Control Word” ให้กับ DAC นั้นจะต้องเริ่มต้นด้วยการจัดเตรียมสัญญาณ CS ให้มีค่าเป็น “1” ส่วน SCK ให้มีค่าเป็น “0” รอไว้ก่อน จากนั้นจึงกำหนดให้ CS มีค่าเป็น “0” เพื่อเริ่มต้นการส่งข้อมูลให้กับ DAC แล้วจึงกำหนดค่าสถานะของ DIN ด้วยค่า Control Word บิตนัยสำคัญสูงสุด (A3) ก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนสถานะของ SCK จาก “0” เป็น “1” เพื่อเลื่อนบิตข้อมูลจาก DIN (A3) ให้กับ DAC แล้วจึงทำการเปลี่ยนสถานะของ SCK จาก “1” เป็น “0” เพื่อทำการจัดเตรียมบิตข้อมูลถัดไป (A2) ให้กับขา DIN โดยจะวนทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนครบ 16 บิต แล้วจึงทำให้ CS กลับมามีค่าเป็น “1” เพื่อการสิ้นสุดการส่ง Control-Word ให้กับ DAC ซึ่งจะเห็นได้ว่าเราต้องทำการเปลี่ยนแปลงสถานะของบิตข้อมูลให้กับ DIN ในช่วงที่สัญญาณ SCK มีค่าเป็น “0” และ ทำการเลื่อนบิตข้อมูลให้กับ DAC ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณ SCK (“0” เป็น “1”)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง2.2 แสดงหน้าที่ของ Control Code สำหรับสั่งงาน DAC

Control Code	**Input** Register **Status**	**DAC Register Status**	Power Down **Status**	**รายละเอียดการทำงานพอสังเขป (Comment)**
0-0-0-0	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยนแปลงการทำงานใดๆ ของ DAC
0-0-0-1	Load DAC-A	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	โหลดค่า Data (D0..D9) ให้รีจิสเตอร์ DAC-A
0-0-1-0	Load DAC-B	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	โหลดค่า Data (D0..D9) ให้รีจิสเตอร์ DAC-A
0-0-1-1		สงวนไว้		-
0-1-0-0		สงวนไว้		-
0-1-0-1		สงวนไว้		-
0-1-1-0		สงวนไว้		-
0-1-1-1		สงวนไว้		-
1-0-0-0	ไม่เปลี่ยน	สร้างสัญญาณ (Update Output)	เริ่มทำงาน (Wake)	DAC ออกจาก Sleep Mode และสร้าง $V_{out\text{-}A,B}$ ด้วยค่าเดิมในรีจิสเตอร์ DAC-A,B
1-0-0-1	Load DAC-A	สร้างสัญญาณ Output Analog	เริ่มทำงาน (Wake)	DAC ออกจาก Sleep โหลดค่า Data ให้ DAC-A สร้าง $V_{out\text{-}A,B}$ ด้วยค่าเดิมใน รีจิสเตอร์ DAC-A,B
1-0-1-0	Load DAC-B	สร้างสัญญาณ Output Analog	เริ่มทำงาน (Wake)	DAC ออกจาก Sleep โหลดค่า Data ให้ DAC-B สร้าง $V_{out\text{-}A,B}$ ด้วยค่าเดิมใน รีจิสเตอร์ DAC-A,B
1-0-1-1		สงวนไว้		-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

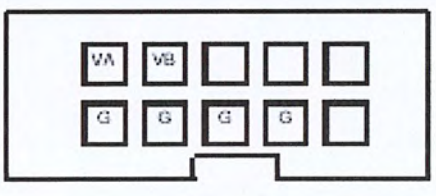
ตาราง 2.2 (ต่อ) แสดงหน้าที่ของ Control Code สำหรับสั่งงาน DAC

Control Code	**Input** Register **Status**	**DAC Register Status**	Power Down **Status**	**รายละเอียดการทำงานพอสังเขป (Comment)**
1-1-0-0		สงวนไว้		-
1-1-0-1	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	เริ่มทำงาน (Wake)	DAC ออกจาก Sleep Mode และสร้าง $V_{out-A,B}$ ด้วยค่าเดิมในรีจิสเตอร์ DAC-A,B
1-1-1-0	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	หยุดทำงาน (Sleep)	DAC หยุดทำงาน (Sleep) ค่า DAC-Aและ B ไม่เปลี่ยนส่วนV_{out} เป็นค่า High Impedance
1-1-1-1	Load DAC-A และ DAC-B	สร้างสัญญาณ (Update Output)	เริ่มทำงาน (Wake)	Update DAC- A,B ด้วยค่า Data (D0..D9) และสร้าง $V_{out-A,B}$ ด้วยค่าในรีจิสเตอร์ DAC. ใหม่

จะเห็นได้ว่า DAC นั้นจะมีโหมดการทำงานอยู่ 2 โหมดด้วยกันคือ Wake Mode และ Sleep Mode ซึ่งตามปรกติส่วนมากแล้วเราจะใช้งาน DAC กันใน Wake Mode

- Wake Mode เป็นการทำงานตามปรกติ ส่วนของสัญญาณ Analog Output ยังคงมีค่าตามที่กำหนดไว้

- Sleep Mode เป็นโหมดประหยัดพลังงาน ซึ่งการทำงานในโหมดนี้ DAC ต้องการพลังงานน้อยมาก คือ ประมาณ 1μA ในการเก็บรักษาค่าของข้อมูล Dac Register ไว้ ส่วนของสัญญาณ Analog Output ทั้ง 2 ช่อง จะมีสภาวะเป็น "High impedance" ซึ่งเราสามารถที่จะสั่งให้ DAC เข้าสู่การทำงานในโหมดนี้ โดยการส่ง Control Word ที่มีรหัส Control Code เป็น "1-1-1-0" แต่เมื่อต้องการให้ DAC กลับมาทำงานตามปรกติใหม่ อีกครั้งหนึ่งสามารถทำได้โดยการส่ง Control Word ที่มีรหัส Control Code เป็น "1-0-0-0" ซึ่งสัญญาณ Analog Output ทั้ง 2 ช่องของ DAC จะกลับมามีค่าเหมือนกับก่อนเข้าทำงานใน Sleep Mode ทุกประการ

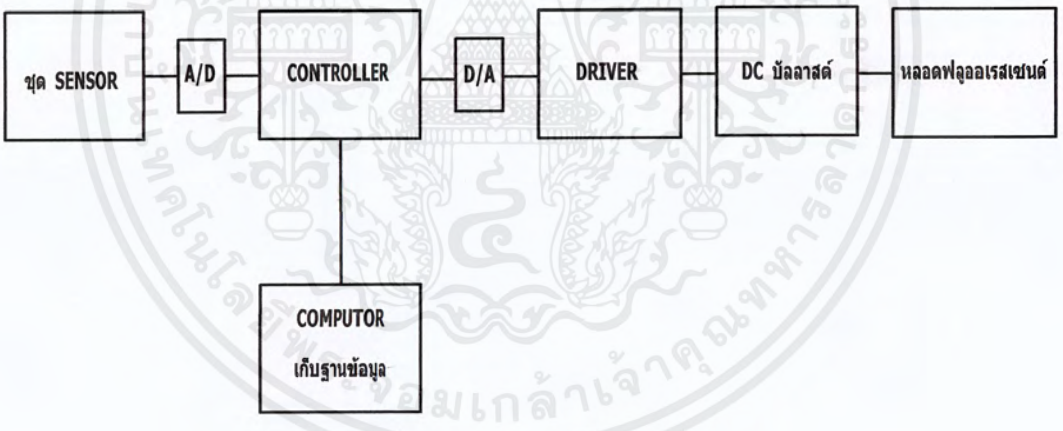


ภาพที่ 2.14 แสดงให้เห็นถึงขั้วต่อใช้งานของ LTC1661

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการทำงานของระบบ

ชุดเซนเซอร์จะเป็นตัวรับความเข้มของแสงจากภายนอกอาคารในระดับที่ค่าความเข้มของแสงที่ต่างๆกัน เข้าสู่วงจร OP-AMP เพื่อหาค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ออกจากชุดเซนเซอร์ โดยออกแบบให้สามารถทำการปรับระดับแรงดันให้ได้เป็น 0-5 V จากวงจร OP-AMP เมื่อได้แล้วแรงดันนี้จะถูกส่งเข้าสู่ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แปลงจากอนาลอกไปเป็นดิจิตอล และเพื่อออกแบบโปรแกรมเพื่อให้คอนโทรลแรงดันให้ออกที่เอาท์พุทให้ได้ 0-5 V และทำการเก็บเป็นฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม VISUAL BASIC จาก MCS-51 เมื่อได้ระดับแรงดันที่ต้องการแล้ว ก็แปลงจากดิจิตอลมาเป็นอนาลอก สัญญาณอนาลอกตัวนี้จะถูกส่งมาเข้าสู่วงจรไดรเวอร์ เพื่อทำการปรับระดับแรงดันเพื่อจ่ายแรงดันที่เหมาะสมเข้าสู่ DCบัลลาสซ์ จากวงจรชุดไดรเวอร์ที่ได้ทำการปรับแรงดันด้วยวงจร PLUSE WIDE MODULATOR เข้าสู่วงจร DC บัลลาสซ์ก่อนเข้าสู่หลอด ฟลูออเรสเซนต์



ภาพที่ 3.1 BLOCK การทำงานของระบบ

3.1 เซลล์การนำพลังงานแสง (PHOTOCONDUCTIVE)

เซลล์การนำพลังงานแสงหรือบางครั้งเรียกว่า ตัวต้านทานพลังแสง (PHOTO RESISTOR) ซึ่งจะมีค่าความต้านทานขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของแสงที่ได้รับ หรือเรียกย่อๆว่า แอล ดี อาร์ (LDR) กล่าวคือสภาพการนำทางไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีแสงมาตกตกกระทบบริเวณจุดรับแสงของ แอล ดี อาร์ (LDR) ถ้าแสงมาตกกระทบตัวมันมีค่าความเข้มของแสงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ค่าความต้านทานของตัวแอล ดี อาร์ (LDR) ก็จะมีค่าน้อย ถ้าแสงมาตกกระทบตัวมันมีค่าความเข้มของแสงน้อย ค่าความต้านทานของตัว แอล ดี อาร์ (LDR) ก็จะมีค่ามาก

ตัวต้านทานพลังงานแสง จัดเป็นตัวแปลงพลังงานแบบเฉื่อยงานคือต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอกมาต่อเข้ากับ ตัว แอล ดี อาร์ (LDR) เพื่อใช้งาน ตัวต้านทานพลังแสงหรือ แอล ดี อาร์ (LDR) ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดแคดเมี่ยมซัลไฟด์ (CADMIUM SULFIDE) หรือ แคดเมี่ยม-ซิลิไนด์ (CADMIUM SELENIDE)

คุณลักษณะสำคัญของตัว แอล ดี อาร์ (LDR)ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ปรากฏการณ์นำกระแสเนื่องจากพลังแสงที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน การนำเอา ตัว แอล ดี อาร์ (LDR) ไปใช้งานจะเหมาะกับงานประเภทความถี่ต่ำๆ

3.2 บัลลาสต์

บัลลาสต์มีคุณสมบัติบางประการที่มีผลกระทบต่อระบบแสงสว่างที่ได้ออกแบบไว้ และการตัดสินใจเลือกใช้บัลลาสต์จะต้องพิจารณาถึงสิ่งต่อไปนี้

- กระแสจุดหลอด ในช่วง 30 วินาทีแรกหรือในช่วงอุ่นหลอดจะต้องอยู่ในพิกัดที่กำหนดของหลอดแต่ละชนิด ถ้ากระแสจุดไส้หลอดมีค่าสูงเกินไปจะมีผลทำให้อายุการทำงานของหลอดนั้นสั้นลง แต่ถ้ากระแสจุดหลอดมีค่าต่ำเกินไปหลอดก็จะไม่สามาถเปล่งแสงจนถึงค่าสูงสุดที่สภาวะปกติได้ กระแสจุดไส้หลอดอาจมีค่าสูงกว่ากระแสทำงานปกติ
- แรงดันจุดไส้หลอด คือแรงดันของบัลลาสต์ (ในขณะเปิดวงจร) ที่ใช้กระตุ้นให้เกิดกระบวนการไอออไนซ์ในกระเปราะอาร์ค เพื่อให้เกิดการอาร์คระหว่างอิเล็กโทรดหลักทั้งสอง
- แรงดันทำงาน บัลลาสต์แต่ละชนิดจะถูกออกแบบไว้สำหรับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ค่าหนึ่งๆ การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าหรือความถี่ จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของหลอดไฟ หรืออาจเป็นเหตุให้ไส้หลอดเสียหายได้ และบัลลาสต์ก็อาจเสียหายด้วย
- กระแสทำงาน ถูกกำหนดด้วยตัวประกอบยอดคลื่น (Crest Factor) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของค่ายอดต่อค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (root mean square) ของรูปร่างของกระแส ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของบัลลาสต์ ตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสทำงานจะมีผลโดยตรงต่อค่าฟลักซ์ (FLUX) ส่องสว่างของหลอดไฟตลอดอายุการใช้งาน
- POWER FACTOR เราสามารถแบ่งบัลลาสต์ตามค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ออกได้ 2 พวก คือ พวกค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำมีค่าประมาณ 50% Lagging และพวกค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์สูงตั้งแต่ 90% ขึ้นไปในการเลือกใช้บัลลาสต์ก็ต้องพิจารณาค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ด้วย เพราะถ้าเลือกใช้บัลลาสต์ที่ให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำจะต้องใช้ระบบไฟฟ้าหรือหม้อแปลงขนาดใหญ่กว่าแบบที่ให้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์สูง ซึ่งจะมีผลอื่นๆตามมาอีก เช่น ระบบไฟฟ้าไม่มีประสิทธิภาพ และมีกำลังงานสูญเสียในระบบสูงขึ้นเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
50233

- กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มทำงาน (Starting Current) เราจำเป็นต้องรู้ขนาดกระแสเริ่มทำงาน เพื่อกำหนดขนาดของฟิวส์ เบรกเกอร์ หรือสวิตช์ที่ใช้

- แรงดันไฟฟ้าขาเข้ากระตุ้น (Input Voltage Dip) แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับบัลลาสต์จะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของโหลด

- ความสูญเสียในตัวบัลลาสต์ (Loss) เป็นความสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการทำงานของตัวบัลลาสต์ในการส่งกำลังงานไฟฟ้าให้กับหลอดไฟ

3.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์

3.3.1 คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยสังเขป

หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่นิยมใช้มักเป็น ชนิดขั้วร้อน (Heat – Electrode) โดยมีคุณสมบัติเป็นค่าความต้านทานลบ (Negative – Impedance) กล่าวคือ เมื่อเพิ่มกระแสให้กับหลอด แรงดันที่ตกคร่อมระหว่างขั้วหลอดจะลดลง เนื่องจากคุณสมบัติที่ไม่เสถียรภาพของขั้วหลอด บัลลาสต์ที่ใช้กับหลอดควรเป็นแหล่งจ่ายกระแส (Current Source) หรืออย่างน้อยควรเป็นแหล่งจ่ายแรงดัน (Voltage Source) ที่มีอิมพีแดนซ์สูงเพียงพอ ในการจุดหลอดแต่ละครั้งจะทำให้ขั้วหลอดเสื่อมลงทีละน้อยเนื่องจากสารที่เคลือบขั้วหลอดที่ทำหน้าที่จ่ายอิเล็กตรอนจะหลุดหายไปทุกครั้งที่มีการสตาร์ทหรือจุดหลอด โดยเฉพาะหากมีการจุดหลอดขณะที่ไส้หลอดมีอุณหภูมิไม่สูงพอ จะต้องใช้แรงดันตกคร่อมไส้หลอดสูงมากขึ้นในการจุดหลอด ซึ่งมีผลโดยตรงกับอายุการใช้งานของหลอด โดยจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความสมมาตรของรูปคลื่นกระแสสลับที่ไหลผ่านหลอด รวมถึงการจุดหลอดควรให้ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้ให้ครบถ้วน

- การอุ่นไส้หลอดให้อุณหภูมิสูงเพียงพอ (Preheat Stage)
- การจุดหลอด (Ignition Stage) ขึ้นอยู่กับกระแสอุ่นไส้หลอดที่ต้องสอดคล้องกัน
- การทำงานสถานะปกติ (Burning Stage)

3.3.2 การศึกษาและการวิเคราะห์วงจรบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์

เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) และจะมีค่าความต้านทานพลวัตเป็นลบ (Dynamic Resistance) คือขณะจุดหลอด ความต้านทานของหลอดจะคงที่ หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า เมื่อทำการเพิ่มกระแสให้กับหลอด ทำให้หลอดมีแรงดันที่ตกคร่อมระหว่าง ขั้วหลอดลดลง

ดังนั้นในการจ่ายพลังงานให้กับหลอด แหล่งจ่ายพลังงานจะต้องให้มีลักษณะใกล้เคียงแหล่งจ่ายกระแส เพื่อให้การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีเสถียรภาพลักษณะดังกล่าวนี้สามารถทำได้โดยใช้อิมพีแดนซ์ (Impedance : Z) ที่มีค่าสูงมาต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดัน ซึ่งจะ

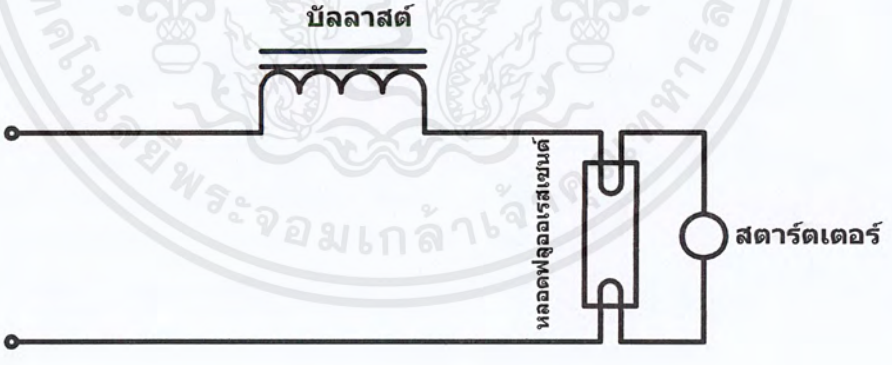
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์รวมของแหล่งจ่ายแรงดันมีค่าสูงขึ้น จึงมีลักษณะและคุณสมบัติค่อนไปทางแหล่งจ่ายกระแส อุปกรณ์ที่ง่ายที่สุดที่สามารถต่ออนุกรมกับแหล่งจ่าย คือ ความต้านทานแบบรีซิสแตนท์ (Resistance) แต่จะเกิดพลังงานสูญเสียมากจากการใช้ความต้านทาน โดยทั่วไปแล้วจึงใช้ บัลลาสต์แบบแมกเนติก ทำหน้าที่เป็นความต้านทานแบบรีแอกทีฟ (Reactive) ให้กับแหล่งจ่ายแรงดัน

3.3.3 หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป

ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามลักษณะการใช้งานของมันคือ

- ชนิดอุ่นไส้ (preheatlamp) เราจะต้องทำการอุ่นแคโทดโดยปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันก่อน จนกระทั่งสามารถปล่อยอิเลคตรอนออกมาทำให้ก๊าซภายในหลอดแตกตัวสลายตัวเป็นไอออน หลอดประเภทนี้จะใช้เวลาประมาณ 2-3 วินาที กว่าจะสว่างได้ และมักจะใช้คู่กับสตาร์เตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ต่อวงจรระหว่างไส้หลอดทั้งสองข้างในช่วงแรกและเมื่ออุณหภูมิสูงพอตัวสตาร์เตอร์จะทำการเปิดวงจรออกในช่วงนี้จะเกิดแรงดันไฟฟ้าดันกระแสจากใส้หลอดข้างหนึ่งวิ่งผ่านตัวหลอดอีกปลายหนึ่งได้ดังภาพที่3.2

