ระบบควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

อิสระ แสนโคก

ฉวีวรรณ ดวงทาแสง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

กรกฎาคม 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University

AUTOMATIC LIGHT DETECTION CONTROL SYSTEM

AISRA SAENKHOK

CHAWEEWAN DOUNGTASANG

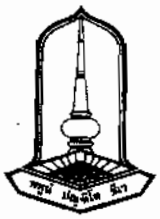
PRESENTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF REQUIREMENTS FOR

THE BACHELOR OF SCIENCE IN APPLIED PHYSICS

JULY 2014

ALL RIGHTS RESERVED BY MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ของนายอิสระ แสนโคก และนางสาวฉวีวรรณ ดวงทาแสง แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปรเมษฐ์ จันทร์เพ็ง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุชาติ โอษคลัง)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.ศุภชัย ฤทธิ์เจริญวัตถุ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน)

.....
(อาจารย์ ดร.ปรเมษฐ์ จันทร์เพ็ง)
ประธานหลักสูตรสาขาฟิสิกส์ประยุกต์

.....
(อาจารย์ ดร.นิติศักดิ์ ปาสาจะ)
หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์
วันที่.....เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2557

Mahasarakham University

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ที่ให้คำปรึกษา คำชี้แนะ และดูแลเอาใจใส่ผู้ทำโครงงานนี้เป็นอย่างดี ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภชัย ฤทธิ์เจริญวัตถุ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมผู้ที่ให้ความรู้ และแนะนำผู้ทำโครงงานนี้ ให้มีแนวทางในการทำโครงงานที่ถูกต้องและสำเร็จลงได้ด้วยดี

ทั้งนี้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่ง จากอาจารย์ ผศ.ดร. ปรเมษฐ์ จันทร์เพ็ง ประธานกรรมการสอบ อาจารย์ ดร. ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ และอาจารย์ ดร.สุชาติ โอษคลัง กรรมการสอบ ที่ตรวจสอบข้อบกพร่องและให้คำเสนอแนะ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาของผู้ทำโครงงาน ผู้ซึ่งคอยให้กำลังใจและอยู่เบื้องหลังของความสำเร็จในครั้งนี้ตลอดมา

ขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนๆ และรุ่นน้องฟิสิกส์ทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงงานครั้งนี้

อิสระ แสนโคก
ฉวีวรรณ ดวงทาแสง

Mahasarakham University

ชื่อเรื่อง ระบบควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ
ผู้ทำวิจัย นายอิสระ แสนโคก
นางสาวณวีวรรณ ดวงทาแสง
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ (วท.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์)
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร.ศุภชัย ฤทธิ์เจริญวัตถุ
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2557

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ โดยระบบที่ทำการพัฒนาประกอบด้วย วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรขับรีเลย์ ซึ่งระบบจะทำการตรวจวัดความเข้มแสง และการเคลื่อนไหวเพื่อนำมาประมวลผล เพื่อสร้างสัญญาณสำหรับควบคุมการเปิดปิดระบบแสงสว่าง โดยระบบจะทำการเปิดหลอดไฟเมื่อตรวจพบการเคลื่อนไหวของคน และตรวจวัดค่าความเข้มแสงได้น้อยกว่า 25 lux อย่างไรก็ตาม เมื่อไม่มีการเคลื่อนไหว ระบบจะทำการหน่วงเวลาไว้ประมาณ 1 นาที ก่อนทำการสวิตช์เพื่อปิดไฟ

จากผลการทดสอบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติที่ถูกพัฒนาขึ้น พบว่าเมื่อทำการติดตั้งระบบไว้ที่ผนังห้องสูงจากพื้น 80 เซนติเมตร ระบบสามารถปฏิบัติการครอบคลุมพื้นที่ได้ดีตามทิศทางการรับสัญญาณของเซ็นเซอร์ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 15 ตารางเมตร โดยเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ในช่วงมุม 43 ถึง 128 องศา และมีความแม่นยำคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงการตรวจจับที่ตอบสนองได้ดี ระบบดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าได้จริงทั้งภายใน และภายนอกอาคาร ตลอดจนสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการปัญหาทางด้านพลังงาน

คำสำคัญ : เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์แสง ไมโครคอนโทรลเลอร์

Mahasarakham University

TITLE Automatic Light Detection Control System
AUTHORS Mr. Aisra Saenkhok
Miss Chaweewan Doungtasang
DEGREE Bachelor Of Science **MAJOR** Applied Physics
ADVISOR Dr. Supakorn Harsoongnoen
CO-ADVISOR Dr. Supachai Ritjareonwattu
UNIVERSITY Mahasarakham University **DATE** 2014

ABSTRACT

The aim of project is to develop the automatic light detection system. This system consists of a DC power-supply circuit, a motion-detection circuit, a light detection circuit, a microcontroller circuit and a relay circuit. The device is used to examine both the intensity of light and a motion of people. Then the acquired data from the circuits are processed to produce the signals to control a lamp. With the motion and the light intensity below 25 lux, the lamp will be turned on. In the on state, if the sensing circuit cannot detect any motion, the lamp remains turned on for approximately 1 minute and then be switched off.

The testing result shows that when the device was set in the room and installed on the wall with 80 cm above the floor. The device could detect the motion within the area of approximately 15 m^2. Also, this system could detect the motion in the direction between the angles from 43 to 128 degree. The device could operate both indoor and outdoor. However, some further studies are needed to develop this system to detect the motion more precisely and accurately.

KEY WORDS: motion sensor; light sensor; microcontroller

Mahasarakham University

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพประกอบ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า	2
2.1.1 วงจรเรียงกระแส	2
2.1.2 วงจรกรองแรงดัน	4
2.1.3 วงจรคงค่าแรงดัน	5
2.2 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	6
2.3 เซ็นเซอร์แสง	7
2.3.1 ตัวต้านทานไวแสง	7
2.3.2 โฟโตไดโอด	8
2.3.3 โฟโตทรานซิสเตอร์	9
2.4 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	10
2.4.1 ออปแอมป์	10
2.4.2 ทรานซิสเตอร์	12
2.4.3 ทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน	14
2.4.4 รีเลย์	16
2.4.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	17
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19

Mahasarakham University

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	21
3.2 การออกแบบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	22
3.2.1 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	22
3.2.2 การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	26
3.2.3 การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์แสง	28
3.2.4 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	29
3.2.5 การออกแบบวงจรขับรีเลย์	32
3.2.6 การทดสอบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	35
3.2.6.1 การทดสอบระยะการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	35
3.2.6.2 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	35
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	37
4.1 ผลการทดสอบวงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง	37
4.1.1 ผลการทดสอบวงจรกำเนิดไฟตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC}	37
4.1.2 ผลการทดสอบวงจรกำเนิดไฟตรงขนาด ±15 V_{DC}	38
4.2 ผลการทดสอบวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	38
4.3 ผลการทดสอบวงจรเซ็นเซอร์แสง	42
4.4 ผลการทดสอบวงจรขับรีเลย์	45
4.5 ผลการทดสอบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	47
4.5.1 ผลการทดสอบระยะการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	47
4.5.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	48
บทที่ 5 บทสรุป	50
5.1 สรุป	50
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	51
5.3 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52

Mahasarakham University

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	55
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง	56
ภาคผนวก ข ภาพประกอบการทดลอง	60
ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน	64

Mahasarakham University

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3.1 เงื่อนไขการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	31
ตาราง 4.1 ทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเมื่อมีแสงสว่างเพียงพอ	49
ตาราง 4.2 ทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเมื่อมีแสงสว่างไม่เพียงพอ	49
ตาราง ก.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของ LDR เซ็นเซอร์	57
ตาราง ก.2 ผลการทดสอบวัดระยะตอบสนองของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	57

Mahasarakham University

สารบัญภาพประกอบ

		หน้า
ภาพประกอบ 2.1	วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นบวกชนิดเซ็นเตอร์แท็ป	3
ภาพประกอบ 2.2	วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นลบชนิดเซ็นเตอร์แท็ป	3
ภาพประกอบ 2.3	วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	3
ภาพประกอบ 2.4	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตอยู่ในครึ่งคาบบวก	4
ภาพประกอบ 2.5	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตอยู่ในครึ่งคาบลบ	4
ภาพประกอบ 2.6	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดัน	5
ภาพประกอบ 2.7	ลักษณะขาไอซี (ก) MC78XX (ข) MC79XX	5
ภาพประกอบ 2.8	องค์ประกอบภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	6
ภาพประกอบ 2.9	โครงสร้างและลักษณะของเลนส์เฟรสเนล	7
ภาพประกอบ 2.10	โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง	8
ภาพประกอบ 2.11	รอยต่อ PN ของโฟโตไดโอด	8
ภาพประกอบ 2.12	วงจรการไบอัสโฟโตไดโอด	9
ภาพประกอบ 2.13	(ก) สัญลักษณ์โฟโตทรานซิสเตอร์ (ข) วงจรสมมูลของโฟโตทรานซิสเตอร์	9
ภาพประกอบ 2.14	ลักษณะพื้นฐานของออปแอมป์	10
ภาพประกอบ 2.15	วงจรกันชน	11
ภาพประกอบ 2.16	(ก) โครงสร้างทรานซิสเตอร์ชนิด NPN (ข) โครงสร้างทรานซิสเตอร์ชนิด PNP	12
ภาพประกอบ 2.17	(ก) สัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN (ข) สัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP	13
ภาพประกอบ 2.18	การไบอัสทรานซิสเตอร์ (ก) วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN (ข) วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP	13
ภาพประกอบ 2.19	การต่อทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน	14
ภาพประกอบ 2.20	แผนภาพโครงสร้างทางกายภาพของรีเลย์	16
ภาพประกอบ 2.21	สภาวะในการทำงานของรีเลย์ (ก) สภาวะที่หน้าสัมผัส C ต่อกับ NC (ข) สภาวะที่หน้าสัมผัส C ต่อกับ NO	17
ภาพประกอบ 2.22	โครงสร้างเบื้องต้นของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F628	18
ภาพประกอบ 3.1	โมเดลต้นแบบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	21
ภาพประกอบ 3.2	ขั้นตอนการดำเนินงาน	22

Mahasarakham University

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

ภาพประกอบ 3.3 วงจรเรียงกระแสโดยใช้ไอซีคงค่าแรงดันเบอร์ 7805 24

ภาพประกอบ 3.4 วงจรเรียงกระแสโดยใช้ไอซีคงค่าแรงดันเบอร์ 7812 25

ภาพประกอบ 3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC} 25

ภาพประกอบ 3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด ±15 V_{DC} 26

ภาพประกอบ 3.7 (ก) ตำแหน่งจับสัญญาณเอาต์พุตของเซ็นเซอร์ (ข) สัญญาณเอาต์พุตของเซ็นเซอร์ 27

ภาพประกอบ 3.8 วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว 27

ภาพประกอบ 3.9 วงจรเซ็นเซอร์แสง 28

ภาพประกอบ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out} ของวงจรเซ็นเซอร์แสงกับค่าความเข้มแสง 29

ภาพประกอบ 3.11 วงจรประกอบเพื่อให้ไมโครคอนโทรเลอร์ทำงาน 30

ภาพประกอบ 3.12 การประมวลผลของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ 32

ภาพประกอบ 3.13 วงจรขับรีเลย์ 33

ภาพประกอบ 3.14 ลักษณะการทดสอบระยะระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ 35

ภาพประกอบ 4.1 สัญญาณแรงดันไฟตรง (ก) แรงดันไฟตรงเฉลี่ยขนาด 5.00 V_{DC} (ข) แรงดันไฟตรงเฉลี่ยขนาด 11.50 V_{DC} 37

ภาพประกอบ 4.2 สัญญาณแรงดันไฟตรง (ก) แรงดันไฟฟ้าฝั่งบวก (ข) แรงดันไฟฟ้าฝั่งลบ 38

ภาพประกอบ 4.3 วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว 38

ภาพประกอบ 4.4 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับเวลาขณะอัดประจุ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับเวลาขณะคายประจุ 40

ภาพประกอบ 4.5 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(4.5-V_{outPIR})$ กับเวลาขณะอัดประจุ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(V_{outPIR})$ กับเวลาขณะคายประจุ 40

ภาพประกอบ 4.6 สัญญาณแรงดันของวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว 41

ภาพประกอบ 4.7 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{LDR} กับความเข้มแสง (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเข้มแสง 42

ภาพประกอบ 4.8 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(V_{LDR} - 1.2)$ กับค่าความเข้มแสง (ข) ความ - สัมพันธ์ระหว่าง $\ln(0.00038-i)$ กับค่าความเข้มแสง 43

ภาพประกอบ 4.9 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out} กับความเข้มแสง (ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(3.8-V_{out})$ กับความเข้มแสง 44

Mahasarakham University

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

		หน้า
ภาพประกอบ 4.10	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out} จากการทดลองกับความเข้มแสง และความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out} จากสมการกับความเข้มแสง	45
ภาพประกอบ 4.11	ตำแหน่งจับสัญญาณแรงดันของวงจรขับรีเลย์	45
ภาพประกอบ 4.12	สัญญาณแรงดันขณะมีการเคลื่อนไหว	46
ภาพประกอบ 4.13	สัญญาณแรงดันขณะไม่มีการเคลื่อนไหว	46
ภาพประกอบ 4.14	ทิศทางการไหลของกระแสรั่วไหลในวงจรขับรีเลย์	47
ภาพประกอบ 4.15	ลักษณะการทดสอบระยะการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้า	47
ภาพประกอบ 4.16	ระยะการตอบสนองของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	48
ภาพประกอบ ข.1	วิธีการทดสอบคุณสมบัติของ LDR เซ็นเซอร์	61
ภาพประกอบ ข.2	ทดสอบระยะระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	61

Mahasarakham University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

สถานการณ์ของโลกในยุคปัจจุบันต่อการขับเคลื่อนการเจริญเติบโตของระบบเศรษฐกิจและวิทยาการต่างๆ ประกอบกับประชากรโลกมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความต้องการในการใช้พลังงานมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลพบว่า แหล่งพลังงานที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ยิ่งใช้สอยมากยิ่งทำให้ทรัพยากรลดลงไปเรื่อยๆ ทำให้นักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจ และพยายามหาแนวทางเพื่อช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ โดยการนำพลังงานทางเลือกต่างๆ มาใช้ทดแทน แต่ยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้น

จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เพื่อบรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้นในเบื้องต้น ด้วยการลดการใช้พลังงาน ลดการใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น และใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพให้มากที่สุด เช่น การปิดไฟก่อนออกจากบ้าน หรือใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าที่จำเป็น ซึ่งระบบเปิดปิดไฟฟ้าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นประกอบด้วย วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง วงจรตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรขับรีเลย์ โดยทำการออกแบบวงจรดังกล่าวเพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน และตรวจสอบความเข้มแสงว่าอยู่ในสภาวะที่เพียงพอต่อการมองเห็นหรือไม่ แล้วทำการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมรีเลย์ให้สวิตช์เปิดปิดไฟฟ้า เช่น เมื่อมีคนลืมปิดไฟก่อนออกจากห้อง และเมื่อมีแสงสว่างที่มากเกินความจำเป็น ระบบจะปิดไฟโดยอัตโนมัติ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบเปิดปิดไฟแบบอัตโนมัติ

1.2.2 เพื่อศึกษาและพัฒนาวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว และวงจรเซ็นเซอร์แสง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 พัฒนาระบบเปิดปิดไฟแบบอัตโนมัติโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว และเซ็นเซอร์แลงโดยมีระยะการทำงานไม่เกิน 10 เมตร

1.3.2 ระบบที่ใช้ควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติมีองค์ประกอบพื้นฐาน คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์แสง และไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้ระบบต้นแบบสำหรับควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

1.4.2 ได้ข้อมูลพื้นฐานของการศึกษาวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง และโปรแกรมต้นแบบสำหรับควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

Mahasarakham University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาโครงงานเรื่องระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีเนื้อหาและลำดับการนำเสนอดังต่อไปนี้

2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า

แหล่งจ่ายไฟฟ้า คือ แหล่งพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร หรือระบบทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้งนี้ในโครงงานนี้เลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีองค์ประกอบหลายส่วน เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า วงจรเรียงกระแส (Rectifier) วงจรกรองแรงดัน (Voltage Filter Circuit) และวงจรคงค่าแรงดัน (Voltage Regulation)

2.1.1 วงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแส หรือเรคติไฟเออร์ คือ วงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการสร้างวงจรเรียงกระแส คือ ไดโอด เนื่องจากไดโอดมีคุณสมบัติยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียว ซึ่งวงจรเรียงกระแสสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave) และแบบครึ่งคลื่น (Half Wave) ทั้งนี้ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น เนื่องจากสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น จะเรียบกว่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

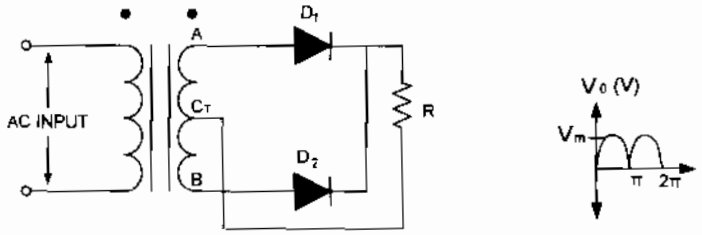
วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจะใช้ไดโอดอย่างน้อย 2 ตัว เพื่อให้สามารถนำกระแสในแต่ละครึ่งไซเคิลของไฟสลับได้ ไดโอดทั้งสองทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมกระแสในการจ่ายให้กับความต้านทาน - โหลด ดังนั้น วงจรจึงสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ดีกว่าวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดเซ็นเตอร์แท็ป (Center-Tapped Rectifier Circuit) และวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดเซ็นเตอร์แท็ป

การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดเซ็นเตอร์แท็ป คือ เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าสลับเป็นแรงดันอินพุต (V_{in}) ป้อนเข้าขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลง จะเกิดแรงดันไฟสลับขึ้นที่ขั้วบน และขั้วล่างของขดลวดทุติยภูมิ โดยที่เซ็นเตอร์แท็ปของหม้อแปลงจะมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0 V ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าครึ่งหนึ่งจึงเกิดที่เซ็นเตอร์แท็ปกับขั้วด้านบนของหม้อแปลง และอีกครึ่งหนึ่งจะเกิดขึ้นที่เซ็นเตอร์แท็ปกับขั้วด้านล่างของหม้อแปลง โดยแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วด้านบน และขั้วด้านล่าง

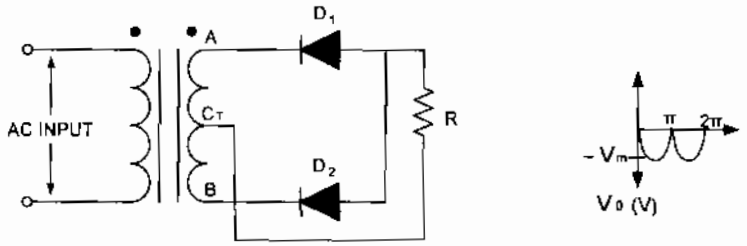
Mahasarakham University

จะมีมุมเฟสต่างกัน 180 องศา เมื่อขั้วด้านบนของขดลวดทุติยภูมิมีค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นบวก ขั้วล่างจะมีแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ ไดโอด D_1 จะได้รับการไบอัสตรง ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านโหลดไปครบวงจรที่เซ็นเตอร์แท็ป เกิดแรงดันตกคร่อมที่โหลด R_L มีลักษณะสัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตเป็นคลื่นรูปไซน์ครึ่งคลื่นด้านบวก และในช่วงเวลาต่อมา ขั้วด้านบนของขดลวดทุติยภูมิมีค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ ขั้วล่างมีค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นบวก ไดโอด D_1 จะได้รับการไบอัสกลับ แต่ไดโอด D_2 จะได้รับการไบอัสตรง เกิดการนำกระแส มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด และโหลด R_L ไปที่เซ็นเตอร์แท็ป ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่โหลด R_L มีลักษณะสัญญาณแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตเป็นคลื่นรูปไซน์ครึ่งคลื่นด้านบวก ดังภาพประกอบ 2.1 แรงดันไฟตรงเฉลี่ยที่ได้สามารถคำนวณได้จาก $V_{DC} = 0.636V_p$ โดยแรงดัน V_p เป็นแรงดันค่ายอดสูงสุดสามารถคำนวณได้จาก $V_p = 1.414V_{rms}$