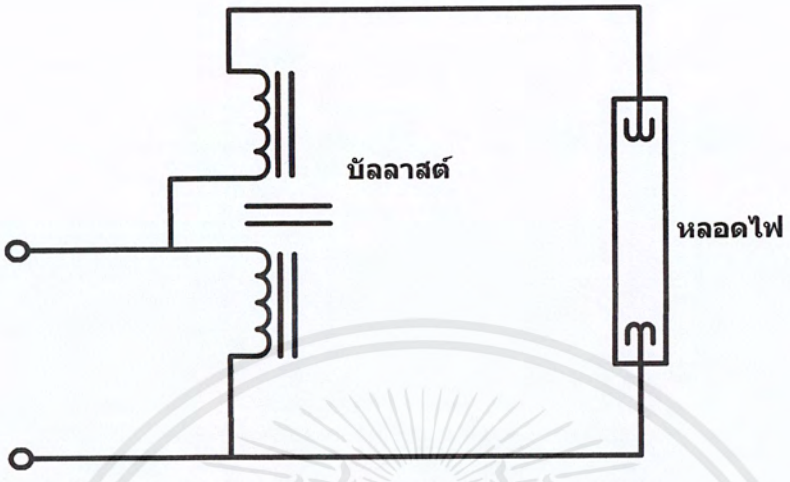


ภาพที่ 3.2 ชนิดอุ่นไส้หลอด

- ชนิดติดทันที (instantstart) หลอดประเภทนี้สามารถทำงานได้โดยไม่จำเป็นต้องอุ่นไส้หลอดให้ต้องอุ่นไส้หลอดให้ร้อนก่อนจึงไม่มีสตาร์ทเตอร์อยู่ในวงจรด้วยบัลลาสต์จะทำหน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงเพื่อเอาชนะความต้านทานภายในหลอดและทำให้เกิดมีกระแสไหลผ่านจากขั้วหลอดข้างหนึ่งไปยังอีกปลายข้างหนึ่งได้และเนื่องจากไม่มีความจำเป็นที่จะต้องอุ่นไส้หลอด

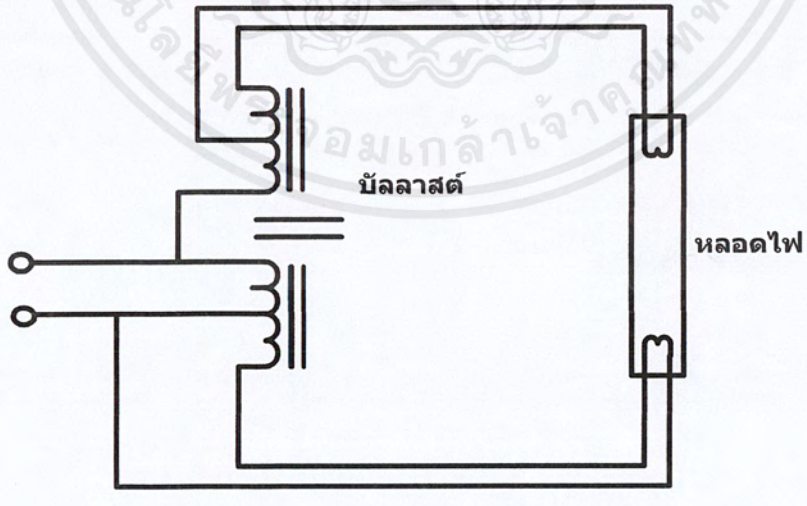
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อน หลอดประเภทนี้จึงมักจะมีขาที่ขั้วหลอดเพียงข้างเดียว อายุการใช้งานของหลอดประเภทนี้จะสั้นที่สุด แต่สามารถสว่างขึ้นได้ในทันที หลอดชนิดนี้มักใช้ในห้องเย็น ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ชนิดติดทันที

- ชนิดติดเร็ว (rapidstart) เป็นหลอดที่เกิดขึ้นจากความพยายามที่จะรวมเอาคุณสมบัติของหลอดสองชนิดแรงข้างต้นเข้าด้วยกันที่บัลลาสต์จะมีขดลวดพิเศษขึ้นอีกชุดหนึ่งทำหน้าที่อุ่นไส้หลอดไว้ตลอดเวลา การสว่างของหลอดเกิดขึ้นช้ากว่าชนิดติดทันทีเล็กน้อยและไม่ต้องอาศัยแรงดันไฟฟ้าสูงเหมือนกับกรณีของหลอดชนิดติดทันที อีกทั้งยังไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้สตาร์ทเตอร์ ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ชนิดติดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

โดยปกติทั่ว ๆ ไปแล้วแหล่งกำเนิดแสงจะมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ดังนั้นในการที่จะออกแบบระบบแสงสว่างภายในจึงขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ออกแบบเอง ในการที่จะเลือกดวงโคมและอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ ที่จะใช้ร่วมกับระบบแสงสว่างนั้น ๆ แต่หลักการง่าย ๆ ที่จะออกแบบระบบแสงสว่างนั้นจะสามารถศึกษาได้จากบทนี้

3.4.1 นิยามและศัพท์ของแสง

ในการศึกษาถึงวิศวกรรมแสงสว่าง จำเป็นอย่างยิ่งที่ควรจะรู้ถึงนิยามและศัพท์ต่าง ๆ ทางแสง ซึ่งศัพท์และนิยามดังกล่าวจะได้แก่

- แคนเดลล่า (candela ; I) แหล่งกำเนิดแสงสามารถที่จะวัดค่าได้ ซึ่งค่าที่วัดได้จะมีค่ามากหรือน้อยนี้จะอยู่ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง ซึ่งจะมีหน่วยเป็นแคนเดลล่า

ความเข้มแห่งการส่องสว่างจะมีค่าเท่ากับความเข้มแห่งการส่องสว่างของวัตถุดำ (blackbody) ที่อุณหภูมิเยือกแข็งของแพลตทินัม (platinum) โดยทั่วไปความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงหนึ่ง ๆ มักมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้น ๆ แต่อย่างไรก็ตามมักจะมีค่าเท่ากันและสมมาตรกันระหว่างแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้นด้วย

- ความสว่าง (illuminance ;E) คือฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบส่วนย่อยส่วนหนึ่งของพื้นผิวนั้นหารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้น โดยที่ค่าฟลักซ์การส่องสว่างมีหน่วยเป็นลูเมน

พื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร ความสว่างมีหน่วยเป็นลักซ์ (lux)

พื้นที่มีหน่วยเป็นตารางฟุต ความสว่างมีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (footcandle)

โดยที่

1 ฟุตแคนเดิล = 10.764 ลักซ์

- ฟลักซ์การส่องสว่าง (illuminous flux ; Ø) คือปริมาณของแสงที่แพร่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดแสงหรือปริมาณของแสงที่ได้รับบนพื้นผิวหนึ่ง มีหน่วยเป็นลูเมน (lumen ; Im)

3.4.2 สัมประสิทธิ์ของการใช้งาน (CU)

สัมประสิทธิ์ของการใช้งาน(CU)หมายถึงอัตราส่วนระหว่างค่าฟลักซ์การส่องสว่าง(ลูเมน)ที่จะตกกระทบลงบนพื้นผิวงานต่อค่าลูเมนทั้งหมดที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงโดยค่านี้จะขึ้นอยู่กับ

- ประสิทธิภาพและการกระจายของแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของ ดวงโคม เช่น แสงอาจจะถูกดูดกลืนโดยดวงโคมเป็นจำนวนกี่เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระยะความสูง ความสูงของดวงโคมที่อยู่เหนือพื้นผิวงานจะเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการพิจารณา ทั้งนี้เพราะว่าความสว่างจะเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะทางจากดวงโคมไปยังพื้นผิวงาน เช่น ถ้าระยะทางเพิ่มขึ้น 2 เท่า จะทำให้ค่าความสว่างลดลงไปถึง 4 เท่า

- ขนาด รูปร่าง ความกว้าง ความยาวของห้อง และระยะความสูงของดวงโคมจะเป็นสิ่งที่สำคัญต่อความสว่างที่ปรากฏบนพื้นผิวงานอย่างยิ่ง เช่น ถ้าลักษณะของห้องเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ฝาผนังและเพดานเป็นแบบชนิดที่ไม่สะท้อนแสง ถ้านำดวงโคมมาติดในตำแหน่งจุดศูนย์กลางของห้องแล้ว จะเห็นได้ว่าในบริเวณพื้นจะได้รับแสงอย่างสม่ำเสมอ แต่ถ้าขนาดความยาวของห้องเพิ่มขึ้นอีก 50% ในส่วนที่เป็นพื้นที่ของที่เพิ่มขึ้นก็จะได้รับแสงได้น้อยกว่านพื้นผิวเดิมเพราะว่าลำแสงจะมีการลาดลงสู่พื้นอย่างมาก ดังนั้นค่าเฉลี่ยของความสว่างที่ปรากฏบนห้องที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะมีค่าน้อยกว่าห้องที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

- การสะท้อนของแสงที่มาจากเพดานและฝาผนังจะทำให้มีผลต่อการใช้งาน และถ้าฝาผนังหรือเพดานที่มีคุณสมบัติสะท้อนแสงได้ดีก็จะมีค่าการใช้งานแตกต่างจากฝาผนังที่มีคุณสมบัติไม่ช่วยสะท้อนแสงอย่างมาก

ซึ่งจะสามารถสรุปได้ว่าทุก ๆ องค์ประกอบที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นจะเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องนำไปพิจารณาในการคำนวณเกี่ยวกับแสง

3.4.3 ค่าองค์ประกอบของการบำรุงรักษา

ค่าองค์ประกอบของการบำรุงรักษา เนื่องจากในการคำนวณเกี่ยวกับการออกแบบระบบแสงสว่างนั้น ค่าต่าง ๆ ที่คำนวณออกมาเป็นการคิดในหลักการที่ว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่าง ๆ เลย หรืออาจจะพิจารณาเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่โดยปกติทั่ว ๆ ไปแล้วในความเป็นจริงจะมีค่าเสื่อมต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์จากการปฏิบัติมีค่าน้อยกว่าในการคำนวณปกติ แล้วค่าเสื่อมนั้น ๆ จะสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

- กรณีของหลอดหรือดวงโคมที่ใช้เป็นเวลานาน จะทำให้ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (ลูเมน) มีค่าลดน้อยลงเรื่อย ๆ จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนหลอดหรือแหล่งกำเนิดแสงเสียใหม่

- กรณีการสะสมของฝุ่นละอองบนแหล่งกำเนิดแสง หรือบนแผ่นสะท้อนแสงของดวงโคม สิ่งเหล่านี้ก็จะทำให้ค่าของลูเมนลดน้อยลง

- กรณีการสะสมของฝุ่นละอองที่บริเวณฝาผนังและเพดาน ซึ่งจะลดค่าการสะท้อนของพื้นผิวนั้น ๆ ลง

โดยปกติแล้วค่าตัวประกอบบำรุงรักษานั้นบริษัทผู้ทำการผลิตดวงโคมจะเป็นผู้กำหนดออกมาและนอกจากนี้ก็จะแสดงถึงในกรณีที่มีดวงโคมหลาย ๆ ชุด ประสิทธิภาพของดวงโคมที่ออกมาจะเกี่ยวข้องกับตัวประกอบบำรุงรักษาด้วย เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ตัวประกอบบำรุงรักษาดี (Good maintenance factor) หมายถึงในสภาวะบรรยากาศที่ดีแล้ว ดวงโคมจะมีความสะอาดและหลอดที่ใช้ได้ทำการเปลี่ยนตามอายุใช้งานที่แท้จริง

ข. ตัวประกอบบำรุงรักษาปานกลาง (Medium maintenance factor) หมายถึงในบรรยากาศที่มีเงื่อนไข ดวงโคมอาจจะไม่มีความสะอาดมากนัก และหลอดที่ใช้ก็ทำการเปลี่ยนหลังจากที่หลอดเดิมหมดสภาพแล้ว

ค. ตัวประกอบบำรุงรักษาเลว (Poor maintenance factor) หมายถึงในบรรยากาศที่สกปรก และอุปกรณ์ทุกอย่างของดวงโคมไม่ได้รับการดูแลรักษาเลย

3.4.4 อัตราส่วนของระยะห่างระหว่างดวงโคมกับความสูงของดวงโคม

อัตราส่วนของระยะห่างระหว่างดวงโคมกับความสูงของดวงโคม จะเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการจัดวางตำแหน่งของดวงโคม เพราะการออกแบบระบบแสงสว่างที่ดีไม่เพียงแต่จะต้องได้ปริมาณแสงเฉลี่ยทั้งพื้นที่ผิวของงานตามค่าที่กำหนดไว้เท่านั้น แต่จะต้องพยายามไม่ให้ปริมาณแสงบนพื้นงานที่จุดต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันมากเกินไปอีกด้วย ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ซึ่งจะมีผลต่อจำนวนเงาหรือการกระจายแสงที่ไม่พอเหมาะหรือค่าแกลร์ (glare) ที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ระยะห่างของดวงโคมเป็นสิ่งสำคัญโดยจะขึ้นอยู่กับ

- สำหรับโคมชนิดที่มีการกระจายแสงขึ้นสู่ข้างบน (upward direction) ระยะห่างระหว่างแถวของดวงโคมควรจะมีค่าประมาณ 1.2 ถึง 1.5 เท่า ของความสูงจากพื้นผิวงานไปยังดวงโคม

- สำหรับโคมชนิดที่กระจายแสงขึ้นสู่ข้างบนและกระจายแสงลงสู่เบื้องล่าง (upward and downward) ระยะห่างประมาณ 0.9 ถึง 1.1 เท่าของความสูง

- สำหรับโคมชนิดที่กระจายแสงลงสู่เบื้องล่าง ระยะห่างของดวงโคมไม่ควรเกิน 0.7 ถึง 0.9 เท่าของความสูง

- ในกรณีที่ดวงโคมมีลักษณะการติดตั้งเป็นแถว เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ระยะห่างของดวงโคมอาจจะเพิ่มได้อีกประมาณ 20% ของหัวข้อข้างบน

- ระยะห่างจากฝาผนังถึงดวงโคมจะประมาณ ½ ของระยะห่างระหว่างดวงโคม

3.4.5 แหล่งกำเนิดแสง

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วอาจจะมีหลายขนาดและหลายรูปร่าง แต่โดยส่วนมากที่นิยมใช้กันและจะนิยมในการออกแบบก็คือ หลอดชนิดที่มีไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดพวกที่อาศัยความดันของไอต่าง ๆ เช่น หลอดความดันไอปรอท หรืออื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดที่เป็นแบบมีไส้นั้นจะทำงานโดยอาศัยหลักการของกระแสไหลผ่านไส้หลอด ซึ่งเป็นค่าความต้านทานและเกิดความร้อนทำให้เกิดเป็นแสงเปล่งจากไส้หลอดนั้น นอกจากนี้ยังถือว่าหลอดชนิดนี้ทำงานที่ค่าประกอบกำลังเท่ากับ 1

ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งนิยมใช้กันอย่างมากในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในโดยมีข้อดีหลายอย่าง เช่น มีค่าลูเมน/วัตต์สูงกว่าหลอดชนิดมีไส้ และการทำงานของหลอดชนิดนี้เกิดเนื่องจากเมื่อมีกระแสไหลผ่านในไอปรอทซึ่งบรรจุอยู่ในหลอดชนิดนี้ หลังจากนั้นก็จะทำให้เกิดการเรื่องแสงขึ้นรอบ ๆ หลอด ซึ่งเคลือบไว้ด้วยสารพวกฟอสฟอรัสไว้ ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบออโตที่เราใช้หรือที่เรียกว่าบัลลาสต์นั้นก็เพื่อที่จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้แก่หลอดนั้นเอง นอกจากนี้อาจจะมีเพิ่มตัวคาปาซิเตอร์เข้าไป ทั้งนี้เพื่อต้องการจะปรับค่าตัวประกอบกำลัง

ส่วนหลอดชนิดที่เป็นแบบความดันไอนั้นจะประกอบด้วยหม้อแปลงแบบออโต และอุปกรณ์ที่คล้าย ๆ กับที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่หลอดชนิดนี้นิยมใช้กันในกรณีที่ต้องติดตั้งที่ระดับสูง ๆ จากพื้นผิวใช้งาน

3.4.6 สูตรพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ

สูตรพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับระบบแสงสว่างคือ

จำนวนดวงโคม = [E*พื้นที่] / [(หลอด/โคม)* (ลูเมน/หลอด)*CU*MF]

หรือ

จำนวนค่า E = [โคม*(หลอด/โคม)* (ลูเมน/หลอด)* CU*MF] / พื้นที่

หรือ

พื้นที่ /โคม = [(หลอด/โคม)* (ลูเมน/หลอด)* CU*MF] / E

3.4.7 การคำนวณโดยวิธีโซนอลคาวิตี้

การคำนวณโดยวิธีโซนอลคาวิตี้โดยตามมาตรฐานของ IES จะบ่งความหมายของโซนอลคาวิตี้ที่ใช้ ซึ่งเป็นชื่อที่เรียกวิธีการออกแบบระบบแสงสว่างมาจากการแบ่งห้องใด ๆ ที่ต้องการจะออกแบบออกเป็นสามส่วนหรือสามโซนคาวิตี้ (zone cavity) ด้วยกัน

โดยที่ส่วนที่หนึ่งจะเรียกว่าคาวิตี้เพดาน (ceiling cavity) ส่วนนี้จะหมายถึงบริเวณที่นับตั้งแต่เพดานลงมาจนถึงระดับของดวงโคม (Iuminaire plane) ความสูงของระยะนี้เราเรียกว่าความสูงของคาวิตี้เพดาน (ceiling cavity height) และจะใช้อักษรย่อว่า h_{cc}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่สองจะเรียกว่าคาวิตี้ห้อง (room cavity) คือส่วนที่อยู่จากระดับของดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นผิวงาน (working plane) จะเรียกความสูงของระยะนี้ว่าความสูงของคาวิตี้ห้อง (room-cavity height) และใช้อักษรย่อว่า h_{rc}

ส่วนสุดท้ายคือส่วนที่เรียกว่าคาวิตี้พื้น (floor cavity) ส่วนนี้จะนับจากระดับพื้นงานลงมาจนถึงระดับพื้นห้อง และเรียกความสูงของระยะนี้ว่าความสูงของคาวิตี้พื้น (floor cavity height) และใช้อักษรย่อว่า h_{fc}

หลังจากที่แบ่งคาวิตี้แล้วก็จะสามารถจำแนกขั้นตอนของการคำนวณได้ดังต่อไปนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 : หาค่าอัตราส่วนคาวิตี้

ขั้นตอนที่ 2 : หาค่าการสะท้อนของคาวิตี้

ขั้นตอนที่ 3 : เลือกค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานโดยอาศัยข้อมูลจากขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 : คำนวณหาจำนวนดวงโคมหรือระดับของความสว่าง โดยใช้สูตรพื้นฐาน

3.5 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร

เรามักได้เรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆที่มักจะใช้กันเพื่อจุดประสงค์ในการส่องสว่าง การออกแบบแสงสว่างโดยทั่วไปแล้วจะมีอยู่ 2 วิธีใหญ่ๆด้วยกัน วิธีแรกเรียกว่า zonal cavity method แนวความคิดของวิธีนี้ก็คือ การพิจารณาว่าปริมาณแสงที่ออกมาจากดวงโคมจะกระจัดกระจายลงไปทั่วพื้นห้องหรือพื้นงาน ค่าระดับความสว่างที่คำนวณจะเป็นค่าเฉลี่ย วิธีที่สองเรียกว่า วิธีคำนวณแบบจุดต่อจุด (point-by-point method) แนวความคิดของวิธีนี้จะพิจารณาค่าระดับความสว่างเฉพาะเจาะจงลงไปที่จุดใดจุดหนึ่งแทนที่จะเป็นพื้นที่กว้างๆเหมือนวิธีแรก การคำนวณหาค่าระดับความสว่างโดยวิธีนี้ จะทำได้โดยใช้กราฟแสดงการกระจายของกำลังเทียนและกฎกำลังสองผกผันเข้าช่วย

3.5.1 Zonal Cavity Method

จากนิยามของฟุตแคนเดิล เราจะได้ว่า

ฟุตแคนเดิล = [ปริมาณแสงที่ออกมาจากดวงโคม (หน่วยลูเมน) / พื้นที่ที่ต้องการส่องสว่าง] (1)

หรือ

$$FC = L / A$$

หรือ

ลักซ์ (lx) = [ปริมาณแสงที่ออกจากดวงโคม (หน่วยลูเมน) / พื้นที่ที่ต้องการส่องสว่าง]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เนื่องจากความจริงแล้วปริมาณแสงทั้งหมดที่ออกมาจากดวงโคมมิได้ไปตกลงบนพื้นงานที่ต้องการส่องสว่างทั้งหมด แต่จะกระจัดกระจายลงไปทั่วห้องนับตั้งแต่เพดาน ผนัง พื้น หรือแม้แต่เฟอร์นิเจอร์และทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ภายในห้อง แสงบางส่วนอาจจะถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลางต่าง ๆ เหล่านั้นและแสงบางส่วนที่ไปตกกระทบตัวกลางต่าง ๆ ที่กล่าวไปแล้วนี้ ก็อาจจะสะท้อนความสูงของห้องตลอดจนกระทั่งความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดานพื้น และผนังของห้องด้วย

ดังนั้นปริมาณแสงที่ออกมาจากดวงโคม ในสมการที่ (1) นี้จึงต้องคูณด้วยค่าที่เรียกว่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์หรือค่า CU ค่านี้เป็นตัวบอกให้รู้ว่า แสงที่ออกจากดวงโคมจะไปตกลงบนพื้นงานจริง ๆ เท่าไร ดังนั้น สมการที่ (1) เราจึงทำการแก้ไขให้ถูกต้องเป็น

$$FC = L \times CU / A \qquad (2)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ซึ่งมักจะเขียนย่อ ๆ ว่า CU เรารู้ว่าค่า CU นี้ขึ้นอยู่กับความกว้าง ความยาว ความสูง และความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดาน ผนัง และพื้นของห้องดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การหาค่า CU จะทำได้โดยการเปิดตารางซึ่งจะได้กล่าวถึงในตอนต่อไป

จากที่ได้ศึกษามาแล้วเรารู้ว่าแหล่งกำเนิดแสงทุกชนิด เมื่อใช้งานไปนาน ๆ ปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นจะค่อย ๆ ลดลงไปเรื่อย ๆ ซึ่งเราเรียกว่าความเสื่อมของหลอดไฟ (lamp lumen depreciation) และมักจะใช้ย่อว่า LLD ถ้าหากว่าเราต้องการให้พื้นงานที่เรากำลังออกแบบระบบแสงสว่าง ยังคงความสว่างไว้อยู่ในระดับที่เราต้องการตลอดไป ในการที่จะคำนวณเริ่มแรกเราก็จะต้องคำนวณเผื่อค่า LLD นี้ด้วย กล่าวคือ สมการที่ (2) ก็อาจถูกเขียนใหม่ได้เป็น

$$FC = (L)(CU)\left[(LLD) / A\right] \qquad (3)$$

และจากตอนท้ายของบทที่ 4 เราก็ได้เรียนรู้ว่า โคมไฟแต่ละโคมนั้นเมื่อติดตั้งไปนาน ๆ มันก็จะเริ่มสะสมฝุ่นละอองมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการสะท้อนแสงน้อยลง โคมแต่ละชุดจะสะสมฝุ่นละอองมากหรือน้อย ช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวดวงโคมเอง และขึ้นอยู่กับสภาพบรรยากาศของสถานที่ที่ดวงโคมนั้นถูกแขวนอยู่ ซึ่งเราเรียกว่า ความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (luminaire dirt depreciation) หรือ LDD และก็ด้วยเหตุผลเดิมอีกเช่นกัน เราจึงต้องคำนวณเผื่อค่า LDD นี้ไว้ด้วย และจากสมการที่ (3) จะได้เป็น

$$FC = (L)(CU)(LLD)\left[(LDD) / A\right] \qquad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบระบบแสงสว่างจริง ๆ นั้น ระดับความสว่างบนพื้นงานควรจะมีค่าเท่าไรขึ้นอยู่กับลักษณะหรือประเภทของงาน เช่น เป็นห้องเรียน ห้องเขียนแบบ ห้องประชุม หรืออื่นๆ ค่าระดับความสว่างนี้ ผู้อ่านอาจจะกำหนดขึ้นได้จากประสบการณ์ของตัวเอง หรืออาจจะหาได้จากตาราต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับวิชานี้ได้ หรือศึกษาเพิ่มเติมจากภาคผนวก ก. ของหนังสือเล่มนี้ ซึ่งได้ให้ค่าระดับความสว่างสำหรับงานประเภทต่าง ๆ ไว้พอเป็นแนวทาง ดังนั้นผู้อ่านจึงสามารถหาค่า FC ในสมการที่ (4) ได้โดยวิธีดังกล่าว

ส่วนค่า CU, LLD และ LDD ก็เป็นค่าที่เราจะสามารถเปิดหาได้จากตารางทั้งหมด (ซึ่งจะได้อธิบายวิธีการเปิดตารางในตอนต่อไป) ดังนั้น เราจึงจะเขียนสมการที่ (4) ใหม่ ได้เป็น

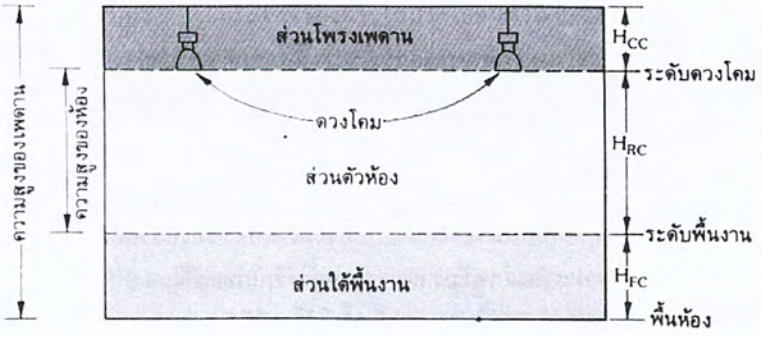
$$TL = \left[(FC)(\text{พื้นที่}) / (CU)(LLD)(LDD)\right] \qquad (5)$$

โดยเปลี่ยน L เป็น TL เพื่อจะได้หมายถึงปริมาณแสงทั้งหมด (total lumen) ที่ต้องการ เพื่อส่องสว่างห้องห้องนี้ให้มีระดับความสว่างตามที่กำหนด หลังจากนั้นเราก็จะสามารถที่จะคำนวณหาค่าจำนวนดวงโคมที่จะต้องใช้ (N) ได้จากสูตร

$$N = \left[\text{ปริมาณแสงทั้งหมดที่ต้องการ (TL)} / \text{ปริมาณแสงต่อหนึ่งดวงโคม}\right] \qquad (6)$$

ก่อนที่เราจะนำสูตรในสมการที่ (6) มาคำนวณหาจำนวนโคมที่จะต้องใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับห้องห้องหนึ่ง ขอให้ทำความเข้าใจกับเทอมต่าง ๆ ตลอดจนขั้นตอนที่จะต้องใช้มันเข้าไปช่วยในการเปิดตารางหาค่า CU ซึ่งความจริงแล้วเป็นส่วนที่ยุ่งยากที่สุดในการออกแบบก่อน

คำว่า zonal cavity ซึ่งใช้เป็นชื่อเรียกวิธีการออกแบบระบบแสงสว่างมาจากความหมายที่ว่า เราจะแบ่งห้องใด ๆ ซึ่งเราต้องการที่จะออกแบบระบบแสงสว่างให้กับมันออกเป็นสามส่วน (zone cavity) ด้วยกัน ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การแบ่งห้องออกเป็นส่วน ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่หนึ่งเรียกว่า ส่วนโพรงเพดาน (ceiling cavity) ส่วนนี้หมายถึง บริเวณนับตั้งแต่เพดานลงมาถึงระดับของดวงโคม (luminaire plane) ความสูงของระยะนี้เรียกว่า ความสูงของโพรงเพดาน (ceiline cavity height) และใช้ตัวย่อว่า Hcc

ส่วนที่สองเรียกว่า ส่วนตัวห้อง (room catity) คือ ส่วนที่อยู่จากระดับของดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นงาน (work plane) เราเรียกความสูงของระยะนี้ว่า ความสูงของห้อง (room cavity height) และใช้ตัวย่อว่า Hrc

ส่วนสุดท้ายคือส่วนที่เรียกว่า ส่วนใต้พื้นงาน (floor cavity) ส่วนนี้เราจะนับจากระดับพื้นงานลงมาจนถึงระดับพื้นห้อง และเราเรียกความสูงของระยะนี้ว่าความสูงของพื้นงาน (floor cavity height) และใช้ตัวย่อว่า Hfc

3.5.2 อัตราส่วนโพรง

อัตราส่วนโพรง (cavity ratio) เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่อยู่ในแนวดิ่งซึ่งหมายถึงผนังทั้งสี่ด้าน ต่อพื้นที่ในแนวระดับซึ่งหมายถึงเพดานและพื้นรวมกันค่าอัตราส่วนโพรงมีอยู่สามตัวรวมกันคือ อัตราส่วนโพรงเพดาน (ceil cavity ratio) หรทอ CCR อัตราส่วนตัวห้อง (room cavity ratio) หรือ RCR และอัตราส่วนใต้พื้นงาน (floor cavity ratio) หรือ FCR ซึ่งอัตราส่วนโพรงแต่ละค่าคำนวณมาจากความสูงแต่ละส่วน (cavity height) ที่สัมพันธ์กันนั่นเองกล่าวคือ

$$CCR = [5Hcc(W+L)] / [W*L]$$

$$RCR = [5Hrc(W+L)] / [W*L]$$

$$FCR = [5Hfc(W+L)] / [W*L]$$

เมื่อ W คือความกว้างของห้อง และ L คือความยาวของห้อง

ในกรณีที่ดวงโคมถูกยึดติดกับเพดานของห้อง (surface mounting) ค่า Hcc จะเท่ากับศูนย์ ซึ่งจะมีผลทำให้ค่า CCR = 0 ไปด้วย ในทำนองเดียวกัน ถ้าระดับพื้นงานคือระดับพื้นห้องแทนที่จะเป็นระดับโต๊ะทำงาน โต๊ะประชุม โต๊ะเขียนแบบ หรือแท่นเครื่องจักร ค่า Hfc ก็จะเท่ากับศูนย์ และ FCR ก็จะเท่ากับศูนย์ด้วย

สมมติว่าเรามีห้องอยู่ห้องหนึ่ง ซึ่งความกว้าง 20 ฟุต ยาว 100 ฟุต และสูง 15 ฟุต ดวงโคมถูกแขวนต่ำลงมาจากเพดาน 2 ฟุต และโะทำงานอยู่สูงจากพื้น 3 ฟุต เราจะเห็นว่า

$$Hcc = 2$$

$$Hrc = 10$$

$$Hfc = 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

$$CCR = [5(2)(100+20)] / [100*20]$$
$$= 0.6$$
$$RCR = [5(10)(100+20)] / [100*20]$$
$$= 3.0$$
$$FCR = [5(3)(100+20)] / [100*20]$$
$$= 0.9$$

3.5.3 ประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรง (Effective Cavity Refletance)

พื้น เพดาน และผนังห้อง มีขีดความสามารถในการสะท้อนแสงและดูดกลืนแสงอยู่ในตัวมันต่างๆออกไป แต่เนื่องจากแสงที่ออกมาจากดวงโคมมิได้พุ่งลงไปตกบนพื้นอย่างเดียวเท่านั้น แต่แสงจากดวงโคมจะพุ่งกระจายออกไปรอบๆตัวมัน ไปตกกระทบที่เพดานบ้าง ผนังบ้าง หรือพื้นบ้าง แล้วสะท้อนไปมาจากด้านหนึ่งสู่อีกด้านหนึ่ง บางส่วนของแสงจะถูกดูดกลืนหายเข้าไปบนพื้นที่เหล่านั้น บางส่วนก็จะสะท้อนออกมา และบางส่วนก็จะถูกสะท้อนไปตกลงบนพื้นงาน การคำนวณหาว่าปริมาณแสงสุทธิเท่าใด ที่จะไปตกลงบนพื้นงานจริงๆ (utilization) จึงไม่สามารถที่จะทำได้ง่ายด้วยการพิจารณาจากความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งตามลำพัง

IES (Illumination Engineering Society) ได้พัฒนาวิธีการคำนวณนี้ขึ้นในปี พ.ศ. 2507 ซึ่งเรียกว่า Zonal Cavity Method โดยเราจะนำค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดาน (ceiling reflection, ρc) ของพื้น (floor reflectance, ρf) และของผนัง (reflectance, ρw) ไปหาค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงเพดาน (Effective Ceiling Refletance, ρcc) และหาค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงใต้พื้นงาน (Effective Floor Refletance, ρfc) ก่อน โดยใช้ค่า CCR และค่า FCR เข้าช่วยตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.6 และสมมติว่า ผนังแต่ละด้านของห้องมีความสามรถในการสะท้อนแสงดังนี้คือ

$$\rho c = 80\%$$
$$\rho w = 50\%$$
$$\rho f = 10\%$$

และจากตัวอย่างที่ผ่านมา ซึ่งเราคำนวณได้ว่าค่า CCR = 0.6, FCR = 0.9 และจากรูปตารางที่ผ่านมาเราจะดห็นได้ว่าประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของโพรงเพดานหรือ ρcc มีค่าเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ 71% หรือ 70% โดยประมาณ และค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงใต้พื้นงานหรือ ρ_{fc} มีค่าเท่ากับ 11.5%

ในกรณีที่ Hcc = 0 ซึ่งเราจะได้ว่า CCR = 0 ดังนั้นค่า ρ_{cc} จะมีค่าเท่ากับ ρ_c และในทำนองเดียวกัน ในกรณีที่ Hfc = 0 ซึ่งจะได้ FCR = 0 เราก็จะได้ค่า $\rho_{fc} = \rho_f$ นั่นคือถ้าดวงโคมถูกยึดติดแนบกับเพดาน หรือระดับพื้นทำงานกับระดับพื้นห้องเป็นระดับเดียวกันแล้ว ก็ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องไปหาค่า ρ_{cc} หรือ ρ_{fc} ใหม่ เราสามารถที่จะใช้ค่า ρ_c หรือ ρ_f ได้เลย

Per Cent Base* Reflectance	90										80										70									
Per Cent Wall Reflectance	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																														
0.2	89	88	88	87	86	85	85	84	84	82	79	78	78	77	77	76	76	75	74	72	70	69	68	68	67	67	66	66	65	64
0.4	88	87	86	85	84	83	81	80	79	76	79	77	76	75	74	73	72	71	70	68	69	68	67	66	65	64	63	62	61	58
0.6	87	86	84	82	80	79	77	76	74	73	78	76	75	73	71	70	68	66	65	63	69	67	65	64	63	61	59	58	57	54
0.8	87	85	82	80	77	75	73	71	69	67	78	75	73	71	69	67	65	63	61	57	68	66	64	62	60	58	56	55	53	50
1.0	86	83	80	77	75	72	69	66	64	62	77	74	72	69	67	65	62	60	57	55	68	65	62	60	58	55	53	52	50	47
1.2	85	82	78	75	72	69	66	63	60	57	76	73	70	67	64	61	58	56	53	51	67	64	61	59	57	54	50	48	46	44
1.4	85	80	77	73	69	65	62	59	57	52	76	72	68	65	62	59	55	53	50	48	67	63	60	58	55	51	47	45	44	41
1.6	84	79	75	71	67	63	59	56	53	50	75	71	67	63	60	57	53	50	47	44	67	62	59							
1.8	83	78	73	69	64	60	56	53	50	48	75	70	66	62	58	54	50	47	44	41	66	61	58							
2.0	83	77	72	67	62	56	53	50	47	43	74	69	64	60	56	52	48	45	41	38	66	60	56							
2.2	82	76	70	65	59	54	50	47	44	40	74	68	63	58	54	49	45	42	38	35										
2.4	82	75	69	64	58	53	48	45	41	37	73	67	61	56	52															
2.6	81	74	67	62	56	51	46	42	38	35																				
2.8	81	73	66	60	54																									
3.0	80	72	64	58	52																									

$\rho_{cc} = 71\%$
$\approx 70\%$

Per Cent Base* Reflectance	40										10										0					
Per Cent Wall Reflectance	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40
Cavity Ratio																															
0.2	40	40	39	39	39	38	38	37	36	36	31	31	28	28	27	11	11	11	10	10	10	10	09	09	09	02	02	02	01	01	01
0.4	41	40	39	39	38	37	36	35	34	34	31	31	27	26	25	12	11	11	11	11	10	10	09	09	08	04	03	03	02	02	02
0.6	41	40	39	38	37	36	34	33	32	31	32	31	26	25	23	13	13	12	11	11	10	10	09	08	08	05	05	04	03	03	02
0.8	41	40	38	37	36	35	33	32	31	29	32	31	25	23	22	15	14	13	12	11	10	10	09	08	07	07	06	05	04	04	
1.0	42	40	38	37	35	33	32	31	29	27	33	32	23	22	20	16	14	13	12	12	11	10	09	08	07	08	07	06	05	04	
1.2	42	40	38	36	34	32	30	29	27	25	33	32	22	21	19	17	15	14	13	12	11	10	09	07	06	10	08	07			
1.4	42	39	37	35	33	31	29	27	25	23	34	32	21	19	18	18	16	14	13	12	11	10	09	07	06	11	09	08			
1.6	42	39	37	35	32	30	27	25	23	22	34	33	20	18	17	19	17	15	14	12	11	09	08	07	06	12	10	09			
1.8	42	39	36	34	31	29	26	24	22	21	35	33	19	17	16	19	17	15	14	13	11	09	08	06	05	13	11	09			
2.0	42	39	36	34	31	28	25	23	21	19	35	33	18	16	14	20	18	16	14	13	11	09	08	06	05	14	12	10			
2.2	42	39	36	33	30	27	24	22	19	18	36	32	17	15	13	21	19	16	14	13	11	09	07	06	05						
2.4	43	39	35	33	29	27	24	21	18	17	36	32	16	14	12	22	19	17	15	13	11	09	07	06	05						
2.6	43	39	35	32	29	26	23	20	17	15	36	32	16	14	12	23	20	17	15	13	11	09	07	06	04						
2.8	43	39	35	32	28	25	22	19	16	14	37	33	15	13	11	23	20	18	16	13	11	09	07	05	03						
3.0	43	39	35	31	27	24	21	18	16	13	37	33	15	12	10	24	21	18	16	13	11	09	07	05	03						
3.2	43	39	35	31	27	23	20	17	15	13	37	33	14	12	10	25	21	18	16												
3.4	43	39	34	30	26	23	20	17	14	12	37	33	14	11	09	26	22	18	16												
3.6	44	39	34	30	26	22	19	16	14	11	38	33	13	10	09	26	22	19													
3.8	44	38	33	29	25	22	18	16	13	10	38	33	13	10	08	27	23	19													
4.0	44	38	33	29	25	21	18	15	12	10	38	33	12	09	07	27	23	20													