ภาพประกอบ 2.1 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นบวกชนิดเซ็นเตอร์แท็ป

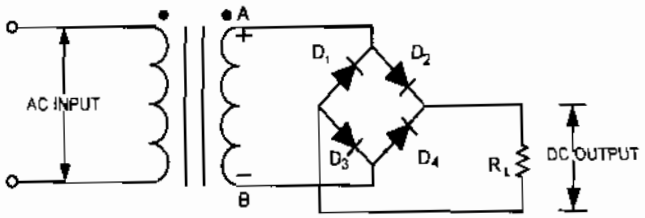
ถ้าต้องการเรียงกระแสให้มีแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ สามารถทำได้โดยการกลับขาไดโอดทั้ง 2 ตัว ดังภาพประกอบ 2.2



ภาพประกอบ 2.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นลบชนิดเซ็นเตอร์แท็ป

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

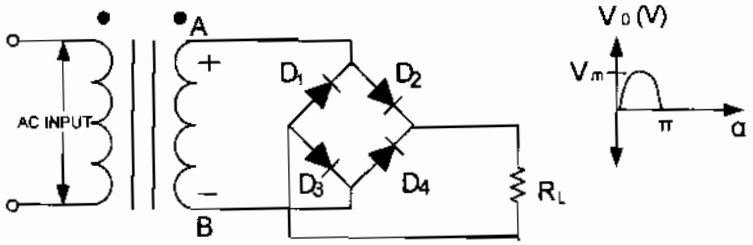
วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์จะรับแรงดันไฟสลับเข้าทั้งสองขั้วของวงจรบริดจ์ และเอาต์พุตจะถูกต่อออกจากสองขั้วที่เหลือ ดังภาพประกอบ 2.3



ภาพประกอบ 2.3 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

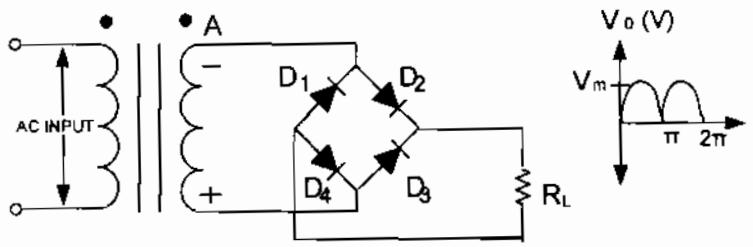
Mahasarakham University

จากภาพประกอบ 2.3 ไดโอดจะสลับกันนำกระแสครึ่งคาบละ 2 ตัว เมื่อแรงดันไฟครึ่งบวกของไฟฟ้ากระแสสลับ ปรากฏที่ด้านบนขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง ด้านล่างจะเป็นแรงดันไฟลบ ทำให้ไดโอด D_2 และ D_3 ได้รับการไบอัสตรงมีกระแสไหลผ่านไดโอด D_2 ผ่านโหลด R_L ผ่านไดโอด D_3 ครบวงจรที่หม้อแปลงด้านล่าง มีแรงดันตกคร่อมโหลด R_L ได้สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นคลื่นรูปไซน์ครึ่งบวกออกทางเอาต์พุต ดังภาพประกอบ 2.4 สำหรับไดโอด D_1 และ D_4 อยู่ในสถานะไบอัสกลับจึงไม่นำกระแส



ภาพประกอบ 2.4 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตอยู่ในครึ่งคาบบวก

ในช่วงเวลาต่อมาเมื่อแรงดันไฟครึ่งคาบลบของไฟฟ้ากระแสสลับ ปรากฏที่ด้านบนขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงทำให้ไดโอด D_2 และ D_3 ได้รับการไบอัสกลับ จึงทำให้ไดโอดไม่นำกระแส แต่ไดโอด D_1 และ D_4 จะถูกไบอัลตรง ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D_1 ผ่านโหลด R_L และผ่านไดโอด D_4 ครบวงจรที่หม้อแปลงด้านล่าง ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมโหลด R_L มีลักษณะของแรงดันไฟฟ้าเป็นคลื่นรูปไซน์ครึ่งบวกออกทางเอาต์พุต ซึ่งจะได้สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงแบบเต็มคลื่นบวก [1] ดังภาพประกอบ 2.5



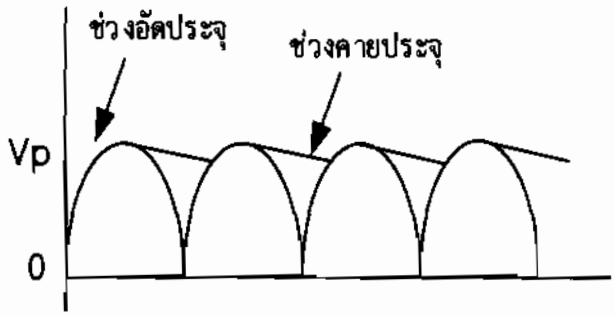
ภาพประกอบ 2.5 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตอยู่ในครึ่งคาบลบ

2.1.2 วงจรกรองแรงดัน

เนื่องจากแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเรียงกระแสจากหัวข้อที่ผ่านมา จะมีการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้า (Ripple) ด้วยความถี่ค่าหนึ่งเรียกว่า ความถี่กระเพื่อม ทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากวงจรเรียงกระแสมีสมบัติไม่เหมาะสมสำหรับจ่ายให้กับวงจร หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นเพื่อลดการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้าจึงต้องกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบขึ้น โดยวงจรกรองแรงดันที่นิยม คือ วงจรกรองแรงดันโดยใช้ตัวเก็บประจุ ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่อัดประจุในช่วงเวลาที่ไดโอด

Mahasarakham University

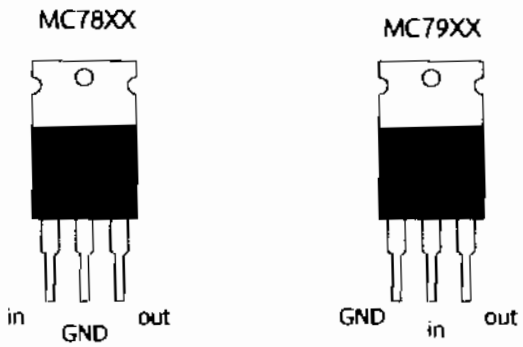
นำกระแส และทำหน้าที่คายประจุผ่านตัวต้านทานโหลดในช่วงเวลาที่ไดโอดไม่นำกระแส การเลือกขนาดของตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรต้องคำนึงถึงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ 2 ประการ คือ ระดับแรงดันที่ใช้งานสูงสุดของตัวเก็บประจุจะต้องมีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากวงจรเรียงกระแส ในขณะไม่มีโหลด เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวเก็บประจุเสียหาย และค่าความจุของตัวเก็บประจุจะต้องมากพอที่จะทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีลักษณะเรียบ และสามารถนำไปใช้งานได้ [2] ลักษณะแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ แสดงดังภาพประกอบ 2.6



ภาพประกอบ 2.6 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดัน

2.1.3 วงจรคงค่าแรงดัน

วงจรคงค่าแรงดันมีหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้คงที่ โดยไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงกระแสโหลด (Load Current Variation) โดยอุปกรณ์ที่ใช้คงค่าแรงดัน เช่น ซีเนอร์ไดโอด หรือไอซีคงค่าแรงดัน ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้ไอซีคงค่าแรงดันแบบแรงดันขาออกคงที่ ในการออกแบบวงจร ลักษณะไอซีคงค่าแรงดันแสดงดังภาพประกอบ 2.7



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 2.7 ลักษณะไอซี (ก) MC78XX (ข) MC79XX

ไอซีคงค่าแรงดันแบบแรงดันขาออกคงที่

ไอซีคงค่าแรงดันเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมสำหรับการออกแบบวงจรคงค่าแรงดัน เพราะออกแบบวงจรง่าย ราคาถูก ขนาดเล็ก และให้ประสิทธิภาพสูง โดยทั่วไปไอซีคงค่าแรงดันแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ไอซีคงค่าแรงดันแบบแรงดันขาออกคงที่บวก และลบ วิธีการอ่านค่ารหัสของ

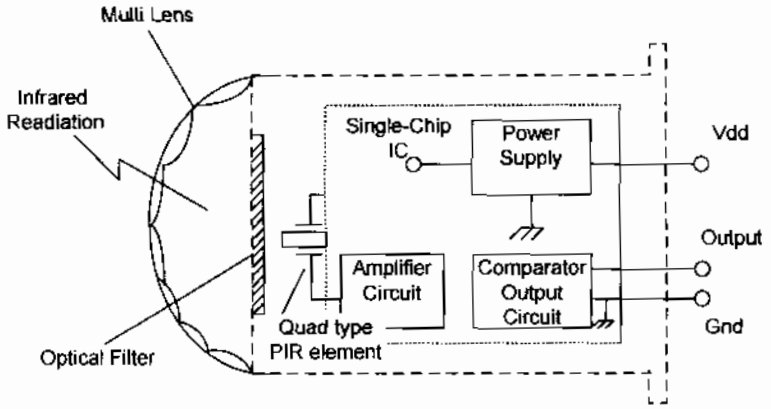
Mahasarakham University

ไอซีเรกกูเลเตอร์ คือ หมายเลข MC78XX เป็นไอซีคงค่าแรงดันที่ทำหน้าที่คงค่าแรงดันไฟฟ้าบวก และ MC79XX เป็นไอซีคงค่าแรงดันที่ทำหน้าที่คงค่าแรงดันไฟฟ้าลบ โดยมีค่าตามหลัง XX หมายถึง ขนาดแรงดันเอาต์พุตที่กำหนดไว้บนไอซี เช่น MC7805 ทำหน้าที่คงค่าแรงดันไฟฟ้าให้แรงดันเอาต์พุตมีขนาด 5 V ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้ไอซีคงค่าแรงดันทั้งแบบขาออกคงที่บวก และลบ ในการออกแบบวงจร [3]