$\rho_{fc} = 11.5\%$

ภาพที่ 3.6 %ค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงเพดานและโพรงใต้พื้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 สัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การออกแบบระบบแสงสว่างหรือการหาค่าจำนวนดวงโคมที่จะต้องใช้ในการส่องสว่างห้องห้องหนึ่งให้ได้ระดับความสว่างตามที่กำหนด ปัญหาที่ยุ่งยากที่สุดคือการหาว่าปริมาณแสงเท่าใดจากปริมาณแสงทั้งหมดที่ออกมาจากดวงโคมไปตกลงบนพื้นงานจริงๆ ซึ่งค่าค่านี้เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ หรือ CU จากความพยายามทั้งหมดที่ได้เริ่มหา นับตั้งแต่การหาค่า CCR,RCR,FCR ,ρcc และค่า ρfc ก็เพื่อจุดประสงค์ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ CU นั่นเอง

การหาค่า CU หรือค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์เราสามารถหาได้จากรูปตารางด้านล่างนี้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของตารางสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ของดวงโคมชนิดต่างๆซึ่งจากตารางสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์จะมีรูปร่างแสดงลักษณะของดวงโคมหลายแบบหลายชนิดด้วยกัน ประมาณ 50 ประเภท

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens		ρcc →	80			70			50			30			10			0	WQRC	ρcc →
			ρw →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		ρw →
	Maint Cat	SC	RCR ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρfc = 20)																	RCR ↓
18 High bay wide distribution ventilated reflector with clear HID lamp	III	1.5	0	93	93	93	91	91	91	87	87	87	83	83	83	79	79	79	78	—	0
			1	85	82	80	83	81	79	79	78	76	76	75	74	74	72	71	70	194	1
			2	77	73	70	76	72	69	73	70	67	70	68	66	68	66	64	63	187	2
			3	70	65	61	68	64	60	66	62	59	64	61	58	62	59	57	56	184	3
			4	63	58	53	62	57	53	60	56	52	58	55	52	57	54	51	49	176	4
			5	57	51	47	56	51	47	55	50	46	53	49	46	52	48	45	44	170	5
			6	51	45	41	51	45	41	49	44	40	48	43	40	47	43	40	38	164	6
			7	46	40	35	45	39	35	44	39	35	43	38	35	42	38	34	33	159	7
			8	41	35	31	41	35	31	40	34	31	39	34	30	38	33	30	29	152	8
			9	37	31	27	37	31	27	36	30	27	35	30	27	34	30	26	25	146	9
			10	33	28	24	33	27	23	32	27	23	31	27	23	31	26	23	22	140	10

ภาพที่ 3.7 รูปตารางแสดงค่าตารางสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติว่า ในกรณีนี้เราได้ตัดสินใจที่จะเลือกดวงโคมในรายการที่18 เราสามารถที่จะหาค่า CU ได้ โดยลากเส้นจาก ρcc = 70 มายัง ρw = 50 มาตัดกับค่า RCR = 3 จาก(ตัวอย่างที่ผ่านมา) ซึ่งอยู่ในแนวระดับและจะได้ค่า CU = 0.68

3.5.5 การปรับค่า CU ให้ถูกต้อง

ค่า CU ที่หาได้จากข้างต้นนั้นเป็นค่า CU ที่ถูกต้อง เมื่อค่า ρfc เท่ากับ 20% ดังนั้นในกรณีที่ค่า ρfc ผิดจาก 20% ไป ค่า CU จึงต้องแก้ไขใหม่ด้วยการใช้ตัวคูณที่เหมาะสมดังแสดงดังภาพที่ 3.8

เมื่อมาถึงจุดนี้ คงเข้าใจแล้วว่าขั้นตอนการหาค่า CU กว่าจะได้ค่า CU นั้น ยุ่งยากและสลับซับซ้อนมากเพียงใด

% Effective Ceiling Cavity Reflectance, ρcc	80				70				50			30			10	
% Wall Reflectance, ρw	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30
For 30 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 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
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010
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
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
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
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
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
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
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
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
For 10 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																
Room Cavity Ratio																
1	.923	.929	.935	.940	.933	.939	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991
3	.909	.951	.961	.969	.945	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992
6	.953	.969	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993

ภาพที่ 3.8 การปรับค่า CU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

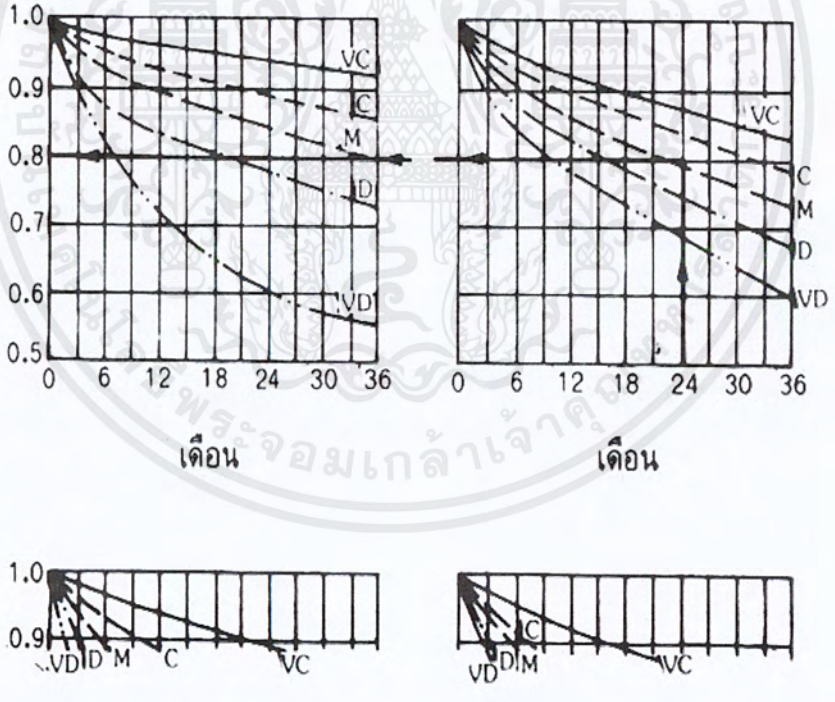
3.5.6 การหาค่าเสื่อมราคาของหลอดไฟ

การหาค่าเสื่อมราคาของหลอดไฟหรือค่า LLD สามารถที่จะหาได้จากตารางคู่มือหลอดไฟที่โรงงานผู้ผลิตทำออกมา โดยการหาค่าปริมาณแสงเฉลี่ย (mean lumen output) หารด้วยค่าปริมาณแสงที่เริ่มต้น (initial lumen output) ตัวอย่างเช่น

สมมติว่าเราเลือกหลอดโลหะฮาไลด์ขนาด 400 วัตต์ ซึ่งมีค่าปริมาณแสงเฉลี่ยเท่ากับ 25,600 ลูเมน และค่าปริมาณแสงเริ่มที่ 34,000 ลูเมน เราก็จะสามารถที่จะหาค่า LLD ของหลอดนี้เท่ากับ 25,600/34,000 ซึ่งเท่ากับ 0.75

3.5.7 การหาค่าเสื่อมราคาจากความสกปรกของดวงโคม

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น เราได้จำแนกดวงโคมชนิดต่างๆออกเป็น 6 ชนิดด้วยกันเมื่อเราตัดสินใจเลือกใช้ดวงโคมชนิดใดชนิดหนึ่งมาแล้ว ในตารางแสดงค่า CU จำแนกให้เรารู้ว่าดวงโคมอยู่ในประเภทใดใน 6 ประเภทที่กล่าวมาแล้วนั่นเอง และเราสามารถหาค่า LDD ได้จากภาพที่ 3.9



ภาพที่3.9 การหาค่า LDD

*****หมายเหตุ VC คือ สะอาดมาก

C คือ สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M คือ ปานกลาง
D คือ สกปรก
VD คือ สกปรกมาก

จากภาพที่ 3.9 สมมติว่าบรรยากาศของห้องที่เรากำลังออกแบบระบบแสงสว่าง จัดอยู่ในประเภทที่ค่อนข้างสะอาดปานกลาง และดวงโคมจะถูกทำความสะอาดทุกๆระยะ 2 ปี เราก็จะสามารถที่จะหาค่า LLD ได้ โดยการลากเส้นในแนวดิ่งที่ระยะ 24 เดือน เลื่อนขึ้นไปตัดเส้นโค้ง M (สะอาดปานกลาง) ของดวงโคมประเภทที่ 3 นี้ จากจุดตัดบนเส้นโค้งก็ลากตัดในแนวระดับไปตัดแกน LDD ซึ่งอยู่ในแนวดิ่ง และได้ค่า LDD ออกมาเท่ากับ 0.8
จากจุดนี้เมื่อพิจารณากลับไปที่สมการที่ 6 ในตอนต้น สมมติว่าเราต้องการให้ระดับความสว่างภายในห้องนี้ คงค่าไว้ไม่น้อยกว่า 100 ฟุตแคนเดิล เราสามารถแทนค่าลงในสมการได้ดังนี้

จากสมการที่ 5 TL = [(FC)(พื้นที่)] / [(CU)(LLD)(LDD)]

แทนค่าลงในสมการเราจะได้

TL = [(100)(100*20)] / [(0.65)(0.75)(0.80)]
= 549.450 lm

ในกรณีที่เราใช้หลอดโลหะฮาไลด์ขนาด 400 วัตต์ ซึ่งปริมาณแสงออกมาเท่ากับ 34,000 ลูเมนต่อหลอด ดังนั้นเมื่อแทนค่าลงในสมการที่ 6 จำนวนโคมที่ต้องการจะเท่ากับ

N = 549,450 / 34,000
= 16

นั่นคือ ในการส่องสว่างห้องห้องนี้ให้มีระดับความสว่างคงที่ไว้ไม่น้อยกว่า 100 ฟุตแคนเดิลตลอดเวลา เราต้องติดตั้งดวงโคมดังกล่าวเป็นจำนวนถึง 16 ดวงด้วยกัน

3.5.8 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคม

เมื่อเราทราบแล้วว่าจะต้องใช้ดวงโคมจำนวนกี่ชุดแล้ว ขั้นต่อไปก็คือ การจัดวางตำแหน่งของดวงโคมให้เหมาะสม แนวทางในการจัดวางตำแหน่งของดวงโคมให้เหมาะสมก็คือ จะต้องพยายามจัดให้ตำแหน่งของดวงโคมอยู่ในตำแหน่งที่สมมาตร ดูเป็นระเบียบเรียบร้อย และได้ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงสว่างสม่ำเสมอ ไม่สว่างมากจนเกินไปในที่หนึ่ง แล้วเกิดเงามืดในอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งอาจจะใช้วิธีหาระยะห่างของดวงโคมได้ดังนี้

พื้นที่ต่อหนึ่งดวงโคม = พื้นที่ของห้อง / จำนวนดวงโคม

= (100*20) / 16

= 125

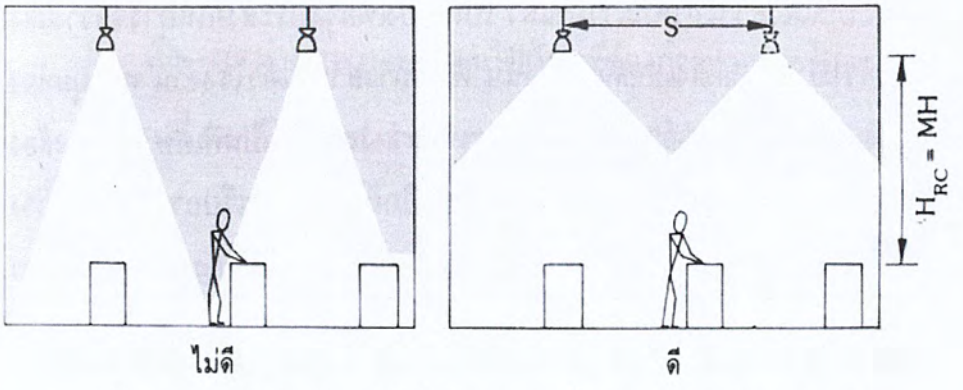
ระยะห่างระหว่างดวงโคม = (พื้นที่ต่อหนึ่งดวงโคม)$^{1/2}$

= $(125)^{½}$

= 11 ft

ระยะห่างระหว่างดวงโคม (spacing) ที่หาได้จากสมการที่ 8 เป็นเพียงแนวทางเริ่มต้นเท่านั้น ไม่สามารถที่จะใช้งานค่านี้ได้จริงในทางปฏิบัติ เพราะด้วยเหตุผลบางอย่างเช่น ดวงโคมจะต้องลงมาจากตำแหน่งที่แน่นอนบางแนวของโครงสร้างบนหลังคา และแนวของโครงสร้างบนหลังคาหรือแนวของโครงไม้ข้างบนเพดานอาจจะเป็นแนวทางเดินของระบบอื่นอยู่ เช่น เป็นแนวทางเดินของระบบปรับอากาศ ระบบเตือนภัย (alarm system) ระบบดับเพลิง หรือระบบอื่นๆ นอกจากนี้ หากย้อนกลับไปพิจารณาตารางแสดงค่า CU จะเห็นได้ว่า จะบอกเป็นค่าอัตราส่วนสูงสุดระหว่างดวงโคมต่อความสูง (maximum space per mounting height ratio) มาให้ค่าค่านี้จะเป็นตัวบอกว่า ที่ระยะความสูงจากพื้นงานค่าหนึ่งๆ ดวงโคมนั้นจะอยู่ห่างกันได้มากที่สุดเท่าใด

ในกรณีนี้ดวงโคมในรายการที่ 18 มีค่าสูงสุดระหว่างดวงโคมต่อความสูงเท่ากับ 1.5 และดวงโคมอยู่สูงจากพื้นงาน 10 ฟุตดังนั้นระยะห่างที่มากที่สุดที่โรงงานผู้ผลิตแนะนำให้ในกรณีนี้คือ 15 ฟุต

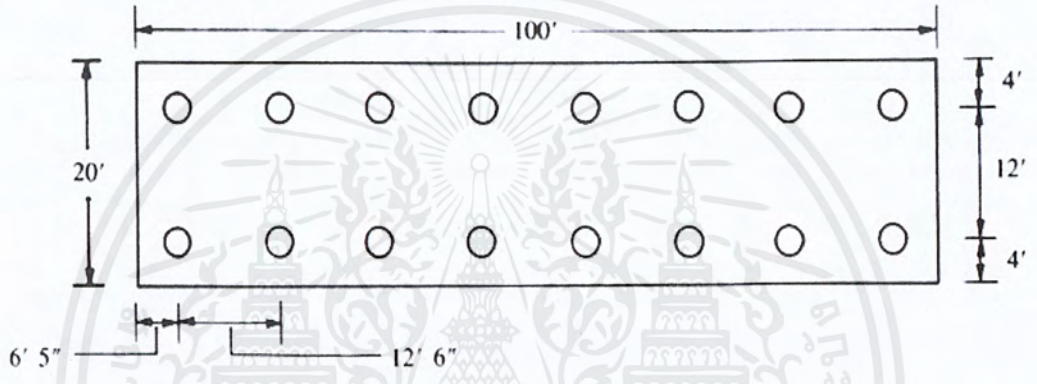


ภาพที่ 3.10 การเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของระดับความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.10 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของระดับค่าความสว่างภายในห้อง ถ้าหากจัดให้ดวงโคมอยู่ไกลกันจนเกินไปจะเกิดบริเวณมืดขึ้นบนพื้นงาน การจัดระยะห่างของดวงโคมสองชุดที่อยู่ใกล้กัน จะต้องจัดให้แสงที่ออกมาจากดวงโคมทั้งสองทับกัน (overlap)

ในกรณีนี้ เราอาจจะสามารถจัดวางตำแหน่งของดวงโคมได้หลายรูปแบบด้วยกัน ดังแสดงในรูปด้านล่างเป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งเท่านั้น



ภาพที่ 3.11 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคม

3.5.9 การจัดวางตำแหน่งดวงโคมบริเวณใกล้กับผนัง

ในการออกแบบระบบแสงสว่างนั้น เรามักจะไม่รู้มาก่อนว่าจะมีโต๊ะเครื่องจักรหรือโต๊ะทำงานวางอยู่ตำแหน่งไหนบ้าง ในห้องหรือในตัวโรงงานนั้น การออกแบบระบบแสงสว่างที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นเพียงเพื่อจุดประสงค์ในการจัดวางแสงสว่างทั่วไป (general lighting) เท่านั้น พื้นที่บางส่วนในตัวโรงงาน หรือมุมห้องบางมุม อาจมีความจำเป็นต้องการความสว่างมากขึ้นเป็นพิเศษ เราอาจต้องทำการติดตั้งดวงโคมเพิ่มขึ้นไปตามความเหมาะสมอีกก็เป็นได้ ซึ่งเราอาจจะเรียกแสงสว่างที่เพิ่มเติมเข้าไปนี้ว่า การจัดแสงสว่างเสริม (supplementary lighting)

การจัดวางตำแหน่งของดวงโคมในบริเวณใกล้ๆกับผนัง ก็เป็นอีกกรณีหนึ่งที่จะต้องพิจารณาเป็นพิเศษ ผู้ออกแบบไม่ควรจัดวางดวงโคมให้อยู่ห่างจาหผนังมากจนเกินไป เพราะอาจจะทำให้บริเวณรอบๆห้องมืดลงก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงการจัดวางตำแหน่งดวงโคม

ประเภทของงาน	ชนิดหลอดไฟ	ระยะห่างจากดวงโคมถึงผนัง
สำนักงาน	ฟลูออเรสเซนต์	12”-18”
โรงงานอุตสาหกรรม	ฟลูออเรสเซนต์	1/3-1/2 MH
โรงงานอุตสาหกรรม	HID	1/3-1/2 MH

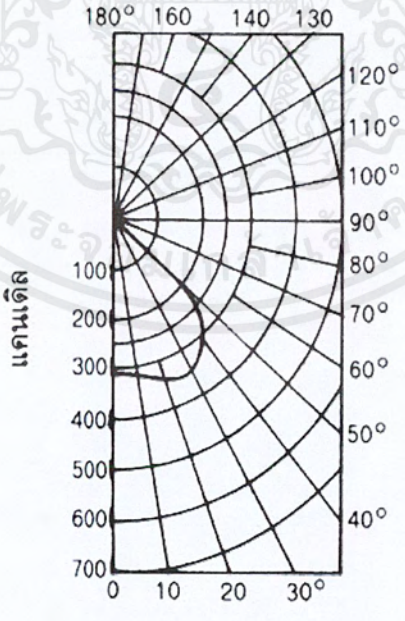
3.5.10 การคำนวณแบบจุดต่อจุด

จากที่กล่าวมาแล้วว่า เราจะใช้การคำนวณหาค่าระดับความสว่างโดยวิธีนี้เมื่อเราพิจารณาเฉพาะเจาะจงลงไปที่บริเวณเล็กๆ บริเวณใดบริเวณหนึ่งหรือจุดใดจุดหนึ่งบนพื้นงาน ซึ่งจากนิยามของฟุตแคนเดิลอีกเช่นกันเราจะได้ว่า

$$FC = Cd/D^2$$

เมื่อ Cd คือ ค่าความเข้มของการส่องสว่างในหน่วยแคนเดิลล่า

D คือ ระยะห่างระหว่างดวงโคมไปยังจุดที่ต้องการหาค่าระดับความสว่าง



ภาพที่ 3.12 การหาค่าระดับความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

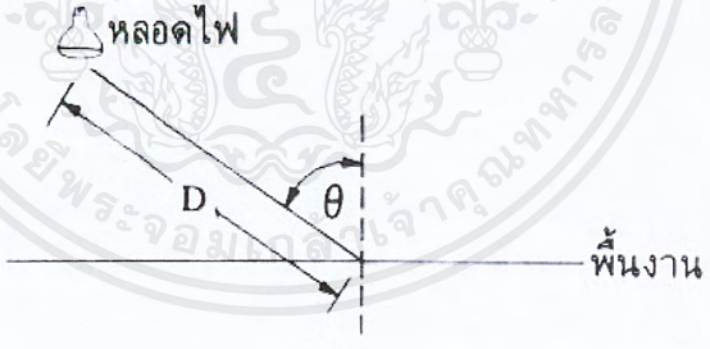
จากภาพที่ 3.12 ถ้าสมมติว่าเราต้องการหาค่าระดับความสว่างที่จุด P ซึ่งอยู่ใต้ดวงโคมพอดี และอยู่ห่างจากดวงโคมเป็นระยะ 10 ฟุต เราจะต้องหาค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างที่มุม 0 (nardir angle) นี้ก่อน จากรูปเราจะได้ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง เท่ากับ 310 แคนเดิลลา เพราะฉะนั้น ระดับความสว่างที่จุด P จะมีค่าเท่ากับ

$$FC = 310/10^2$$
$$= 3.10 \text{ ฟุตแคนเดิลลา}$$

และหากว่าจุด P นี้เลื่อนออกไปจากตำแหน่งเดิมดังรูปด้านล่าง เมื่อ θ เป็นมุมตกกระทบของลำแสง สมการหาค่าระดับความสว่างในสมการที่ 9 จะกลายเป็น

$$FC = (Cd/D^2)\cos\theta$$

โดยที่ค่าความเข้มของการส่องสว่างที่จุด P ใหม่นี้ก็จะเปลี่ยนไปเป็นค่าความเข้มของการส่องสว่างที่จุด P สมมติจุด P เลื่อนออกไปจนมุมตกกระทบเท่ากับ 30 องศา ค่าความเข้มของการส่องสว่างที่มุม 30 องศา จะมีค่าเท่ากับ 345 แคนเดิลลา เป็นต้น



ภาพที่ 3.13 มุมแสง

3.5.11 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในสำนักงาน

การออกแบบเพื่อให้ได้ระบบแสงสว่างที่ดี นอกจากจะต้องให้ได้ปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งานนั้น ไม่มากไปหรือไม่น้อยไปแล้ว ยังจะต้องทำให้ผู้ปฏิบัติงานอยู่ภายใต้แสงนั้นมีความรู้สึกสบายในการทำงาน มีความรู้สึกสบายในการใช้สายตา (visual comfort) กล่าวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจ้าของแสงที่เกิดขึ้นจากชิ้นงานและสถาพแวดล้อมจะต้องมีความกลมกลืนกัน ไม่มีแสงแยงตาจากดวงโคมโดยตรง หรือสะท้อนจากชิ้นงาน นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงความสวยงามของระบบแสงสว่างที่ติดตั้ง ตลอดจนลักษณะของงานที่ทำอีกด้วย

การปฏิบัติงานภายใต้ระบบแสงสว่างที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้เร็วขึ้น มากขึ้น ประณีตขึ้น มีความพึงพอใจในการทำงานมากขึ้นเท่านั้น แต่ยังทำให้ขวัญและกำลังใจของพนักงานดีขึ้นด้วย ในทำนองกลับกันถ้าพนักงานต้องทำงานอยู่ในสถานที่ซึ่งมีปริมาณแสงสว่างไม่เพียงพอ อาจจะมีผลทำให้จำนวนครั้งของความผิดพลาดในการทำงานมีมากขึ้นและถ้าพนักงานจะต้องทำงานอยู่ในสถานที่นั้นเป็นเวลานาน ๆ อาจจะมีผลกระทบทำให้กล้ามเนื้อตาล้าและเสื่อมได้ง่าย

IES ได้ทำการวิจัยเพื่อหาค่าระดับความสว่างที่เหมาะสม สำหรับลักษณะงานประเภทต่าง ๆ ภายในสำนักงาน กับนักศึกษาซึ่งอยู่ในระดับวิทยาลัยกลุ่มใหญ่กลุ่มหนึ่ง และได้จัดทำเป็นตารางเสนอแนะค่าระดับความส่องสว่างที่เหมาะสม ดังรูป

Offices	
Cartography, designing, detailed drafting.....	200
Accounting, auditing, tabulating, bookkeeping, business machine operation, reading poor reproductions, rough layout drafting.....	150
Regular office work, reading good reproductions, reading or transcribing handwriting in hard pencil or on poor paper, active 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-printed material, tasks and areas not involving critical or prolonged seeing such as conferring, interviewing, inactive gles, washrooms.....	30
Corridors, elevators, escalators, stairways.....	20

ภาพที่3.14 ตัวอย่างจากตารางแสดงค่าระดับความสว่างที่เหมาะสมของ IES

อย่างไรก็ตามจะต้องระลึกไว้เสมอว่า ค่าระดับความสว่างที่แสดงไว้ในตารางนั้นเป็นค่าต่ำสุดที่แนะนำไว้เท่านั้น ในการออกแบบระบบแสงสว่างจริง ๆ จะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจทำให้ปริมาณของระดับความสว่างที่ออกแบบไว้ในตอนแรกตกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ความเสื่อมของตัวหลอดไฟเอง การสะสมฝุ่นละอองของดวงโคมตลอดจนผนังและเพดานห้อง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงอายุของพนักงานที่จะปฏิบัติงานอยู่ภายใต้แสงนั้นด้วย กล่าวคือ ถ้าอายุโดยเฉลี่ยของพนักงานค่อนข้างสูง ค่าระดับความสว่างที่ต้องการ ก็อาจจะสูงขึ้นตามไปด้วย

ในบางครั้งถึงแม้ว่าระดับความสว่างโดยเฉลี่ยภายในห้องปฏิบัติงานจะสอดคล้องหรือมากกว่าระดับที่ IES `ได้เสนอแนะไว้แล้ว แต่พนักงานก็ยังมีความรู้สึกไม่สบายตา ทั้งนี้เพราะความจ้าของแสงอันเกิดจากชิ้นงาน หรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้ ๆ กัน ไม่เหมาะสมกลมกลืนกัน เราสามารถที่จะแก้ไขและควบคุมระดับความจ้าของแสงที่อาจจะแตกต่างกันมากนี้ได้ โดยกำหนดชนิดและสีของวัสดุที่ใช้ทำเพดาน ผนัง พื้น ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ภายในห้อง ให้มีความสามารถในการสะท้อนแสงที่เหมาะสม ดังแสดงในตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าความสะท้อนแสงที่เหมาะสม

ผิวของวัสดุ	ค่าความสะท้อนแสง
เพดาน	0.70-0.90
ผนัง	0.40-0.60
ส่วนบนของเฟอร์นิเจอร์	0.25-0.45
อุปกรณ์สำนักงาน	0.25-0.45
พื้น	0.20-0.40

การออกแบบระบบแสงสว่างโดยทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบระบบแสงสว่างภายในสำนักงาน โรงเรียน โรงงานอุตสาหกรรม หรือสถานที่ใด ๆ ก็ตาม จะต้องออกแบบให้ระบบแสงสว่างกลมกลืนเข้ากับสถานที่นั้นและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียง และต่อจากนี้ไป เราจะพิจารณาถึงการจัดวางดวงโคมการดัดแปลงดวงโคมให้เข้ากับเพดานและสิ่งแวดล้อมภายในห้องเพื่อลดการแยงตาและการปรับความแตกต่างของความจ้าของแสงที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องให้สัมพันธ์กัน

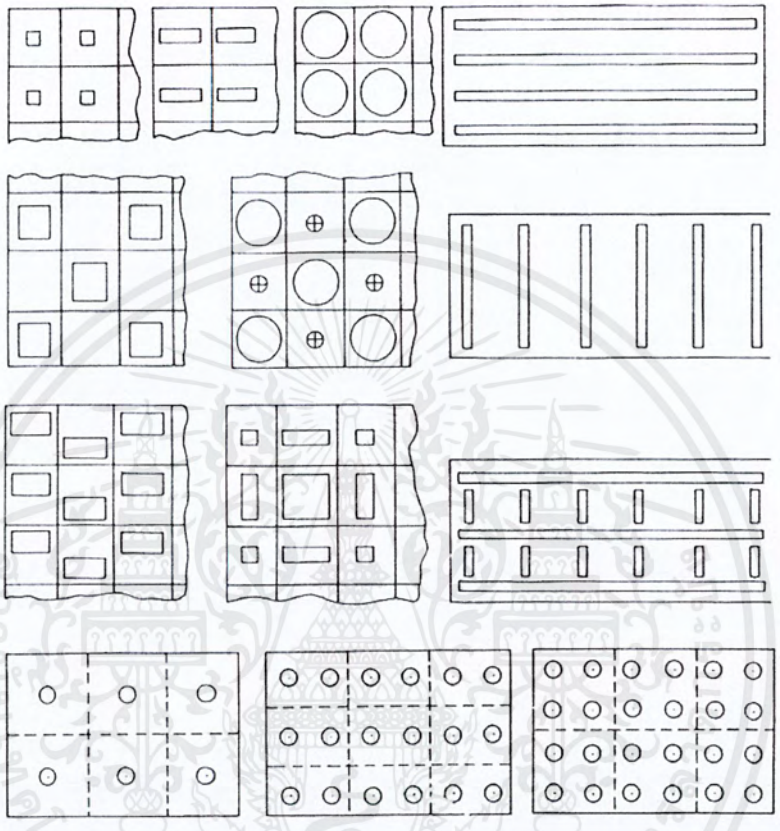
3.5.12 การจัดวางดวงโคม (Layout of the Luminaire)

เราสามารถที่จะจำแนกลักษณะของการจัดวางตำแหน่งของดวงโคมได้ดังต่อไปนี้

- การจัดวางแบบสมมาตร (general lightning) `เป็นลักษณะของการจัดวางดวงโคมโดยพิจารณาถึงความสม่ำเสมอของปริมาณแสงบนพื้นงาน (uniformity) ซึ่งมักจะเป็นลักษณะสมมาตรลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ดังภาพที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

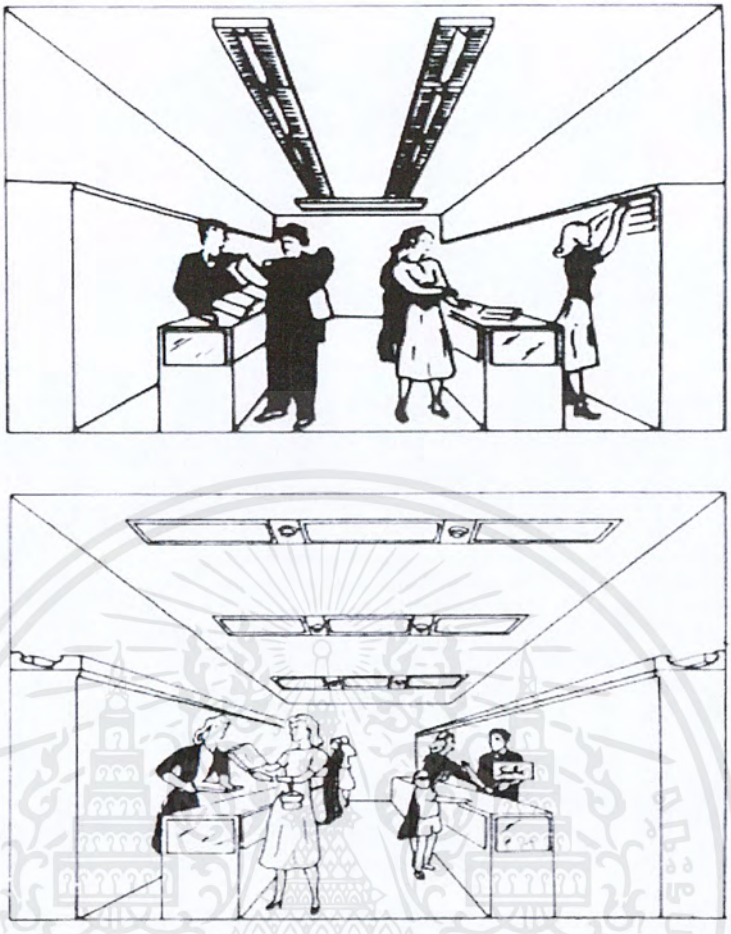
การติดตั้งดวงโคมแบบสมมาตรนี้ มักจะทำก่อนที่จะทราบตำแหน่งแน่นอนของโต๊ะทำงาน อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในสำนักงาน ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ หรือตำแหน่งของเครื่องจักร ดังนั้น ตำแหน่งของดวงโคมจึงมักถูกกำหนดโดยระยะของความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของดวงโคมกับความสูงของดวงโคม และโครงสร้างของฝ้าเพดาน



ภาพที่ 3.15 ลักษณะการจัดวางดวงโคมแบบสมมาตร

ดวงโคมที่ใช้จัดวางแบบสมมาตรนี้อาจจะเป็นอินเดนเดสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือหลอด HID ก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้ว ภายในบริเวณสำนักงานเรามักใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจจะติดตั้งเป็นหน่วยโดด ๆ หรือติดตั้งเป็นแถวยาวไปตามห้องก็ได้ และในบางครั้งแถวของดวงโคมฟลูออเรสเซนต์นี้ก็อาจจะมีอิทธิพลต่อความรู้สึกในการเห็นด้วย ซึ่งอาจทำให้ห้องทำงานดูเสมือนยาวขึ้นหรือกว้างขึ้นก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 การจัดวางดวงโคมทำให้มีความรู้สึกว่าห้องกว้างขึ้นหรือยาวขึ้นก็ได้

ข้อสำคัญอีกประการหนึ่ง สำหรับการจัดวางดวงโคมแบบสมมาตรนี้ก็คือ ระยะห่างระหว่างดวงโคมกับผนังไม่ควรเกินระยะครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างแถวของดวงโคมด้วยกันเอง และในกรณีที่รู้ว่าจะมีการจัดวางโต๊ะทำงานอยู่ชิดหรือใกล้เคียงกับผนังด้วย ระยะห่างระหว่างแถวของดวงโคมหรือไม่ควรเกิน 2.5 ฟุต สำหรับปลายสุดของแถวของดวงโคมก็ควรอยู่ห่างจากผนังระหว่าง 6 นิ้ว ถึง 1 ฟุต

- การจัดวางดวงโคมเฉพาะบริเวณ (local lighting) เราอาจจะติดตั้งดวงโคมเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษในเฉพาะบริเวณใดบริเวณหนึ่งในกรณีที่ต้องการระดับปริมาณแสงสว่างสูงขึ้น เช่น บริเวณโต๊ะทำงาน โต๊ะเขียนแบบ เครื่องพิมพ์ดีด หรืออุปกรณ์ในสำนักงานบางอย่างก็ได้ สิ่งที่จะต้องพึงระวังเมื่อติดตั้งดวงโคมเฉพาะบริเวณก็คือ มันอาจจะไปรบกวนหรือเกิดการแยงตากับผู้ที่อยู่ข้างเคียงได้

- การจัดวางดวงโคมเฉพาะจุด (supplementary lighting) โดยทั่วไปแล้วการจัดวางดวงโคมเฉพาะจุด มักจะทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มความเด่นให้กับจุดใดจุดหนึ่งโดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ป้ายเครื่องหมายการค้าหรือสัญลักษณ์ของบริษัท หรือตัวอย่างสินค้าในตู้โชว์ อย่างไรก็ตาม การออกแบบดวงโคมเฉพาะจุดจะต้องออกแบบให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของการจัดดวงโคมแบบสมมาตรที่อยู่ข้างเคียงด้วย

3.5.13 การออกแบบระบบแสงสว่างในสำนักงาน

ข้อพิจารณาพิเศษในการออกแบบระบบแสงสว่างในสำนักงานมีดังนี้ คือ

- บริเวณโดยทั่วไปของสำนักงาน (general office) บริเวณโดยทั่วไปของสำนักงานมักใช้ประโยชน์ร่วมกันหลายฝ่ายหลายแผนก มีลักษณะของงานกระดาษต่าง ๆ หลายประเภทด้วยกันเกี่ยวข้อง นับตั้งแต่งานขีดเขียน งานพิมพ์ดีด งานถ่ายเอกสาร หรือในบางครั้งอาจจะมีลักษณะงานบางอย่างที่จะต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย และจะต้องอ่านข้อมูลบนจอภาพหรือบนกระดาษคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ก็ยังมีการโยกย้ายและจัดโต๊ะทำงานใหม่บ่อยๆ หรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม หรือรื้อถอนผนังกั้นห้องในภายหลัง ฉะนั้นการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับบริเวณโดยทั่วไปของสำนักงานให้เหมาะสมสำหรับลักษณะงานทุกประเภท เพื่อให้ได้ทั้งประมาณและคุณภาพพร้อม ๆ กันจึงทำได้ยาก โดยทั่วไปแล้ว เรามักจะจัดเรียง (layout) ตำแหน่งของดวงโคมในลักษณะแบบที่เรียกว่าการจัดแบบสมมาตร ดังภาพที่ 3.17 เพื่อให้มีความคล่องตัวสูง และมีลักษณะของความสวยงามเป็นระเบียบในตัวมันเอง

ภาพที่ 3.17 ลักษณะของการจัดวางดวงโคมในสำนักงานทั่วไป

นอกจากนี้ยังจะต้องพยายามควบคุมระดับความจ้าและลดการแยงตาให้น้อยที่สุด เช่น ใช้โคมไฟแบบฝังเข้าไปในเพดาน บางครั้งอาจจะต้องใช้ดวงโคมเฉพาะบริเวณเข้าช่วยในบางจุดบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ต้องการปริมาณแสงมากขึ้นเป็นพิเศษ และยังอาจจะต้องคำนึงถึงระดับแสงสว่างบริเวณรอบ ๆ ผนังอีกด้วย ดวงโคมควรจะอยู่ชิดผนังพอสมควรเพื่อรักษาระดับแสงสว่างบนพื้นงานในบริเวณนี้ให้ใกล้เคียงกับบริเวณอื่นด้วย ข้อควรพิจารณาอีกประการหนึ่งสำหรับการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับบริเวณโดยทั่วไปของสำนักงานก็คือ ประสิทธิภาพของระบบและการถ่ายเทปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากดวงโคม

- ห้องทำงานส่วนตัว (private office) จุดประสงค์ของการออกแบบแสงสว่างสำหรับห้องทำงานส่วนตัว มักมุ่งไปที่การสร้างบรรยากาศให้รู้สึกสบายในการทำงานมากกว่าที่จะพิจารณาถึงเรื่องประสิทธิภาพของระบบ ระดับแสงสว่างภายในห้องควรจะเน้นมากขึ้นเป็นพิเศษบริเวณโต๊ะทำงานตำแหน่งหรือแนวของดวงโคมควรอยู่ในแนวเหนือศีรษะของผู้ปฏิบัติงาน มิใช่มีศูนย์กลางอยู่ที่โต๊ะทำงาน และควรพยายามหลีกเลี่ยงการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์บนโต๊ะทำงานเพราะจะทำให้เกิดเงาได้ง่าย การให้แสงสว่างบ้างแก่ผนังหรือม่านในบางครั้งจะช่วยทำให้ห้องดูกว้างขึ้นและมีบรรยากาศดีขึ้น ดังภาพที่ 3.18

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.18 ลักษณะการจัดวางดวงโคมในห้องทำงานส่วนตัว

- ห้องประชุม (conference room) ห้องประชุมมักจะเป็นสถานที่ใช้ในการปรึกษาหารือ อภิปราย และมักจะต้องมีการแสดงตัวเลข สถิติ ตารางเอกสารต่าง ๆ เพื่อใช้ในการอภิปรายและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัดสินใจ ซึ่งอาจจะมีผลกระทบโดยตรงต่อพนักงานหรือเกี่ยวข้องกับเงินเป็นจำนวนมากของบริษัท การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องประชุม จะต้องพยายามทำอย่างพิถีพิถันและทำให้เอื้ออำนวยต่อการประชุม เอื้ออำนวยต่อการใช้ความคิด นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงโสตทัศนูปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น สไลด์ เครื่องฉายภาพยนตร์ ระบบแสงสว่างภายในห้องประชุมในบางครั้งจึงต้องจัดเตรียมไว้เป็นพิเศษอีกชุดหนึ่งหรือหลายชุด หรืออาจจะมีระบบควบคุมไฟหรี่ ทั้งนี้เพื่อให้มีความคล่องตัวสูงและเหมาะสำหรับการใช้งานได้หลายประเภท การเพิ่มระดับแสงสว่างบนระนาบดิ่งในบางตำแหน่ง เช่น บนกระดานดำ หรือบนชาร์ต (chart) ต่าง ๆ เป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาเป็นพิเศษด้วย