2.2 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

สิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ หรือสัตว์เลือดอุ่นในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ จะมีการแผ่พลังงานความร้อนออกมาจากร่างกายในรูปของการแผ่รังสีอินฟาเรดตลอดเวลา โดยจะมีปริมาณมาก หรือน้อยขึ้นกับสภาพของร่างกายในขณะนั้น เมื่อมีการเคลื่อนไหวการแผ่รังสีจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามระดับรังสีอินฟาเรดจากมนุษย์ หรือสัตว์เลือดอุ่น ซึ่งรังสีอินฟาเรดจะมีความยาวคลื่นประมาณ 700 นาโนเมตร ถึง 1 มิลลิเมตร

ตัวตรวจจับความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต หรือเรียกว่าโมชันเซ็นเซอร์ (Motion Sensor) ซึ่งโมชันเซ็นเซอร์ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้งานมากที่สุด คือ ตัวตรวจจับแบบอินฟาเรด โดยใช้หลักการตรวจจับที่เรียกว่า ไพโรอิเล็กตริก ในการตรวจจับการแผ่รังสีแบบอินฟาเรด หากระดับของการแผ่รังสีไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าสิ่งมีชีวิตที่ต้องการตรวจจับนั้นไม่มีการเคลื่อนไหว แต่ถ้าหากมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น ระดับของการแผ่รังสีอินฟาเรดจะเปลี่ยนแปลง จึงเรียกตัวตรวจจับแบบนี้ว่า PIR (Passive - Infrared Sensor) ทั้งนี้ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดตรวจจับระยะ 10 เมตร มีองค์ประกอบภายในเซ็นเซอร์ดังภาพประกอบ 2.8



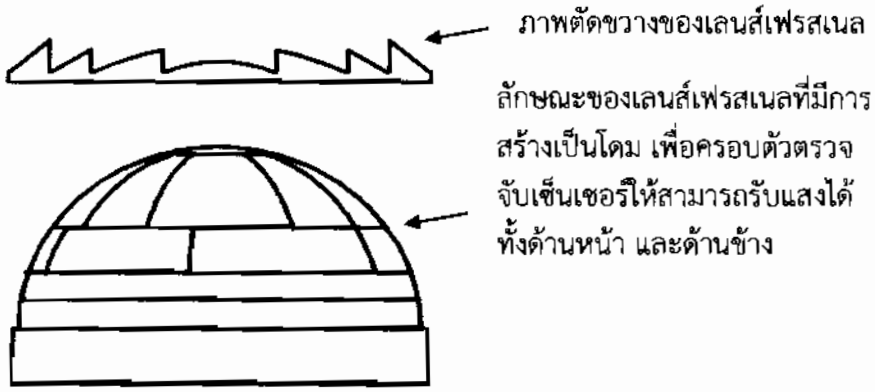
ภาพประกอบ 2.8 องค์ประกอบภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

หลักการทำงานพื้นฐานของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว คือ เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบการเคลื่อนไหว และมีการแผ่รังสีอินฟาเรดเกิดขึ้น รังสีอินฟาเรดจะถูกรวบรวม หรือโฟกัสไปยังเลนส์เฟรสเนล แล้วส่งสัญญาณไปที่ตัวตรวจจับหลักของเซ็นเซอร์ และส่งสัญญาณไปยังวงจรขยายสัญญาณ แล้ววงจรจะทำการเปรียบเทียบสัญญาณภายในเซ็นเซอร์ จากนั้นจะส่งสัญญาณแรงดันเอาต์พุตออกไป

Mahasarakham University

เลนส์เฟรสเนล

เลนส์เฟรสเนลเป็นเลนส์แบบพิเศษที่ ออกัสติน ชองเฟรสเนล (Augustin-Jean Fresnal) เป็นผู้คิดค้น ลักษณะของเลนส์เป็นแบบขั้นบันไดยอมให้แสงผ่านได้มากในทุกทิศทุกทาง โดยมีโครงสร้างดังภาพประกอบ 2.9 เลนส์เฟรสเนลในช่วงแรกได้รับการออกแบบเพื่อนำมาใช้ในการกระจายแสงภายในประภาคาร เพื่อให้สามารถมองเห็นประภาคารได้จากระยะไกล ต่อมาได้มีการพัฒนาให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำมาครอบหลอดไฟเพื่อทำให้ตะเกียงสามารถส่องแสงสว่างได้ และมองเห็นได้จากระยะไกล



ภาพประกอบ 2.9 โครงสร้างและลักษณะของเลนส์เฟรสเนล
(**ที่มา**: http://issuu.com/innovativeexperiment/docs/tpe_pir)

เมื่อนำเลนส์เฟรสเนลมาใช้ในโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เลนส์เฟรสเนลจะถูกใช้งานในลักษณะกลับกัน คือ ใช้สำหรับรวมแสงเข้ามาจากทุกทิศทุกทาง เพื่อโฟกัสลงไปยังตัวตรวจจับหลัก ที่ใช้หลักการไพโรอิเล็กตริกในการเปลี่ยนแปลงความร้อนจากรังสีอินฟาเรดให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อให้อุปกรณ์มีความไวสูงในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของระดับรังสีอินฟาเรด [4]

2.3 เซ็นเซอร์แสง

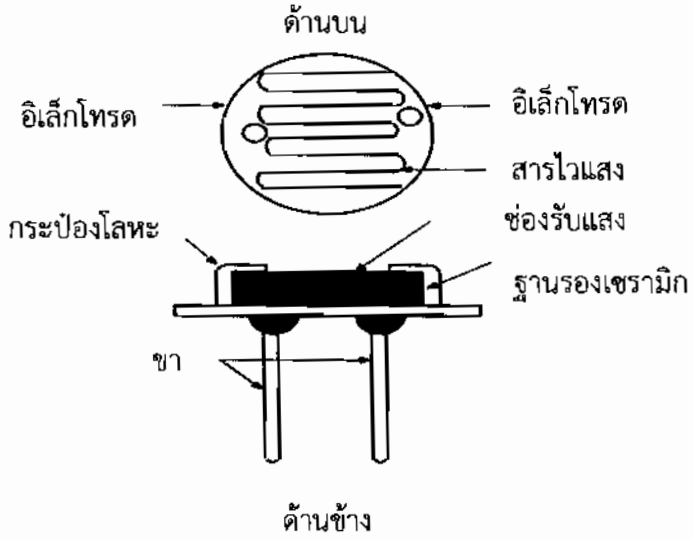
เซ็นเซอร์ตรวจวัดแสงประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวรับแสง และตัวส่งแสง ลักษณะของการตรวจจับแสงเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสงสะท้อนกับวัตถุ หรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุแล้วมีผลทำให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้น โดยจะเปลี่ยนสภาวะของสัญญาณเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งาน ซึ่งตัวรับแสงจะทำหน้าที่รับแสง และแปลงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า มีด้วยกันหลายชนิด เช่น ตัวต้านทานไวแสง (Light Dependent Resistor: LDR) โฟโตไดโอด (Photodiode) และโฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototrasistor) เป็นต้น [5]

2.3.1 ตัวต้านทานไวแสง

ตัวต้านทานไวแสง คือ ตัวต้านทานที่สภาพการนำไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อมีแสงสว่างมาตกกระทบ ตัวต้านทานชนิดนี้ทำมาจากสารกึ่งตัวนำประเภทแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือ

Mahasarakham University

แคมเมียมซิลิไนด์ (CdSe) ซึ่งสารทั้งสองชนิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดสารประกอบ (Compound Semi - conductor) จากนั้นฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรอง และต่อขาจากสารที่ฉาบกับขั้วไฟฟ้า ถ้ามีแสงสว่างตกกระทบ LDR จะมีจำนวนโฮลกับอิเล็กตรอนเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีโฮลกับอิเล็กตรอนอิสระเพิ่มจำนวนมากขึ้น จะทำให้ความต้านทานของ LDR ลดลง โดยโครงสร้างของ LDR [6] แสดงดังภาพประกอบ 2.10

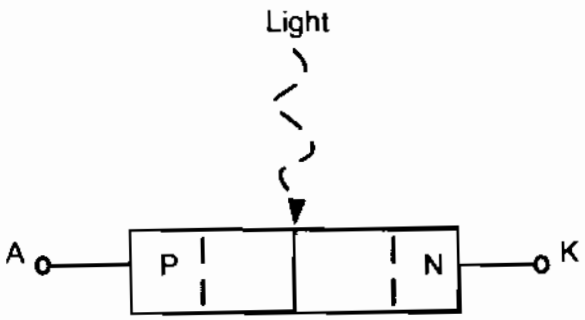


ภาพประกอบ 2.10 โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง

(**ที่มา:** http://phchitchai.wbvschool.net/th/หอจดหมายเหตุ/1116)

2.3.2 โฟโตไดโอด

โฟโตไดโอด เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำชนิดพี (P) และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N) ซึ่งโฟโตไดโอดที่นิยมใช้ คือ PIN โฟโตไดโอด เพราะบริเวณระหว่างชั้นสารพี (P) และสารเอ็น (N) มีการเพิ่มชั้นสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ (Intrinsic , i) ทำให้มีการตอบสนองต่อแสงได้ดีกว่า PN โฟโตไดโอดปกติ ดังภาพประกอบ 2.11