- ห้องรับรองหรือห้องโถง (reception area) ห้องรับรองหรือห้องโถงมักจะเป็นบริเวณที่ผู้มาติดต่อกับบริษัทจะต้องผ่านเข้าออกหรือนั่งรออยู่เป็นประจำการออกแบบระบบแสงสว่างภายในบริเวณห้องรับรอง จะต้องทำให้เกิดความรู้สึกประทับใจและอบอุ่น โดยทั่วไปมักจะใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์เข้าช่วย อาจจะต้องเพิ่มปริมาณแสงมากขึ้นเป็นพิเศษที่โต๊ะทำงานของพวกพนักงานต้อนรับหรือมีดวงโคมส่องเฉพาะจุด เช่น บนบริเวณเครื่องหมายการค้าของบริษัท รูปภาพ ตลอดจนกระทั่งถึงตัวอย่างสินค้า ซึ่งอาจจะโชว์อยู่ภายในห้องรับรองด้วย

- บริเวณทางเดินและเฉลียง (corridors lighting) แสงสว่างในบริเวณนี้ไม่ควรต่ำกว่าหนึ่งในห้าของระดับแสงสว่างภายในสำนักงานที่อยู่ข้างเคียง และจะต้องไม่ต่ำกว่า 20 ฟุตแคนเดิล ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและความสบายตาต่อการปรับตัวของม่านตา ในบางครั้งก็ใช้ไฟกิ่งติดบนผนังแทนที่จะติดอยู่ในแนวกึ่งกลางบนเพดาน ซึ่งอาจช่วยในด้านความรู้สึกและเกิดความสวยงามขึ้นบ้าง ระยะห่างระหว่างดวงโคมไม่ควรเกิน 1 ถึง 1.5 เท่าของระดับความสูงของดวงโคม ดังภาพที่ 3.19

ภาพที่ 3.19 ลักษณะการจัดวางดวงโคมในบริเวณทางเดิน

- ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน (emergency lighting) ผู้ออกแบบระบบแสงสว่างจะต้องออกแบบระบบแสงสว่างฉุกเฉินเผื่อไว้ในกรณีที่เกิดไฟดับ หรือเมื่อระบบไฟฟ้าหลักเกิดการขัดข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสามารถทำงานได้ทันทีโดยอัตโนมัติเมื่อระบบไฟหลักเกิดขัดข้อง โดยทั่วไประบบแสงสว่างฉุกเฉินมักจะติดอยู่บนบริเวณทางเข้าออกสำนักงาน ทางเดิน บริเวณหน้าลิฟต์ และบ่อยครั้งที่จะถูกติดตั้งอยู่ใกล้บริเวณโต๊ะทำงานของพนักงานเก็บเงิน

3.5.14 ระบบแสงสว่างสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

จุดประสงค์หลักในการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมนอกจากจะต้องคำนึงถึงปริมาณแสงสว่างที่ต้องการเพื่อการใช้งาน ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณผลผลิตที่จะผลิตได้เพิ่มขึ้น ปริมาณวัสดุเสียที่จะลดลง ขวัญ กำลังใจ และสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจะดีขึ้นแล้ว ยังจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างและความปลอดภัยหรืออุบัติเหตุอันเกิดจากการทำงานอีกด้วย

เจ้าของโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ มักจะให้ความสำคัญในการพิจารณาเลือกซื้อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต พิจารณาการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการผลิต ตลอดจนกระบวนการในการผลิต เพื่อที่จะควบคุมหรือลดต้นทุนของสินค้า แต่มักจะมองข้ามความสำคัญของระบบแสงสว่างที่ใช้ในโรงงานไปเพราะเข้าใจว่าเป็นการสิ้นเปลืองและเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตในทางตรงอีกด้วย ซ้ำมองไม่เห็นถึงผลที่จะได้รับจากการติดตั้งจำนวนควงโคมเพิ่มขึ้นหรือติดตั้งระบบแสงสว่างใหม่หมดทั้งโรงงาน เช่น

- สามารถผลิตสินค้าได้เพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงเวลาการทำงานเท่าเดิม
- สามารถลดผลัดการทำงานลงเหลือเพียง 2 ผลัด แทนที่จะต้องใช้ถึง 3 ผลัดในการผลิตสินค้าเท่าเดิม
- ลดจำนวนวัสดุอุปกรณ์หรือสินค้าที่ผลิตเสีย และจะต้องทิ้งหรือทำลายไปได้ 15 เปอร์เซ็นต์
- ลดจำนวนอุบัติเหตุอันเกิดกับพนักงานและเครื่องจักรกลลงได้ 30 เปอร์เซนต์ต่อปี
- ประหยัดค่าไฟลงได้ 25 เปอร์เซนต์ต่อเดือน
- ความกระตือรือร้นในการทำงานเพิ่มมากขึ้น
- ความเครียดของพนักงานอันเกิดจากการเพ่งใช้สายตาเพราะแสงสว่างไม่เพียงพอลดน้อยลง
- ภาพพจน์ที่ดีขึ้นของโรงงานจากสายตาบุคคลภายนอกที่เข้ามาเยี่ยมชม

สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ล้วนมีผลกระทบโดยตรงอย่างมากต่อต้นทุนในการผลิตสินค้า ซึ่งมักจะถูกมองข้ามไป ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการทำการสำรวจและพบว่า ในการติดตั้งระบบแสงสว่างเพื่อให้ได้ปริมาณแสงสว่างที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการใช้งานจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า 1 เปอร์เซนต์ของค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่อปีของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.15 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมก็เช่นเดียวกับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับสถานที่ใช้งานประเภทอื่น ๆ กล่าวคือ ขั้นแรกจะต้องวิเคราะห์ถึงลักษณะของงานที่ทำในสถานที่นั้น ๆ เช่น ขนาด คอนทราสต์ ความจ้า และความเร็วในการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน ซึ่งสิ่งทั้งหมดนี้จะมาเป็นตัวกำหนดระบบแสงสว่างที่เหมาะสมในเชิงปริมาณ (quantity) และคุณภาพ (quality) ขั้นต่อไปก็เป็นการพิจารณาเลือกชนิดของหลอดไฟและลักษณะของดวงโคม

3.5.16 การพิจารณาระบบแสงสว่างในเชิงปริมาณ

งานแต่ละประเภทมีความต้องการปริมาณแสงสว่างแตกต่างกันออกไป เช่น เมื่อเราอ่านหนังสือเราอาจจะต้องการปริมาณแสงสว่าง 50 ฟุตแคนเดิล เมื่อเราทำการประกอบชิ้นส่วนของอุปกรณ์บางอย่าง เราอาจจะต้องการปริมาณแสงถึง 100 ฟุตแคนเดิล และอาจจะต้องการปริมาณแสงมากถึง 200 ฟุตแคนเดิล ในการทำงานที่ละเอียดอ่อนหรือเล็กมาก ๆ เป็นต้น

ในโรงงานหนึ่ง ๆ มักจะมีลักษณะงานหลาย ๆ ประเภทที่ต้องการปริมาณแสงที่แตกต่างกันออกไป รวมอยู่ในตัวโรงงานเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตาม พื้นที่ใช้สอยของลักษณะงานแต่ละประเภทก็มักจะถูกแบ่งเป็นสัดเป็นส่วนกันออกไป ขั้นแรกผู้ออกแบบจะต้องกำหนดระดับปริมาณแสงสว่างซึ่งเพียงพอสำหรับลักษณะของประเภทการใช้งานส่วนใหญ่ทั้งหมดในตัวโรงงานก่อน ต่อจากนั้นจึงติดตั้งดวงโคมเสริมเพิ่มบนพื้นที่ใช้สอยซึ่งต้องการปริมาณแสงสว่างเพิ่มขึ้น

สำหรับโรงงานซึ่งจะมีละอองหรือคราบสกปรกสะสมค่อนข้างมากและเร็ว หรือสถานที่ซึ่งไม่สามารถทำความสะอาดได้บ่อยครั้งเท่าที่ควรจะเป็นปริมาณแสงสว่างที่ออกแบบไว้ในครั้งแรก (initial level) ควรจะสูงกว่าค่าที่ต่ำสุดที่แสงไว้ในตารางที่ 3.3 ค่อนข้างมาก

3.5.17 การพิจารณาระบบแสงสว่างในเชิงคุณภาพ

เมื่อเราพูดถึงคุณภาพของระบบแสงสว่าง เราหมายถึงอัตราส่วนความจ้า (brightness ratio) ระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ข้างเคียง การสะท้อนของแสงเข้าสู่ตา สี เงา และความสม่ำเสมอของความสว่าง (uniformity) สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะมีผลกระทบต่อสมรรถนะในการเห็น ความสบายในการใช้สายตาตลอดจนกระทั่งความล้าของกล้ามเนื้อตา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ปริมาณแสงสว่างขั้นต่ำที่ต้องการสำหรับงานอุตสาหกรรมลักษณะต่าง ๆ

ลักษณะของชิ้นงาน/พื้นงาน	ฟุตแคนเดิล
โรงจักร โรงงานประกอบเครื่องจักร	
- งานชิ้นใหญ่หรือการประกอบชิ้นงานที่ง่ายๆ	50
- งานขนาดกลางหรือการประกอบชิ้นงานที่ยากขึ้น	100
- ลักษณะงานที่ยากขึ้น	150
- ลักษณะของงานละเอียด	300
บริเวณรับสินค้า-ส่งสินค้า	30
คลังสินค้า ห้องเก็บของ	30
คลังสินค้ากลางแจ้ง	20
บริเวณที่จอดรถ	
- พื้นที่ทั่วไป	2
- บริเวณที่มีคนเดินไปมา	5
- บริเวณทางเข้า-ออก	50

- ความจ้าและอัตราส่วนความจ้า เมื่อเรามองดูวัตถุที่มีความจ้ามาก ๆ ม่านตาจะหรี่ลงเพื่อควบคุมมิให้ปริมาณแสงเข้าสู่ตามากจนเกินไป ในทางตรงข้ามถ้าแสงจากวัตถุหรือชิ้นงานสะท้อนเข้าสู่ตาน้อยเกินไป ม่านตาจะขยายตัวออก เพื่อปรับให้ระดับแสงเข้าสู่ตามากขึ้น ดังนั้น จะเห็นได้ว่าถ้าวัตถุที่อยู่ใกล้เคียงกันมีระดับความจ้าที่ต่างกันมาก ๆ แล้ว กล้ามเนื้อตาก็จะต้องทำงานถี่มากขึ้นอันจะเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อตาล้าเร็ว

ในการออกแบบระบบแสงสว่าง เรามิได้คำนึงถึงความจ้าของชิ้นงานและพื้นโต๊ะเท่านั้น แต่เรายังคำนึงถึงตัวดวงโคมเพดาน ผนัง และสิ่งแวดล้อมที่อยู่ข้างเคียงทั้งหมดอีกด้วย ถ้าเราสามารถจัดให้ความจ้าของสิ่งแวดล้อมทั้งหมดสอดคล้องกลมกลืนกันได้ ก็จะทำให้รู้สึกสบายตามากขึ้น อย่างเช่น ควรเลือกใช้ดวงโคมชนิดที่มีแสงสว่างกระจายขึ้นสู่เบื้องบน เพื่อลดความจ้าของตัวดวงโคมเอง ควรทาสีฝ้าเพดานหรือโครงหลังคาด้วยสีขาว หรือสีที่มีความสามารถในการสะท้อนแสงสูง เพื่อให้แสงสะท้อนกลับลงสู่พื้นงาน การเลือกดวงโคมและการทาสีเพดานดังกล่าวจะช่วยลดความแตกต่างของความจ้าระหว่างดวงโคมกับเพดานลงได้

แต่อย่างไรก็ตาม ลักษณะของงานบางประเภทซึ่งสีของชิ้นงานมีสีค่อนข้างมืดกว่าพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียง เราก็จะต้องพยายามจัดมิให้ชิ้นงานนั้นมีความจ้ามืดไปกว่าพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียงเกิดอัตราส่วน 1:3 เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนมากที่สุดที่ยอมรับได้ของความจ้าระหว่างสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ข้างเคียงกัน ถ้าสามารถทำให้อัตราส่วนนี้ลดน้อยลงได้สมรรถนะในการเห็นก็จะยิ่งดีขึ้น โดยทั่วไปแล้วเราพยายามที่จะทำให้ชิ้นงานมีความจ้าสูงกว่าพื้นงานที่อยู่ข้างเคียงในอัตราส่วนไม่เกิน 3:1

ตารางที่ 3.4 อัตราส่วนความจ้าสูงสุดที่ควรจะเป็น

ลักษณะงาน	อัตราส่วนที่ควรจะเป็น
1. ระหว่างชิ้นงานและพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งมืดกว่า	3-1
2. ระหว่างชิ้นงานและพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งสว่างกว่า	1-3
3. ระหว่างชิ้นงานและผนังที่มืดกว่า ซึ่งอยู่ไกลออกไป	10-1
4. ระหว่างชิ้นงานและผนังที่สว่างกว่า ซึ่งอยู่ไกลออกไป	1-10
5. ระหว่างดวงโคมและพื้นที่ข้างเคียง	20-1
6. พื้นผิวทั่วๆไป	40-1

(ก) อัตราส่วน 3:1 (ข) อัตราส่วน 1:10 (ค) อัตราส่วน 1:3

ภาพที่ 3.20 อัตราส่วน

จากภาพที่ 3.20 จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนความจ้าระหว่างชิ้นงานและพื้นงานที่อยู่โดยรอบมีค่า 1:10 [รูป (ข)] กล้ามเนื้อตาจะเกร็งมากกว่า เมื่อขณะที่เราพิจารณาดูรูปอีกสองรูปที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งมีอัตราส่วนความจ้าเท่ากับ 3:1 และ 1:3 ตามลำดับ

- สีและความทสามารถในการสะท้อนแสง ความสามารถในการสะท้อนแสงของผนัง เพดาน พื้น หรือแม้กระทั่งตัวเครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่อยู่ภายในโรงงาน จะมีผลกระทบต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมรรถนะในการเห็นและความสบายตาในการใช้สายตาโดยตรง เพดานหรือผนังที่ถูกทาด้วยสีที่มีความสามารถในการสะท้อนแสงต่ำ จะทำให้ตัวโรงงานหรือบริเวณภายในห้องดูมืดลงมากกว่าที่ควรจะเป็นก็ได้

ตารางที่ 3.5 เป็นค่าความสามารถในการสะท้อนแสงที่ IES ได้เสนอแนะไว้ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป

ตารางที่ 3.5 ค่าความสามารถในการสะท้อนแสงสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

ลักษณะงาน	ความสามารถในการสะท้อนแสง(%)
เพดาน	80-90
ทางเดิน	40-60
โต๊ะทำงาน	25-45
เครื่องจักรและอุปกรณ์	
พื้น	ไม่น้อยกว่า 20

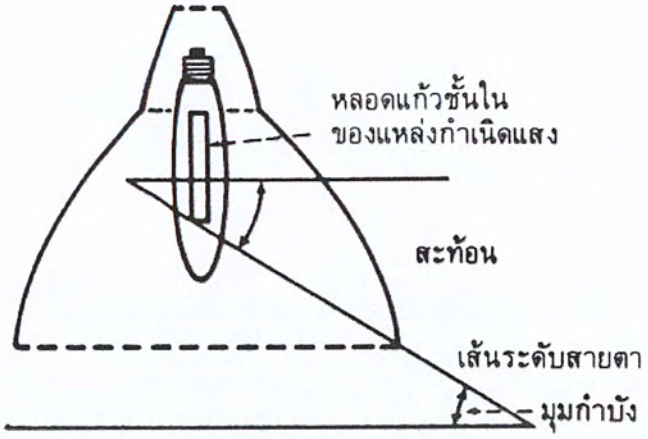
นอกจากเราจะใช้สีช่วยทาผนัง เพดาน หรือแม้กระทั่งพื้น เพื่อช่วยจัดค่าความสามารถในการสะท้อนแสงภายในโรงงานให้เหมาะสมกลมกลืนกันแล้วบางโรงงานยังใช้สีเป็นตัวกำหนดหรือใช้เป็นสัญลักษณ์บอกความหมายบางอย่างอีกด้วย เช่น ใช้สีแดงทาบนป้ายทางออกฉุกเฉินหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการดับเพลิง ใช้สีเขียวทาบนป้ายของห้องปฐมพยาบาล ใช้สีเทาหรือสีน้ำเงินทาบนเครื่องจักรกลต่าง ๆ เป็นต้น สียังอาจทำให้บริเวณโดยรอบดูมีชีวิตชีวาขึ้น หรือใช้เป็นตัวช่วยในการเปลี่ยนบรรยากาศภายในห้องต่าง ๆ ก็ได้ เช่น เราอาจจะใช้สีที่ดูสดใสขึ้นสำหรับห้องอาหาร ห้องน้ำ หรือบริเวณห้องรับแขก ห้องประชุมภายในโรงงานก็ได้

- การกำจัดแสงแยงตาและเงา การออกแบบระบบแสงสว่างที่ไม่ดี อาจจะทำให้เกิดแสงแยงตาอันอาจเป็นเหตุให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานหรือเกิดเงาในบริเวณที่ต้องการแสงสว่างได้

แสงแยงตาเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะด้วยกันคือ เกิดขึ้นจากตัวดวงโคมโดยตรงหรือเกิดขึ้นจากการสะท้อนของแสงบนผิววัตถุมันเข้าสู่ตา การกำจัดแสงแยงตาจากดวงโคม สามารถทำได้โดยการติดตั้งดวงโคมให้สูงกว่าระดับสายตา หรือ เพิ่มมุมกำบัง (shielding angle) ให้มากขึ้น

จากภาพที่ 3.21 มุมกำบังคือ มุมที่อยู่ระหว่างแนวเส้นแรกที่สายตาเริ่มมองเห็นหลอดไฟในดวงโคมกับแนวระดับเมื่อมุมนี้กว้างมากขึ้น โอกาสที่แสงจากหลอดไฟจะแยงเข้าสู่ตาก็จะลดน้อยลง โดยปกติแล้วมุมกำบังควรจะมีค่าอยู่ระหว่าง 25 ถึง 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.21 มุมกำบัง

ส่วนการกำจัดแสงแยงตาอันเกิดจากการสะท้อนแสงจากผิววัตถุมันเข้าสู่ตา จะต้องพิจารณาถึงมุมตกกระทบและมุมหักเหที่เกิดขึ้น การเปลี่ยนตำแหน่งในการทำงานหรือเลือกใช้ดวงโคมชนิดที่แผ่นกระจกหรือแผ่นพลาสติกปิดด้านหลังเพื่อลดความจ้าของตัวดวงโคมลงจะช่วยแก้ปัญหาในกรณีเช่นนี้ได้

ในกรณีที่ตำแหน่งเครื่องจักรกลหรือตำแหน่งที่ทำงานไม่สัมพันธ์กับการจัดวางดวงโคมแบบสมมาตรที่จัดไว้ก่อน ก็อาจจะทำให้เกิดเงาขึ้นได้ ในกรณีเช่นนี้อาจจะต้องติดดวงโคมเฉพาะบริเวณเข้าช่วยดังแสดงในภาพที่ 3.22