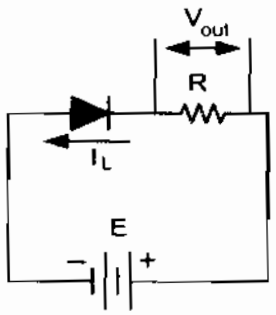


ภาพประกอบ 2.11 รอยต่อ PN ของโฟโตไดโอด

(ที่มา: http://phchitchai.wbvschool.net/th/หอจดหมายเหตุ/1123)

Mahasarakham University

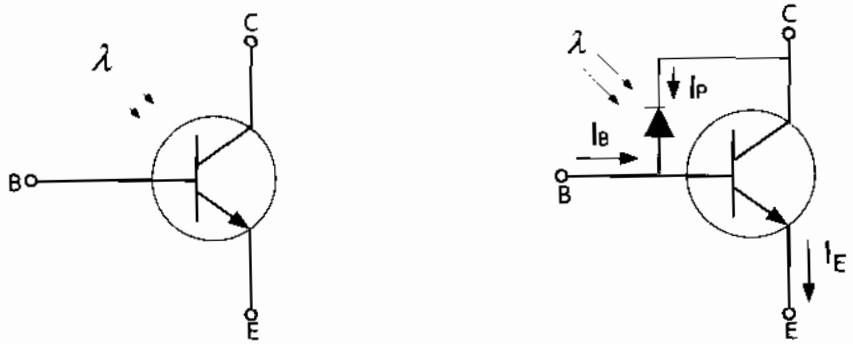
จากภาพประกอบ 2.11 รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงสามารถผ่านได้ เช่น กระจกใส โฟโตไดโอดในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดที่ตอบสนองต่อแสงที่มนุษย์มองเห็น ชนิดที่ตอบ - สนองแสงในย่านอินฟาเรด และชนิดที่ตอบสนองต่อแสงในย่าน UV ในการใช้งาน โดยปกติจะต่อโฟโต ไดโอดในลักษณะไบอัสกลับ สำหรับแรงดันเอาต์พุตเป็นแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานโหลดที่ต่ออนุกรม กับโฟโตไดโอด ดังภาพประกอบ 2.12 โฟโตไดโอดจะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ปริมาณความเข้มแสง ถ้ามีแรงดันจ่ายให้กับวงจร และมีแสงมาตกกระทบที่โฟโตไดโอด จะทำให้กระแส ไหลในวงจรได้



ภาพประกอบ 2.12 วงจรการไบอัสโฟโตไดโอด

2.3.3 โฟโตทรานซิสเตอร์

โฟโตทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่เกิดจากการเพิ่มรอยต่อ PN เข้าไปในโฟโตไดโอด โดยอาศัย หลักการทำงานเหมือนกับโฟโตไดโอด แต่มีอัตราการขยายกระแสสูงกว่าโฟโตไดโอด เนื่องจากบริเวณ รอยต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับเบส ที่มีคุณสมบัติการทำงานเหมือนรอยต่อ PN เมื่อแสงตกกระทบ ย่านปลอดพาหะบริเวณรอยต่อ PN ภายในโฟโตทรานซิสเตอร์ จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และโฮล ส่งผลให้มีกระแสเบสเกิดขึ้นไหลเข้าสู่ทรานซิสเตอร์ ซึ่งกระแสเบสจะมีค่ามาก หรือน้อยจะ ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มแสง หรือมีอัตราการขยายกระแสขึ้นอยู่กับโครงสร้าง และปริมาณสารเจือภายใน โฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตทรานซิสเตอร์จึงมีการตอบสนองต่อแสงสูงกว่าโฟโตไดโอด สัญลักษณ์ และ วงจรสมมูลของโฟโตทรานซิสเตอร์ แสดงดังภาพประกอบ 2.13



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 2.13 (ก) สัญลักษณ์โฟโตทรานซิสเตอร์ (ข) วงจรสมมูลโฟโตทรานซิสเตอร์

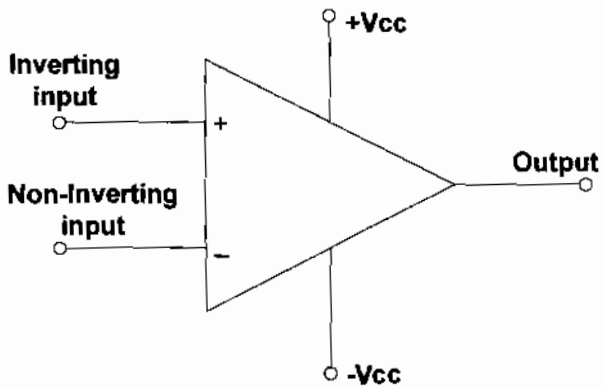
Mahasarakham University

2.4 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

การต่อและการประยุกต์ใช้งานวงจรต่างๆ ในโครงงานนี้ จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญ ได้แก่ ออปแอมป์ (Operational Amplifier) ทรานซิสเตอร์ (Transistor) รีเลย์ (Relay) และไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นต้น

2.4.1 ออปแอมป์

ออปแอมป์ หรือวงจรขยายเชิงดำเนินการถูกออกแบบขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1948 เพื่อช่วยปฏิบัติการด้านคณิตศาสตร์ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบอนาลอก จะมีขั้วอินพุต 2 ขั้ว และมีขั้วเอาต์พุต 1 ขั้ว ดังภาพประกอบ 2.14 ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้มากในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วงจรขยายเสียง วงจรกรองความถี่ วงจรเปรียบเทียบ และวงจรขยายสัญญาณ เป็นต้น



ภาพประกอบ 2.14 ลักษณะพื้นฐานของออปแอมป์

(ที่มา: หนังสือคัมภีร์ออกแบบวงจร ICs)

ขั้วไฟฟ้าของออปแอมป์ทั่วไปมี 5 ขั้วได้แก่

1. Non Inverting (+) เป็นขั้วอินพุตไม่กลับเฟส
2. Inverting (-) เป็นขั้วอินพุตกลับเฟส
3. Output เป็นขั้วเอาต์พุต
4. V+ เป็นขั้วไฟเลี้ยงขั้วบวก
5. V- เป็นขั้วไฟเลี้ยงขั้วลบ

คุณสมบัติของออปแอมป์ในทางอุดมคติมีดังนี้

1. อัตราการขยายแรงดันสูงมากเข้าใกล้อนันต์
2. ความต้านทานด้านอินพุต (Input Impedance) สูงมากเข้าใกล้อนันต์ จึงทำให้ไม่มีกระแสไหลที่ขั้วอินพุตของออปแอมป์
3. ความต้านทานทางด้านเอาต์พุต (Output Impedance) เป็นศูนย์
4. ออปแอมป์สามารถตอบสนองต่อความถี่ได้ในช่วงศูนย์ถึงอนันต์ (Infinity)
5. มีค่าออฟเซทเป็นศูนย์ เมื่ออินพุตเป็นศูนย์เอาต์พุตจะเป็นศูนย์

Mahasarakham University

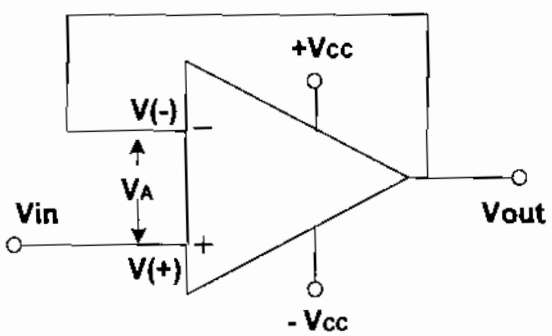
วงจรการใช้งานพื้นฐานของออปแอมป์

1. วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non-Inverting Amplifier)
2. วงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)
3. วงจรขยายแบบรวมสัญญาณ (Summing Amplifier)
4. วงจรขยายแบบเปรียบเทียบสัญญาณ (Differential Amplifier)
5. วงจรตามแรงดัน (Voltage Follower)

ซึ่งวงจรการใช้งานพื้นฐานของออปแอมป์ที่นำมาใช้ในโครงงานนี้ คือ วงจรตามแรงดัน โดยมีทฤษฎีเกี่ยวกับวงจรดังนี้

วงจรตามแรงดัน

วงจรตามแรงดัน หรือเรียกว่าวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) หรือวงจรกันชน เป็นวงจรที่ใช้เชื่อมต่อวงจรสองวงจรเข้าด้วยกัน เช่น ระบบไอซีที่ต่างตระกูลกัน หรือทรานซิสเตอร์ที่ความต้านทานไม่แมทชิ่ง เมื่อเชื่อมต่อกับวงจรอื่นแล้วจะไม่ทำให้เกิดการโหลดกระแส (Loading Effect) ระหว่างวงจร เนื่องจากวงจรกันชนไม่มีคุณสมบัติในการเป็นวงจรขยาย หรือมีอัตราขยายเป็น 1 แต่ในทางอุดมคติสามารถจ่ายกระแสได้ถึงอนันต์ ลักษณะการต่อวงจรแสดงดังภาพประกอบ 2.15



ภาพประกอบ 2.15 วงจรกันชน

จากภาพประกอบ 2.15 พบว่าสัญญาณเอาต์พุตจะถูกป้อนกลับที่ขาอินพุตกลับเฟส โดยอัตราการขยายลูปเปิด (A_{OL}) คือ อัตราขยายเมื่อมีการป้อนกลับของสัญญาณ เมื่อใช้สมการการหาแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์จะได้ดังสมการ (2.1)

$$V_{in}+V_A=V_{out} \tag{2.1}$$

$$V_{out}=A_{OL}\times V_A \tag{2.2}$$

โดย A_{OL} คือ อัตราขยายลูปเปิด

ฉะนั้น

$$V_A=\frac{V_{out}}{A_{OL}} \tag{2.3}$$

Mahasarakham University

แทนสมการที่ (2.3) ลงในสมการที่ (2.1) จะได้

$$V_{out} = V_{in} + \frac{V_{out}}{A_{OL}} \tag{2.4}$$

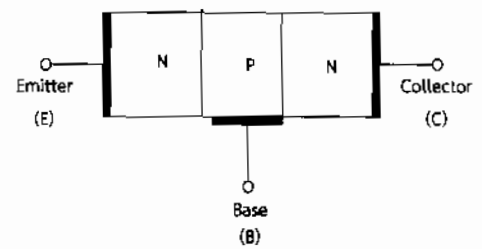
ซึ่งในทางอุดมคติจะมีค่าสูงมากเป็นอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติอัตราขยายมีค่า 10,000 ถึง 100,000 เมื่อแรงดันอินพุต V_{in} ที่ป้อนมีค่าเท่ากับ 2 V ค่าของแรงดันเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งแรงดันที่จุด V_{Δ} ซึ่งเป็นแรงดันระหว่างขาอินพุต มีค่าเท่ากับ 0 V ทำให้ค่าแรงดันทางเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับแรงดันทางด้านอินพุต

$$V_{in} \cong V_{out} \tag{2.5}$$

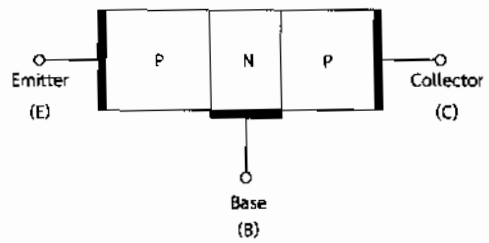
ซึ่งในโครงงานนี้ได้นำวงจรกันชนไปออกแบบวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อลดการโหลดกระแสของเครื่องมือวัด และเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้เต็มประสิทธิภาพ

2.4.2 ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถควบคุมการไหลของอิเล็กตรอนได้ โดยนำไปใช้ในวงจรต่างๆ เช่น วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า สวิตช์เปิดปิดสัญญาณไฟฟ้า และควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ เป็นต้น โครงสร้างของทรานซิสเตอร์จะมีรอยต่อของสารกึ่งตัวนำ PN จำนวน 2 รอยต่อ เรียกว่าทรานซิสเตอร์รอยต่อไบโพลาร์ (Bipolar Juntion Transistor, BJT) ทรานซิสเตอร์ชนิดนี้สามารถแบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ประเภท คือ ทรานซิสเตอร์แบบ NPN และทรานซิสเตอร์แบบ PNP ดังภาพประกอบ 2.16 และ 2.17 ตามลำดับ



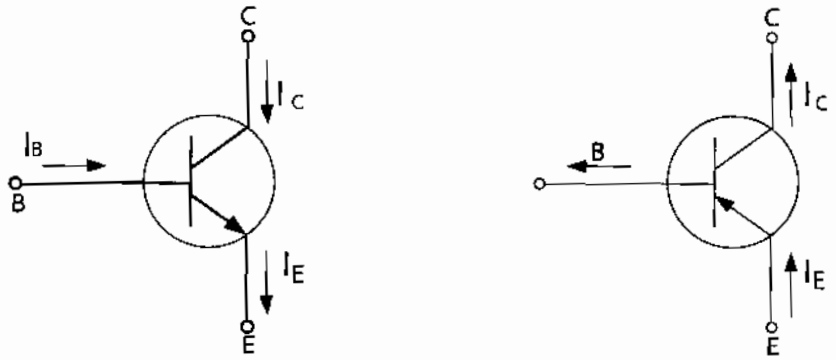
(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 2.16 (ก) โครงสร้างทรานซิสเตอร์ชนิด NPN (ข) โครงสร้างทรานซิสเดอร์ชนิด PNP

Mahasarakham University

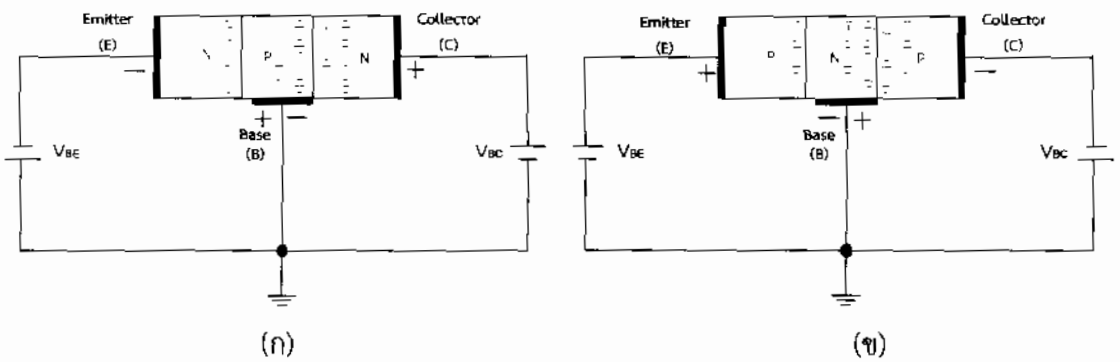


(ก) (ข)

ภาพประกอบ 2.17 (ก) สัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN (ข) สัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

การทำงานของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และชนิด PNP เมื่อนำไปใช้งานในโหมดขยายสัญญาณ จะต้องทำการไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน โดยใช้หลักการไบอัสแรงดันไฟฟ้า คือ ไบอัสตรงให้รอยต่อระหว่างอิมิดเตอร์ (Emitter) กับเบส (Base) และไบอัสกลับให้รอยต่อระหว่างคอลเลคเตอร์กับเบส ดังภาพประกอบ 2.18



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 2.18 การไบอัสทรานซิสเตอร์ (ก) วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN (ข) วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

จากภาพประกอบ 2.18 เป็นการไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ซึ่งในโครงงานนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ในการออกแบบวงจร จึงจะกล่าวถึงเพียงแค่การไบอัสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เมื่อไบอัสตรงให้กับทรานซิสเตอร์ NPN จะทำให้บริเวณปลอดพาหะที่รอยต่อเบส-อิมิตเตอร์ (B-E) แคบลง และที่รอยต่อเบส-คอลเลคเตอร์ (B-C) จะถูกไบอัสกลับ ทำให้บริเวณปลอดพาหะที่รอยต่อ B-C มีความกว้างมากขึ้น จึงเกิดกระแสไหลข้ามรอยต่อ B-E กระแสนี้เรียกว่ากระแสเบส (I_B) เมื่อมีการฉีดโฮลจากขั้วเบสเข้าไปยังชั้นเบส อิเล็กตรอนอิสระจำนวนมากจะไหลจากขั้วอิมิดเตอร์ เข้ามาในชั้นเบส จากนั้นสนามไฟฟ้าในย่านปลอดพาหะ จะพัดพาอิเล็กตรอนข้ามชั้นเบสไปยังขั้วคอลเลคเตอร์ ทำให้เกิด

Mahasarakham University

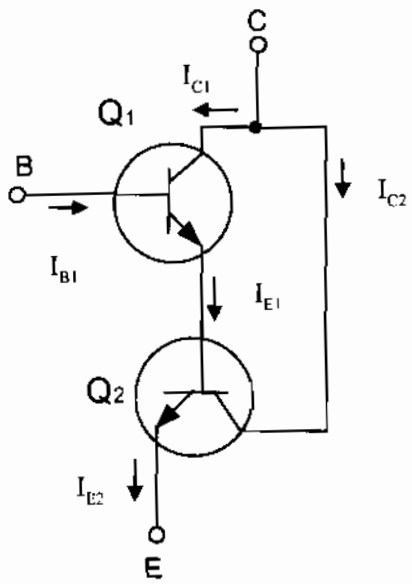
กระแสคอลเลคเตอร์ (I_C) ไหลเป็นจำนวนมาก เมื่อมารวมกับกระแสเบส จะเกิดกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) ดังสมการ (2.6)

$$I_E = I_C + I_B \tag{2.6}$$

การไบอัสทรานซิสเตอร์จะมีย่านการทำงานอยู่ 3 ย่าน คือ ย่านคัตออฟ (Cut - Off Region) ย่านแอกทีฟ (Active Region) และย่านอิ่มตัว (Saturation Region) ซึ่งแต่ละย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์จะขึ้นอยู่กับการไบอัสให้กับรอยต่อของทรานซิสเตอร์

2.4.3 ทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน (Dalington Transistor)

ทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน คือ ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ต่อร่วมกัน โดยขาอิมิตเตอร์ของทราน - ซิสเตอร์ตัวที่หนึ่งจะต่อเข้ากับขาเบสของตัวถัดไป ดังภาพประกอบ 2.19



ภาพประกอบ 2.19 การต่อทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน

จากภาพประกอบ 2.19 กระแสคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์สามารถหาได้จากสมการ (2.7)

$$I_C = I_B \beta \tag{2.7}$$

ดังนั้นกระแสคอลเลคเตอร์ของวงจรขยายดาร์ลิงตันจึงเท่ากับ

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} \tag{2.8}$$

เมื่อ I_C คือ กระแสคอลเลคเตอร์ของวงจรขยายดาร์สิงตัน

แทนค่า I_C ของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ลงในสมการที่ (2.8) จะได้

Mahasarakham University

$$I_C = I_{B1}\beta_1 + I_{B2}\beta_2 \tag{2.9}$$

โดยที่ I_{B1} เท่ากับ I_{B2} ของทรานซิสเตอร์ Q_1
ฉะนั้น

$$I_{B2} = I_{B1}(\beta_1 + 1) \tag{2.10}$$

แทนค่าสมการที่ (2.10) ลงในสมการที่ (2.9) จะได้

$$I_C = I_{B1}\beta_1 + I_{B1}(\beta_1 + 1)\beta_2$$

$$I_C = I_{B1}(\beta_1 + \beta_1\beta_2 + \beta_2)$$

$$\frac{I_C}{I_{B1}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1\beta_2 \tag{2.11}$$