ภาพที่ 3.22 แสดงให้เห็นการติดตั้งดวงโคมเฉพาะบริเวณ

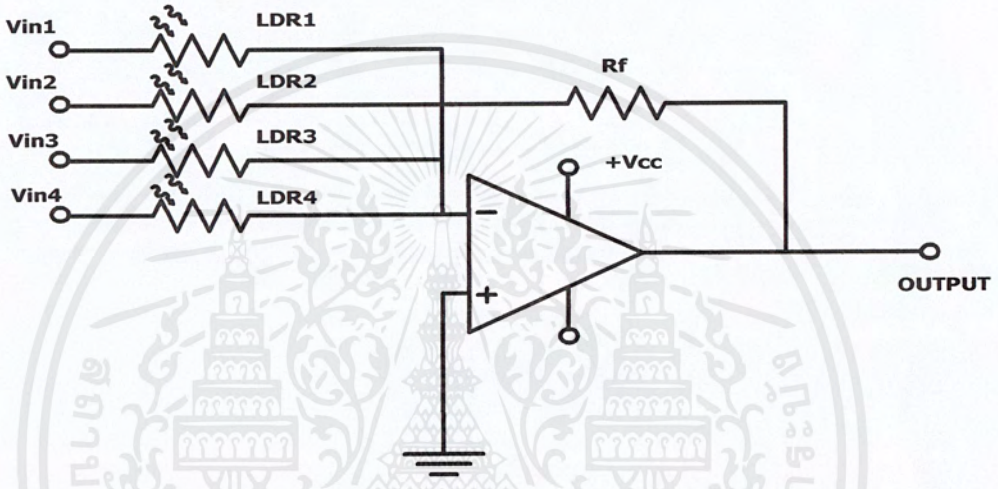
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ชุดเซนเซอร์

ชุดเซนเซอร์ ใช้ LDR เป็นตัวเซนเซอร์แสงแล้วทำการบันทึกค่าลงในตาราง



ภาพที่ 4.1 ชุดเซนเซอร์กระแส

โดยจะใช้ LDR ทั้งหมด 4 ตัวเพื่อเป็นตัวตรวจจับความเข้มของแสงจากภายนอกห้องโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านตามความเข้มของแสง

หลักการก็คือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานอันเนื่องมาจากค่าความเข้มของแสงมาตกกระทบที่ตัว LDR เมื่อความเข้มมีค่าความเข้มของแสงสูงมาก ค่าความต้านทานของ LDR แต่ละตัวก็จะมีค่าน้อยลง และเมื่อความเข้มมีค่าความเข้มของแสงน้อยมาก(มืด) ค่าความต้านทานของ LDR แต่ละตัวก็จะมีค่ามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

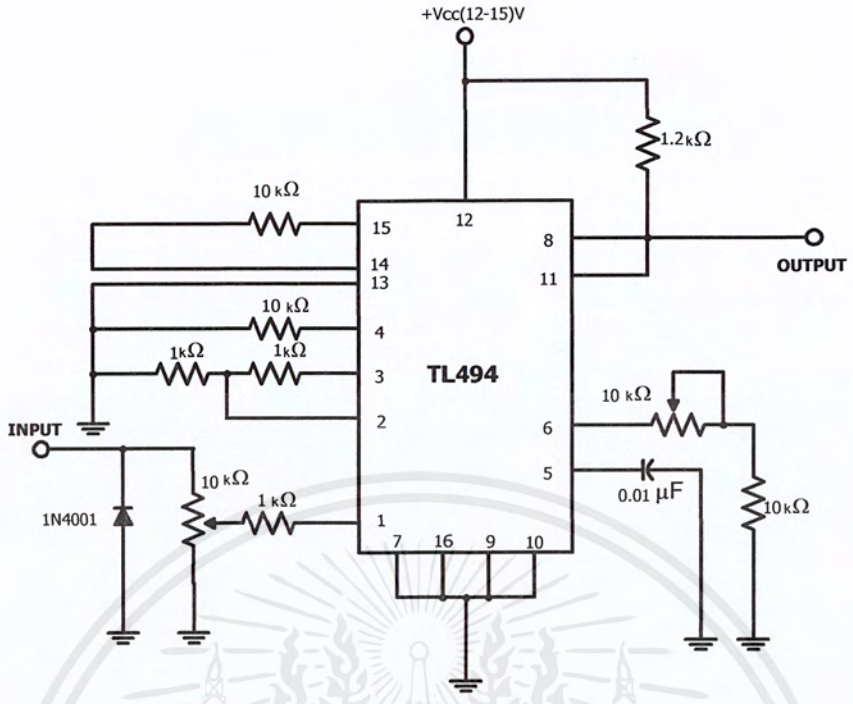
การเปลี่ยนแปลงที่ OUTPUT เป็นดังนี้

$$Vout = [(1/R1)+(1/R2)+(1/R3)+(1/R4)] * (Rf\ Vin)$$

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองชุดเซนเซอร์แสง

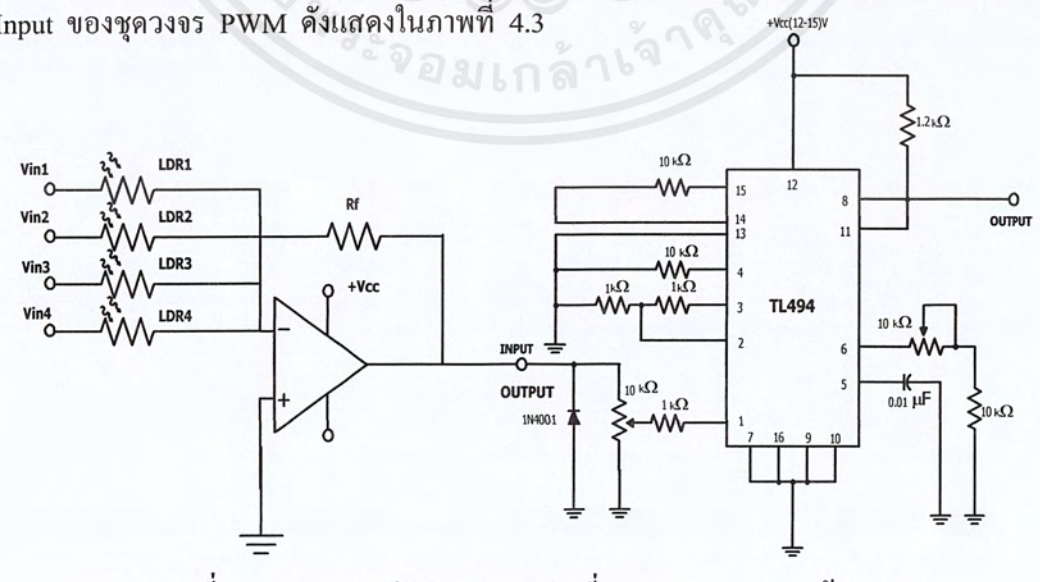
ความเข้มของแสง (LUX)	Vin	Vout	ค่าความต้านทาน LDR
2	5	0.586	0.3MΩ
25.7	5	0.621	19.3KΩ
129.3	5	0.666	5.7KΩ
152.6	5	0.667	4.6KΩ
280	5	0.667	2.7KΩ
360	5	0.667	2.52KΩ
384	5	0.667	2.5KΩ
480	5	0.668	2.3KΩ
1590	5	0.708	0.9KΩ
2290	5	0.718	0.8KΩ
2360	5	0.720	0.8KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 วงจร PWM

หลังจากชุด Op-amp แล้ว แรงดันที่ได้ออกมาจากชุด Op-amp นั้นจะถูกส่งเข้าไปทำการควบคุมที่ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ชุดชุดไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องการแรงดันระดับตั้งแต่ 0-5 V ดังนั้นเมื่อมีแรงดันเพียงแค่นี้ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถที่จะทำงานได้ดังนั้นจึงต้องมีการปรับระดับแรงดันเสียก่อน จากการปฏิบัติจึงเลือกใช้วงจร (PWM) PULSE WIDTH MODULATION มาเป็นชุด DRIVER ดังภาพที่ 4.2 โดยที่นำ Output ของชุดเซนเซอร์ มาที่ Input ของชุดวงจร PWM ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แสดงการปรับระดับแรงดันที่ออกจาก Op-amp ด้วย PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.3 และค่าจากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าแรงดัน Output ที่ออกจากชุด Op-amp มีค่าไม่สูงพอที่จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้ เพราะเราต้องการแรงดันอินพุท 0-5 V ที่ชุดแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล แต่แรงดันที่ได้นั้นมีค่าต่ำมากจึงต้องมีการนำเอาแรงดันที่ได้นั้นมาทำการปรับค่าระดับแรงดันเสีย เพื่อที่ให้สามารถส่งค่าแรงดันมาทำการควบคุมได้ในต่อไป ตารางที่ 4.2 จะเป็นการทดลองการปรับค่าระดับแรงดัน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการปรับระดับแรงดันจาก Op-amp ด้วย PWM

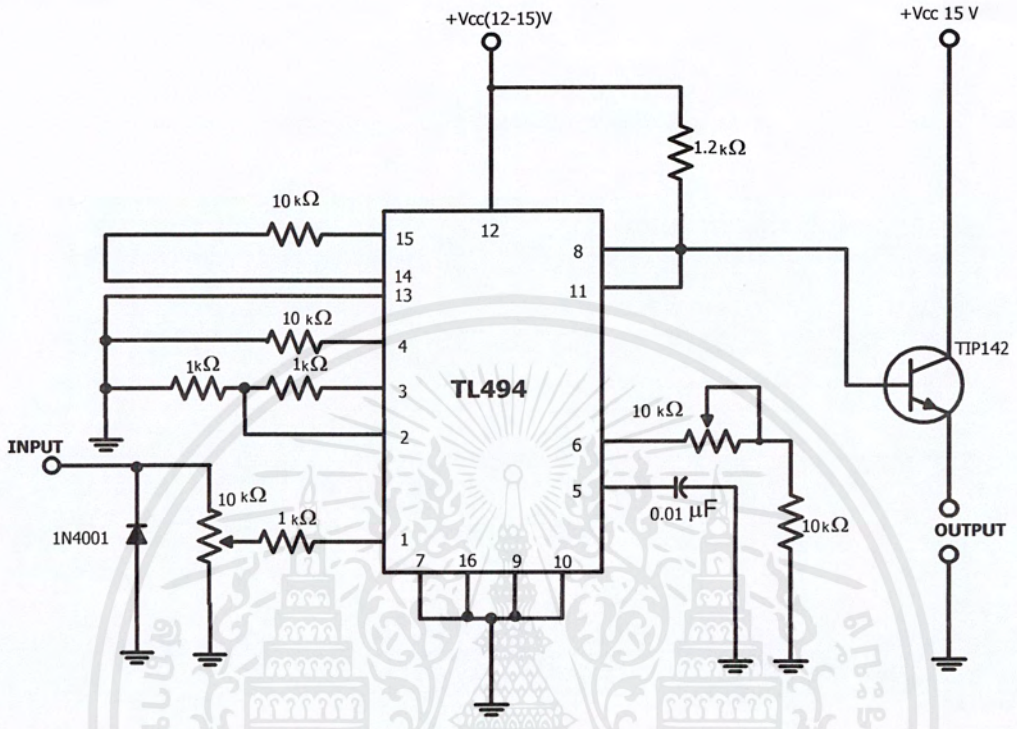
Vout(Op-amp)	Vout(PWM)	ค่าความเข้มแสง(LUX)
0.9	5	3600
0.82	4.5	2060
0.814	4.0	1200
0.78	3.75	880
0.75	3.5	660
0.72	3.25	399
0.7	3.0	250
0.67	2.75	138
0.64	2.5	80
0.59	2.0	32
0.45	1.5	19
0.1	1	8
0.0	0	0

แรงดันที่ออกจาก Output ของชุด PULSE WIDTH MODULATION หรือ DRIVER นั้นจะถูกส่งไปยัง ชุดแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล เพื่อใช้ในการควบคุม เมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ แล้วแรงดันที่ออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเป็นแรงดันจาก 0-5 V และต้องทำการแปลงกลับจากดิจิตอลเป็นอนาลอก เพื่อส่งเข้าไปที่ชุด DC บัลลาซส์ เพื่อควบคุมหลอดไฟ แต่ชุด DC บัลลาซส์ต้องการระดับแรงดันและกระแสที่สูง จึงต้องใช้ ชุด DRIVER อีกชุดหนึ่งดังภาพที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ชุด DRIVER

โดยวงจร PULSE WIDTH MODULATION



ภาพที่ 4.4 DRIVER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

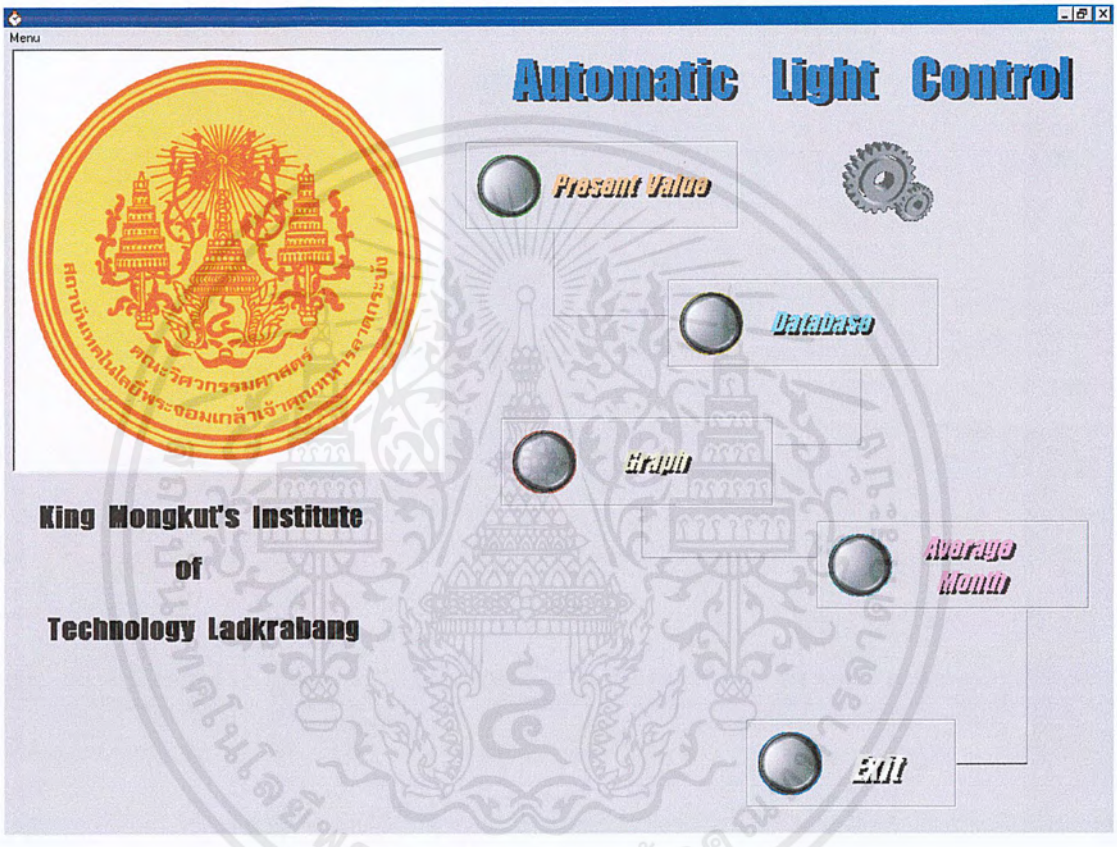
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองชุด DRIVER

Voutจากชุดคอนโทรลเลอร์	Voutจากชุด PWM	ค่าความเข้มที่ได้มาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์(LUX)
5	14.58	479
4.5	13.8	455
4	11.78	440
3.75	10.76	418
3.5	9.76	409
3.25	8.79	389
3	8.06	367
2.75	6.93	325
2.5	6	297
2.25	5	262
2	4.21	225
1.5	2.28	180
1	1.25	80
0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

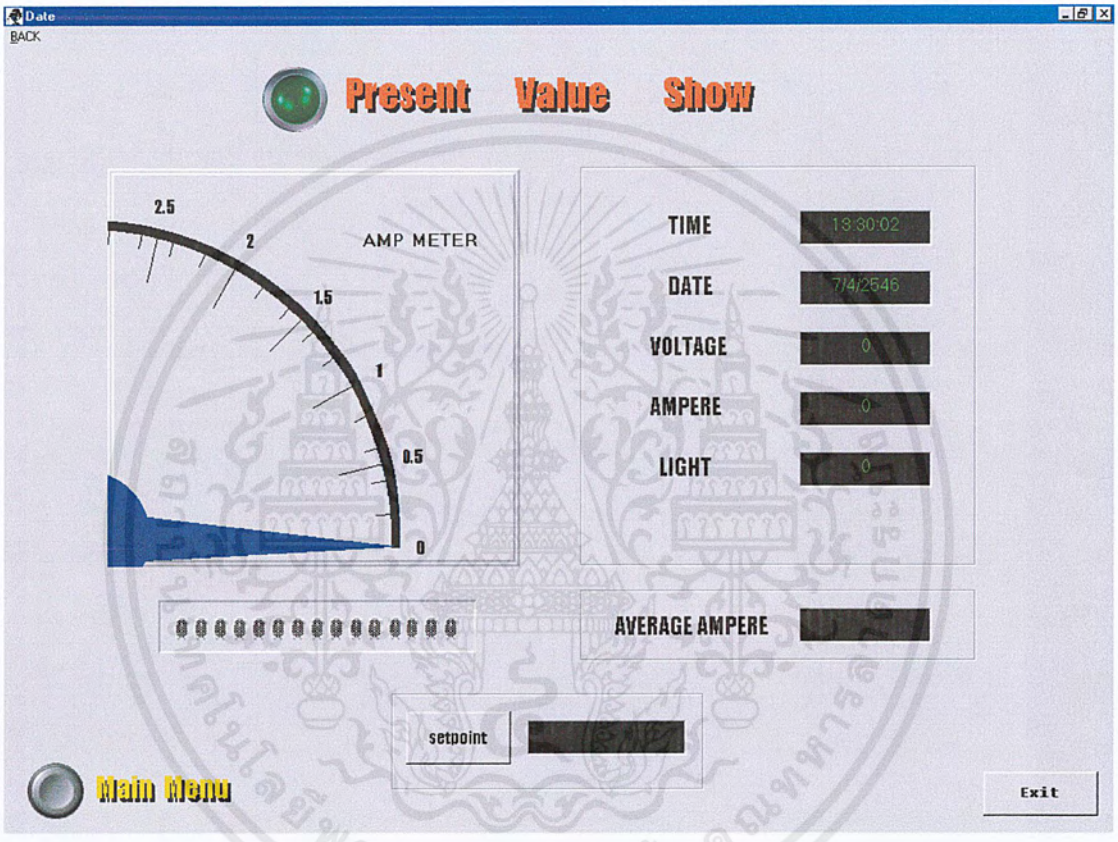
4.3 ชุดฐานข้อมูล

Main Form (FrmMain)



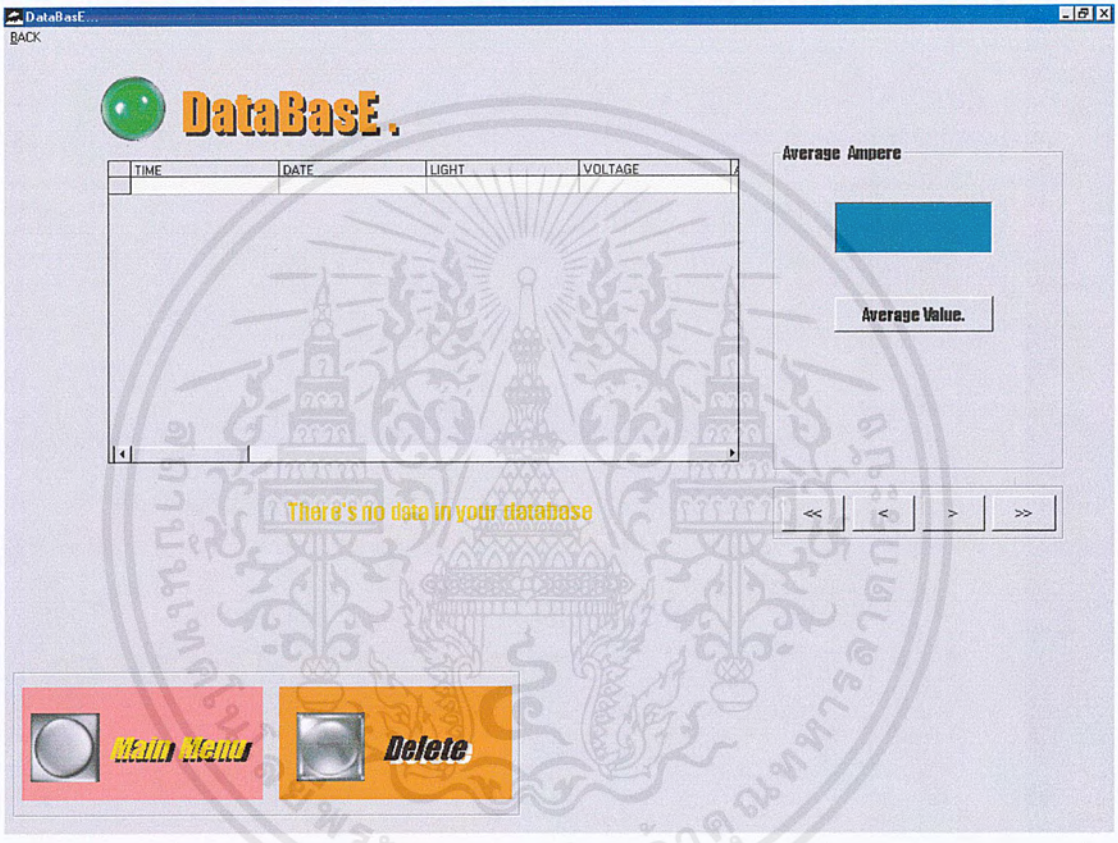
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Present Form (FrmDate)



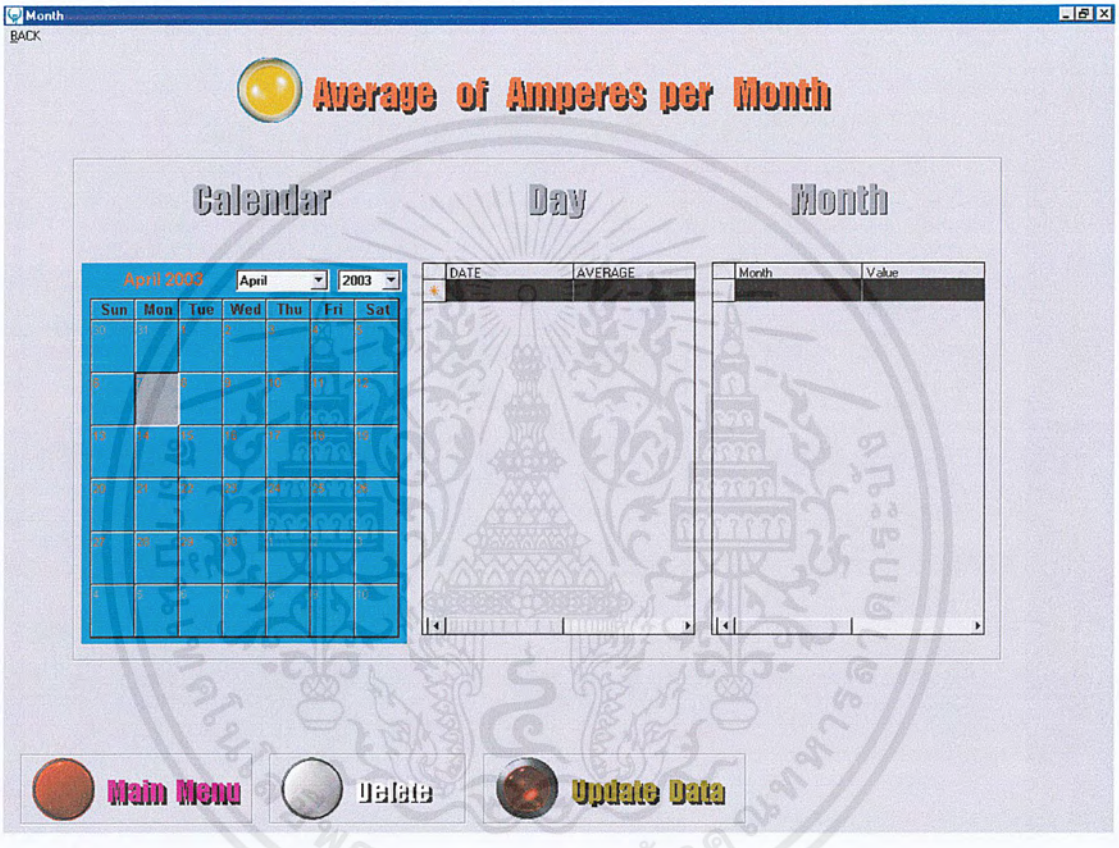
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Database Form (FrmDatabase)



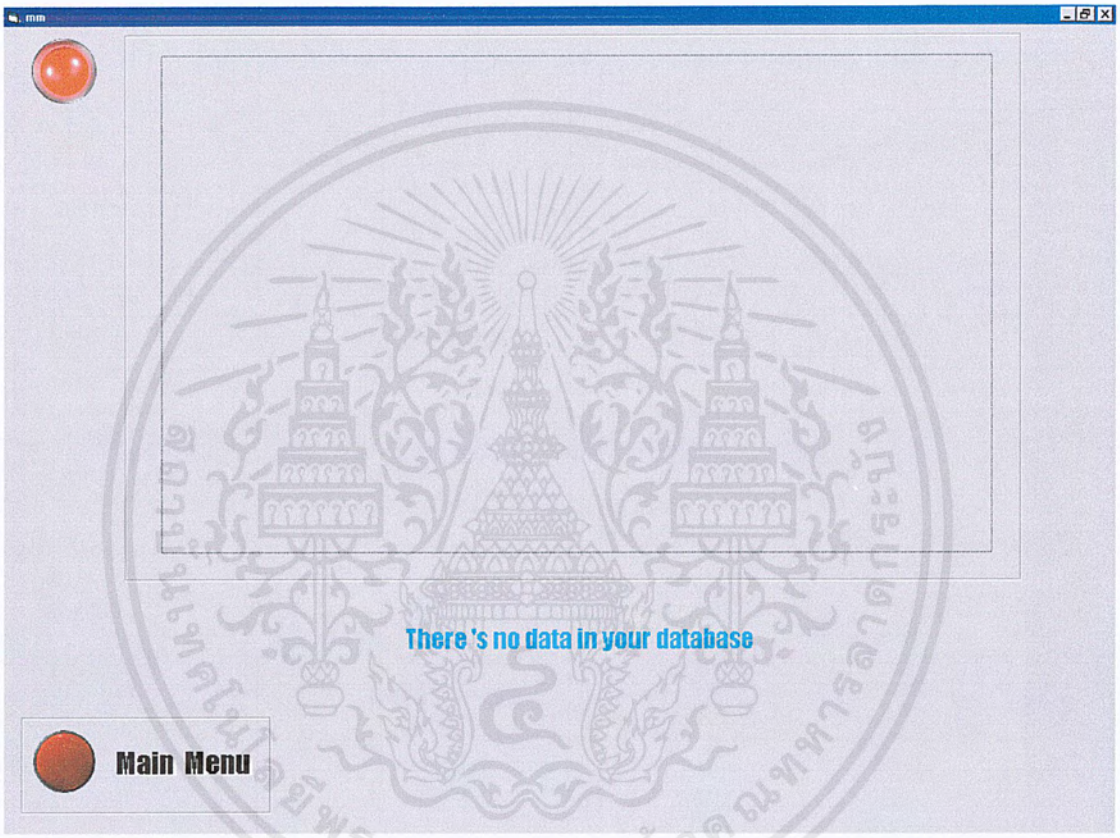
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Month Form (FrmMonth)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Graph Form (Graph)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FrmMain

```
Private Sub Form_Activate()
frmmonth.Adodc2.Refresh
Adodc1.Refresh
End Sub

Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim volt As Variant
volt = MSComm1.Input
End Sub

Private Sub xcButtonA1_Click()
frmDate.Show
Adodc1.Refresh
End Sub

Private Sub xcButtonA2_Click()
frmDatabase.Show
Adodc1.Refresh
Unload Me
End Sub

Private Sub xcButtonA3_Click()
Graph.Show
Unload Me
End Sub

Private Sub xcButtonA4_Click()
frmmonth.Show
Adodc1.Refresh
frmmonth.Adodc2.Refresh
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Unload Me
End Sub

Private Sub xcButtonA5_Click()
frmYear.Show
Unload Me
End Sub

Private Sub xcButtonA6_Click()
End
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Frmdate

```
Dim i, a As Integer
Dim v, amp, l As Variant

Private Sub cmdMain_Click()
frmMain.Show
Unload Me
End Sub

Private Sub Command1_Click()
MSComm1.Output = "#" + Text5.Text
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Unload Me
End Sub

Private Sub MNBACK_Click()
Unload Me
frmMain.Show
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
txtTime = Time
txtDate = Date
End Sub

Private Sub Timer10_Timer()
Text7.Text = Text6.Text
Text8.Text = Asc(Text7.Text)
Text9.Text = Chr(Text8.Text)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Timer11_Timer() 'volt value
Dim m, a As Variant
m = Text7.Text
a = "&H" + m
Text2.Text = Val(a)
txtLux.Text = Text2.Text * 0.01982
txtAmp.Text = Text2.Text * 0.0010262
txtVolt.Text = Text2.Text * (0.0083)
End Sub

Private Sub Timer3_Timer()
LBSAVE.Visible = False
LED1.Value = 0
Text1.Text = ""
End Sub

Private Sub Timer4_Timer() 'delete value
On Error Resume Next
If a = 4 Then
Adodc1.Refresh
For i = 1 To 3
With Adodc1.Recordset
.MoveFirst
.Delete
.MoveNext
End With
Next i
Adodc1.Recordset.AddNew
Adodc1.Recordset.Update
Timer5.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
End Sub

Private Sub Timer5_Timer()
Timer4.Enabled = False
End Sub

Private Sub Timer6_Timer() 'light
xcLedA1.xcValue = True
End Sub

Private Sub Timer7_Timer() 'light
xcLedA1.xcValue = False
End Sub

Private Sub Timer8_Timer() 'sending value to MCS 51
MSComm1.Output = "@"
Select Case MSComm1.CommEvent
Case comEvReceive
Text6.Text = MSComm1.Input 'receiving input
End Select
End Sub

Private Sub Timer9_Timer()
Timer8.Enabled = True
End Sub

Private Sub xcButtonA1_Click()
xcButtonA1.xcValue = True
frmMain.Show
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Load()
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.InputLen = 0
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.RThreshold = 3
Text5.Text = ""
LED1.Value = 0
If Adodc1.Recordset.MaxRecords = 0 Then
Adodc1.Recordset.AddNew
Else: Adodc1.Recordset.MoveLast
Adodc1.Recordset.MoveNext
Adodc1.Recordset.AddNew
End If
Text1.Text = ""
End Sub

Private Sub Timer2_Timer() 'main timer
On Error Resume Next
Adodc1.Recordset.AddNew
Timer3.Enabled = False
txtTime.Text = Text
txtDate.Text = Text
txtVolt.Text = Value
txtAmp.Text = Value
txtLux.Text = Value
a = Adodc1.Recordset.RecordCount
If a = 4 Then
Adodc1.Refresh
LBSAVE.Visible = True
Timer5.Enabled = False
Adodc2.RecordSource = "select avg(ampere) as amps from mm"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Adodc2.Refresh
Text1.Text = Adodc2.Recordset!amps
LED1.Value = 15
Adodc3.Refresh
Adodc3.Recordset.MoveLast
Adodc3.Recordset.AddNew
Adodc3.Recordset!Date = Date
Text1.Text = Adodc2.Recordset!amps
Adodc3.Recordset.Update
Timer4.Enabled = True
Timer3.Enabled = True
End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FrmDatabase

```
Dim i As Integer

Private Sub cmdavg_Click()
On Error Resume Next
Adodc2.RecordSource = "Select avg(ampere) as Amp From mm"
Adodc2.Refresh
txtavg.Text = Adodc2.Recordset!amp
End Sub

Private Sub cmdFirst_Click()
On Error GoTo GoLastError
Adodc1.Recordset.MoveFirst
Exit Sub
GoLastError:
MsgBox Err.Description, 16, "Error message. "
End Sub

Private Sub cmdLast_Click()
On Error GoTo GoLastError
Adodc1.Recordset.MoveLast
Exit Sub
GoLastError:
MsgBox Err.Description, 16, "Error message. "
End Sub

Private Sub cmdNext_Click()
On Error GoTo GoLastError
Adodc1.Recordset.MoveNext
If Adodc1.Recordset.EOF Then
Adodc1.Recordset.MoveLast
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
Exit Sub
GoLastError:
MsgBox Err.Description, 16, "Error message. "
End Sub
Private Sub cmdPrevious_Click()
On Error GoTo GoLastError
Adodc1.Recordset.MovePrevious
If Adodc1.Recordset.BOF Then
Adodc1.Recordset.MoveFirst
End If
Exit Sub
GoLastError:
MsgBox Err.Description, 16, "Error message. "
End Sub

Private Sub Form_Activate()
Adodc1.Refresh
Label3.Visible = False
If Adodc1.Recordset.RecordCount = 0 Then
Label3.Caption = "There's no data in your database"
Label3.Visible = True
End If
End Sub

Private Sub MNBACK_Click()
frmMain.Show
Unload Me
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
xcLedA1.xcValue = True
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
xcLedA1.xcValue = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub xcButtonA1_Click()
frmMain.Show
Unload Me
End Sub

Private Sub xcButtonA2_Click()
On Error Resume Next
On Error GoTo DeleteErr
If Adodc1.Recordset.RecordCount = 0 Then
Label3.Visible = True
Label3.Caption = "There's no data in your database"
Else
With Adodc1.Recordset
If MsgBox("Are you sure to delete this record ?", vbYesNo, "Delete record") = vbYes Then
.Delete
.MoveNext
If .EOF Then
.MoveLast
End If
Else
Adodc1.Recordset.CancelBatch
End If
End With
End If
Exit Sub
DeleteErr:  MsgBox Err.Description, 16, "Error message. "
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FrmMonth

```
Public z, x, u As Variant

Private Sub Form_Activate()
On Error Resume Next
Text5.Text = Month(Date) 'NOW
Adodc2.Refresh
Adodc3.Refresh
Calendar1.Today
Calendar1.Refresh
DataGrid1.Refresh
DataGrid2.Refresh
End Sub

Private Sub Text5_Change() 'delete when changing month
On Error Resume Next
Adodc5.Refresh
For z = 1 To 35
With Adodc5.Recordset
.MoveFirst
.Delete
.MoveNext
End With
Next z
Adodc5.Refresh
Adodc2.Refresh
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
xcLedA1.xcValue = True
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Timer2_Timer()
xcLedA1.xcValue = False
End Sub

Private Sub xcButtonA1_Click()
On Error Resume Next
xcButtonA1.xcValue = True
frmMain.Show
Unload Me
End Sub

Private Sub xcButtonA2_Click()
On Error Resume Next
Adodc2.Refresh
With Adodc2.Recordset
If MsgBox("Are you sure to delete a record of this day ?", vbYesNo, "Delete
record") = vbYes Then
.Delete
.MoveNext
If .EOF Then
.MoveLast
End If
Else
Adodc2.Recordset.CancelBatch
End If
End With
With Adodc3.Recordset
If MsgBox("Are you sure to delete a record of this month?", vbYesNo, "Delete
record") = vbYes Then
.Delete
.MoveNext
If .EOF Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
.MoveLast
End If
Else
Adodc3.Recordset.CancelBatch
End If
End With
Exit Sub
DeleteErr:  MsgBox Err.Description, 16, "Error message. "
End Sub

Private Sub xcButtonA3_Click()
On Error Resume Next
Adodc1.RecordSource = "select avg(AVERAGE) as AvgMonth from AvgAmp "
Adodc1.Refresh
Text3.Text = Adodc1.Recordset!AvgMonth
Call checkMonth
Adodc3.Refresh
Adodc3.Recordset.MoveLast
Adodc3.Recordset.AddNew
Text1.Text = j
Text3.Text = Adodc1.Recordset!AvgMonth
Adodc3.Recordset.Update
xcCaption3.xcCaption = "Updated!"
xcButtonA3.xcEnabled = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Graph

```
Private Sub Form_Load()
Adodc1.Refresh
If Adodc1.Recordset.RecordCount = 0 Then
Timer3.Enabled = True
Timer4.Enabled = True
Label1.Caption = "There 's no data in your database"
Else
Label1.Visible = False
End If
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
xcLedA1.xcValue = True
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
xcLedA1.xcValue = False
End Sub

Private Sub Timer3_Timer()
Label1.Visible = True
End Sub

Private Sub Timer4_Timer()
Label1.Visible = False
End Sub

Private Sub xcButtonA1_Click()
frmMain.Show
Unload Me
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Module 1

```
Public MyDate, MyMonth
Public j As String
Sub checkMonth()
MyDate = Date
MyMonth = Month(Date)
frmmonth.Text2.Text = MyMonth
If MyMonth = 10 Then
j = "October"
ElseIf MyMonth = 1 Then
j = "January"
ElseIf MyMonth = 2 Then
j = "February"
ElseIf MyMonth = 3 Then
j = "March"
ElseIf MyMonth = 4 Then
j = "April"
ElseIf MyMonth = 5 Then
j = "May"
ElseIf MyMonth = 6 Then
j = "June"
ElseIf mymohth = 7 Then
j = "July"
ElseIf MyMonth = 8 Then
j = "August"
ElseIf MyMonth = 9 Then
j = "September"
ElseIf MyMonth = 11 Then
j = "November"
ElseIf MyMonth = 12 Then
j = "December"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
frmmonth.Text1.Text = j
End If
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเราสามารถนำ LDR มาใช้งานเป็นชุดตรวจจับความเข้มของแสงได้ โดยที่ตัว LDR จะมีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเข้มของแสงคือเมื่อมีแสงที่ จุดรับแสงของตัว LDR จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานขึ้น เมื่อความเข้มของแสงที่มาตกกระทบที่จุดรับแสงที่ตัว LDR มีค่าความเข้มสูง ค่าความต้านทานของ LDR จะมีค่าต่ำ แต่ในทางตรงข้าม ถ้าความเข้มของแสงที่มาตกกระทบที่จุดรับแสงของตัว LDR มีค่าน้อย ค่าความต้านทานของตัว LDR ก็จะมีค่าสูง เมื่อได้ดังนี้แล้วก็นำเอาตัว LDR มาต่อเข้ากับวงจร OP-AMP ต่อแบบ SUMMING AMP เพื่อให้สามารถรับ INPUT ได้หลายค่า และนำมาคอนโทรลด้วยชุดคอนโทรลเลอร์ จากชุดคอนโทรลเลอร์ออกมาเราไม่สามารถนำมาใช้ไดร์ฟ DC บัลลาสต์ได้โดยตรงเพราะจ่ายกระแสได้ไม่ถึงจึงต้องมีชุด DRIVER เข้ามาเพื่อทำการไดร์ฟ DC บัลลาสต์ ผลที่ได้ดั่งในตารางที่2. โดยใช้หลักการใช้ความกว้างของสัญญาณมาควบคุมค่าแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. พิบูลย์ ดิษฐอุดม, การออกแบบระบบแสงสว่าง, 2535.
2. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์.
3. ศุลี บรรจงจิตร, การออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง, 2540.
4. อนันท์ คัมภิรานนท์, อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1, 2539.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้