โดยที่ $\beta_1 > \beta_2 >> 1$ จะได้

$$\beta_1\beta_2 >> \beta_1 + \beta_2 \tag{2.12}$$

ดังนั้น

$$\frac{I_C}{I_{B1}} \cong \beta_1 \times \beta_2 \tag{2.13}$$

และ

$$\beta_{Darlington} \cong \beta_1 \times \beta_2 \tag{2.13}$$

ทั้งนี้ทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตันจะทำงานคล้ายกับทรานซิสเตอร์ 1 ตัว อัตราการขยายกระแสรวมของทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน มีค่าประมาณเท่ากับผลคูณของอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์แต่ละตัว และสำหรับแรงดันเบส-อิมิตเตอร์ ของทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตัน จะมีค่าเท่ากับผลรวมแรงดันตกคร่อมขาเบส และอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ตัว ดังสมการ (2.14)

$$V_{BE} = V_{BE1} + V_{BE2} \tag{2.14}$$

การทำงานของคู่ดาร์ลิงตันนี้จะต้องมีแรงดันอินพุตประมาณ 0.6 V ตกคร่อมรอยต่อเบส –

Mahasarakham University

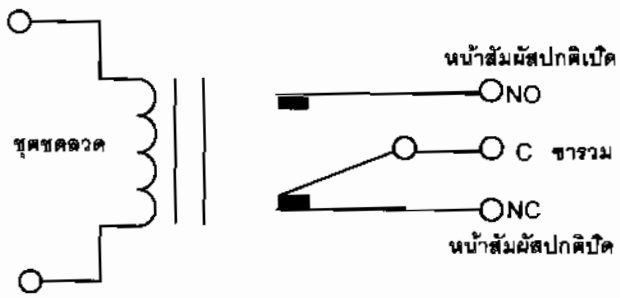
อิมิตเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ Q_1 เพื่อขับให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำงาน และต้องมีแรงดันอินพุตประมาณ 0.6 V สำหรับใช้เป็นแรงดันอินพุตของทรานซิสเตอร์ Q_2 เพื่อขับให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 ทำงาน ดังนั้น แรงดันอินพุตจะต้องมีค่ามากกว่า 1.2 V จึงจะทำให้ทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตันนำกระแสได้ ทั้งนี้ในโครงงานนี้เลือกใช้วงจรดาร์ลิงตันเพื่อทำหน้าที่ขับรีเลย์ เนื่องจากวงจรนี้ต้องการกระแสเบสต่ำในการขับรีเลย์ [9]

2.4.4 รีเลย์

รีเลย์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าแบบเดียวกับสวิตช์ จะทำงานโดยอาศัยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับรีเลย์ รีเลย์แบ่งได้หลายประเภท เช่น รีเลย์ขนาดเล็ก ที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ และรีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานทางไฟฟ้ากำลัง ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างแตกต่างกัน แต่หลักการทำงานจะคล้ายกัน ในโครงงานนี้เลือกใช้รีเลย์แบบ 5 ขา 12 V สำหรับเป็นสวิตช์เปิดปิดไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 2.20 โดยรีเลย์สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท

1. รีเลย์กำลัง (Power Relay) หรือคอนแทกเตอร์ (Contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลังที่มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ



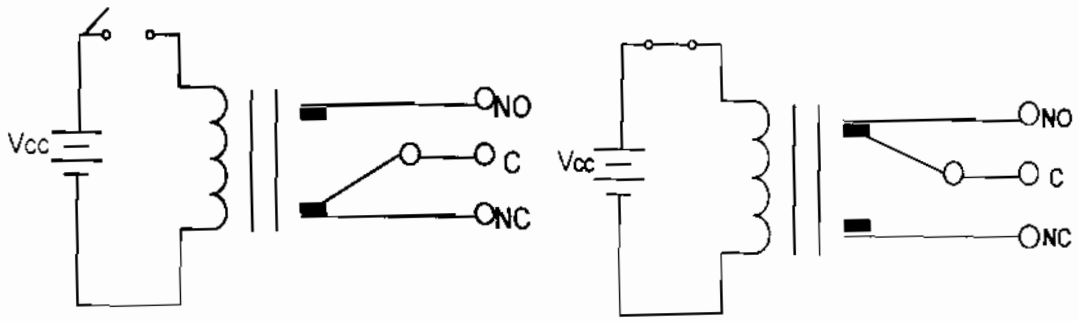
ภาพประกอบ 2.20 แผนภาพแสดงโครงสร้างทางกายภาพของรีเลย์
(ที่มา: หนังสืออิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เริ่มต้น)

โครงสร้างและหลักการทำงานของรีเลย์

โครงสร้างของรีเลย์ประกอบไปด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ (Coil) และหน้าสัมผัส (Con - tact) ซึ่งหน้าสัมผัส 1 ชุด จะประกอบไปด้วยหน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally opened : NO) หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Closed : NC) และหน้าสัมผัสร่วม (Common : C) โดยหน้าสัมผัส NC จะต่ออยู่กับหน้าสัมผัสร่วม (Common : C) มีหลักการทำงานดังนี้ เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ คือ มีกระ - แสไฟฟ้ามาขับรีเลย์ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ขดลวดของรีเลย์ เหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัส C มาต่อกับหน้าสัมผัส NO ซึ่งในสภาวะนี้จะทำให้วงจรที่ต่อที่หน้าสัมผัส C ต่อกับวงจรที่ต่อกับหน้าสัมผัส NO และ

Mahasarakham University

เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้ามาขับรีเลย์ หน้าสัมผัส C จะมาต่ออยู่กับหน้าสัมผัส NC ทำให้วงจรที่ต่อหน้าสัมผัส C ต่อกับวงจรที่ต่อกับหน้าสัมผัส NC สภาวะในการทำงานของรีเลย์ แสดงดังภาพประกอบ 2.21



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 2.21 สภาวะในการทำงานของรีเลย์ (ก) สภาวะที่หน้าสัมผัส C ต่อกับหน้าสัมผัส NC (ข) สภาวะที่หน้าสัมผัส C ต่อกับหน้าสัมผัส NO

ข้อคำนึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1. แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ โดยปกติที่ตัวรีเลย์จะมีการระบุค่าแรงดันใช้งานที่เหมาะสม เช่น 12 V_{DC} คือ ต้องใช้แรงดันขนาด 12 V_{DC} หากใช้สูงกว่าค่าที่กำหนดจะทำให้ขดลวดภายในตัวรีเลย์เสียหาย หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่าค่าที่กำหนดรีเลย์อาจจะไม่ทำงาน

2. ปริมาณกระแสผ่านหน้าสัมผัสที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10 A 220 V_{rms} แสดงว่าหน้าสัมผัสของรีเลย์สามารถทนกระแสได้ 10 A ที่ 220 V_{rms} แต่ในการใช้งานควรใช้ที่ระดับค่ากระแสต่ำกว่าที่กำหนด เนื่องจากถ้ามีกระแสมากจะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เสียหายได้

3. พิจารณาจำนวนหน้าสัมผัสในการใช้งานให้เหมาะสมกับลักษณะงาน [11]

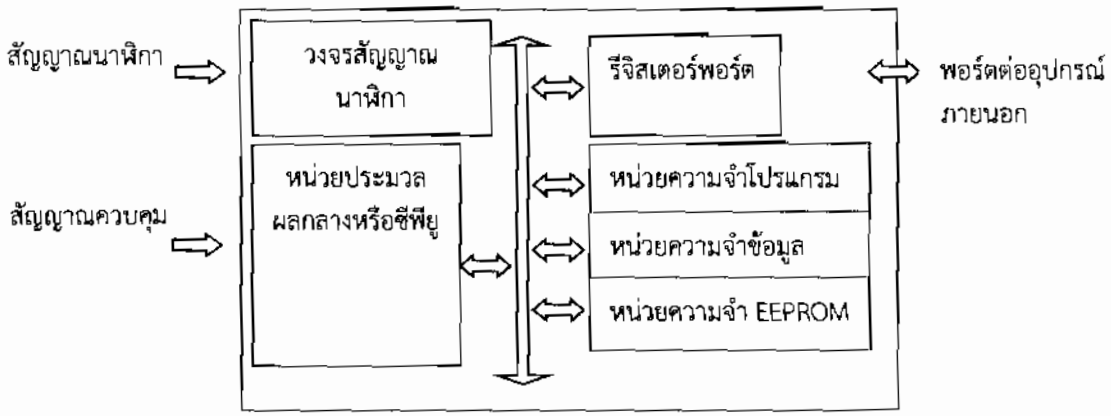
2.4.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประมวลผลอย่างหนึ่ง ที่ทำหน้าที่ประมวลผลตามโปรแกรม หรือชุดคำสั่ง มีโครงสร้างภายในที่ประกอบไปด้วย หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ ลอจิก บัส พอร์ต รีจิสเตอร์ หน่วยความจำ วงจรนับ และวงจรจับเวลา ที่รวมกันอยู่ภายในชิปเดียวกัน ซึ่งชิปตัวนี้จะอยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีลักษณะคล้ายไมโครโปรเซสเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ทำงานคล้ายกับหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์มีส่วนของการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก และเหมาะสมกับงานควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ PIC16F627A ซึ่งมีราคาถูก และสามารถเขียนโปรแกรมข้อมูลด้วยภาษาซี ซึ่งเป็นภาษาที่สะดวกในการเขียนโปรแกรมคำสั่งที่ซับซ้อน

Mahasarakham University

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังภาพประกอบ 2.22 มีส่วนประกอบหลายส่วนด้วยกัน ซึ่งในการทำงานของส่วนประกอบภายในไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2.22 โครงสร้างเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู

เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญมากที่สุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่ทำงานภายใต้การควบคุมของโปรแกรม หรือชุดคำสั่งของผู้ใช้งาน สำหรับหน่วยประมวลผลกลางประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ หน่วยคำนวณและตรรกะ (Arithmetic And Logical Unit : ALU) หน่วยควบคุม (Control Unit) และหน่วยความจำหลัก (Main Memory)

2. หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลเพื่อส่งให้กับซีพียู โดยข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่สูญหายแม้ในขณะที่ไม่จ่ายไฟเลี้ยง และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) เป็นหน่วยความจำข้อมูลแบบชั่วคราวซึ่งข้อมูลสามารถเปลี่ยนแปลงได้ และถูกใช้เป็นข้อมูลในการเก็บค่าตัวแปรในการคำนวณ โดยข้อมูลประเภทนี้จะสูญหายเมื่อไม่จ่ายไฟเลี้ยงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์

3. หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM: Erasable Electrically Read-Only-Memory)

เป็นหน่วยความจำในไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลไว้แม้ไม่ได้จ่ายไฟเลี้ยงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสามารถแก้ไข ลบข้อมูล หรือเขียนซ้ำข้อมูลที่บรรจุอยู่ภายในได้โดยใช้สนามไฟฟ้า

4. รีจิสเตอร์พอร์ต (Register Port)

เป็นหน่วยความจำพิเศษสามารถอ่านเขียนได้ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลระหว่างการทำงานและแสดงสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

Mahasarakham University

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เป็นส่วนสำคัญในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะเวลา หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะในการทำงานจะมีความเร็วมากขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีความเร็วในการประมวลผลสูงขึ้นตามไปด้วย โดยวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะมีอยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือสามารถสร้างสัญญาณจากภายนอกได้

6. พอร์ต

พอร์ตเป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ พอร์ตรับสัญญาณ หรือพอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ที่ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับข้อมูลจากภายนอก และสามารถตอบสนอง หรือแสดงผลได้ตามที่ต้องการ [12]

ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์มี 2 ประเภท คือ ประเภท RISC (Reduced Instruction Set Computer) และประเภท CISC (Complex Instruction Set Computer) ซึ่งแต่ละประเภทจะมีการทำงาน และโครงสร้างภายในที่แตกต่างกัน

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC ยกตัวอย่างเช่น ตระกูล PIC ของบริษัทไมโครชิพ เป็นต้น มีโครงสร้างการทำงานที่มีจำนวนชุดคำสั่งน้อย และแต่ละคำสั่งจะทำงานแบบง่ายๆ แต่ความเร็วในการทำงานแต่ละคำสั่งสูง

2. ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC ยกตัวอย่าง เช่น ตระกูล 68HC ของบริษัทโมโต - โรล่า มีโครงสร้างการทำงานภายใต้ชุดคำสั่งที่มากกว่าแบบ RISC ซึ่งแต่ละคำสั่งสามารถทำงานที่ซับซ้อนได้โดยใช้เพียงคำสั่งเดียว แต่ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ CISC จะช้า เมื่อเทียบกับความเร็วในการทำงาน 1 คำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC [13]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศ

งานวิจัยในประเทศได้มีการออกแบบระบบควบคุมแสงสว่างเพื่อความสะดวก และเพื่อลดการใช้พลังงาน เช่น การออกแบบระบบเปิดปิดไฟในห้อง จากการนับคนเข้าออกผ่านวงจรนับโดยทำการนับคนเข้าห้อง และออกจากห้อง เมื่อมีคนเข้าห้องระบบจะทำการเปิดไฟ และเครื่องปรับ - อากาศ เมื่อจำนวนคนเข้าห้องเท่ากับจำนวนคนออกจากห้อง ระบบจะทำการปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติทั้งหลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ [14] งานวิจัยการออกแบบสวิตช์แสง (Photo - Cell Switch) ซึ่งเป็น

Mahasarakham University

อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าอัตโนมัติ เพื่อเป็นการช่วยแก้ปัญหาการเปิดไฟฟ้าทิ้งไว้ในเวลากลางวัน หรือในขณะที่ไม่มีคนอยู่บ้าน โดยอาศัยการวัดระดับปริมาณแสงแดด [15] งานวิจัยการออกแบบโคมไฟอัตโนมัติที่สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน การสร้างโคมไฟแบบอัตโนมัติจะใช้หลอด LED ซึ่งมีแนวทางการศึกษาที่ประกอบไปด้วย การศึกษาคุณสมบัติของหลอด LED การศึกษาวงจรควบคุมหลอด LED การออกแบบการสร้างโคมไฟหลอด LED ให้ได้ความสว่างมากกว่า 300 lux และการออกแบบวงจรควบคุมให้โคมไฟสามารถปิดเปิดไฟแบบอัตโนมัติ เพื่อให้โคมไฟนี้สามารถประหยัดพลังงานได้ [16] และงานวิจัยเพื่อพัฒนาระบบเปิดปิดไฟแบบอัตโนมัติมาใช้ในทางหนีไฟ โดยปกติระบบแสงสว่างของทางหนีไฟต้องเปิดหลอดไฟทิ้งไว้ตลอดเวลา ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ หลักการทำงานของระบบที่พัฒนา คือ ระบบไฟส่องสว่างจะถูกปิดไว้เพื่อประหยัดพลังงานเมื่อไม่มีการเข้าถึงทางหนีไฟ เมื่อมีการเข้าถึงทางหนีไฟ ณ จุดใดๆ ระบบจะทำงานโดยอัตโนมัติโดยเปิดไฟทุกจุดที่ติดตั้งไว้เพื่อความปลอดภัย [17]

ต่างประเทศ

งานวิจัยในต่างประเทศจำนวนมากได้ทำการศึกษา และพัฒนาระบบควบคุมแสงสว่างแบบอัตโนมัติ เพื่อลดการใช้พลังงาน และเพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย เช่น การออกแบบโมดูลในการควบคุมแสงสว่างภายในบ้าน (Home Light Control Module, HLCM) โดยติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อเข้ากับหลอดไฟทุกหลอดภายในบ้าน ระบบ HLCM ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ วงจร PIR เซ็นเซอร์ วงจรเซ็นเซอร์วัดแสง โมดูล RF และไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่ง HLCM จะใช้ PIR เซ็นเซอร์ ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ที่เข้ามาในพื้นที่การตรวจสอบ ไฟฟ้าจะถูกปิดเมื่อตรวจพบว่า ไม่มีการเคลื่อนไหวแต่เมื่อมีการตรวจพบความเคลื่อนไหว ระบบ HLCM จะตรวจจับความเข้มแสงภายใต้สภาวะแวดล้อม และรักษาปริมาณความเข้มแสงให้เพียงพอ โดยการควบคุมจำนวนหลอดไฟฟ้า โดยใช้ RF โมดูล เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างระบบ HLCM และส่วนควบคุมหลอดไฟด้วยระบบไร้สาย ทำให้สามารถควบคุมความแตกต่างของแสงในแต่ละบริเวณได้ จากผลการทดสอบพบว่าการใช้ระบบ HLCM สามารถช่วยลดความสิ้นเปลืองของพลังงานได้ [18]

งานวิจัยการออกแบบเพื่อนำเสนอแนวทางในการลดการใช้พลังงาน ของวงจรควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้า โดยใช้ PIR เซ็นเซอร์ ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วสภาวะการเตรียมพร้อมของวงจรควบคุมการเปิดปิดไฟจะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 1-3 วัตต์ แต่สำหรับวงจรที่ได้มีการออกแบบในงานวิจัยนี้จะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.004 วัตต์ สามารถติดตั้งได้ง่าย และต้นทุนในการผลิตต่ำ วงจรที่มีการออกแบบในงานวิจัยนี้จะจ่ายไฟให้กับหลอดไฟ เมื่อตรวจพบว่ามีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น โดยหยุดจ่ายไฟให้กับหลอดไฟเมื่อไม่มีการเคลื่อนไหว และจะหยุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับวงจร เพื่อลดพลังงานในสภาวะเตรียมพร้อม การตรวจสอบการเคลื่อนไหวของสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในบริเวณรอบๆ เซ็นเซอร์จะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้สัญญาณประมวลผลในการควบคุมการเปิดปิดสวิตช์ไฟฟ้า [19]

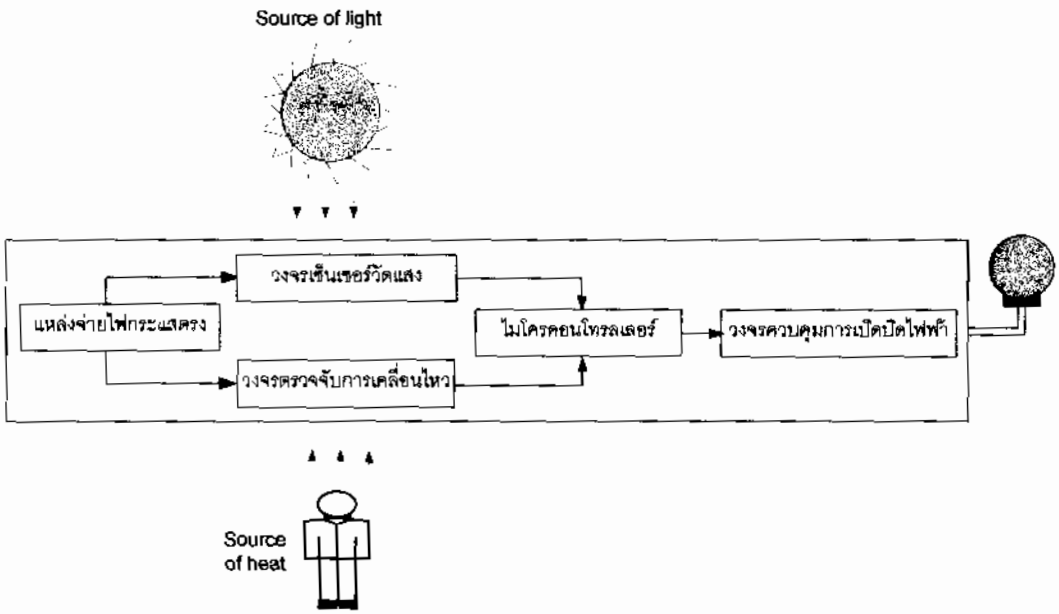
Mahasarakham University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากปัญหาทางด้านพลังงาน ผู้วิจัยได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เพื่อลดการใช้พลังงานตลอดจนเป็นการบริหารจัดการพลังงาน โดยลักษณะการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติสามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวจะทำการตรวจจับการเคลื่อนไหว เมื่อพบว่ามีการเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผล และในขณะเดียวกันเซ็นเซอร์แสงจะทำการตรวจวัดค่าความเข้มแสง เพื่อตรวจวัดค่าความเข้มแสงว่าอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการหรือไม่ จากนั้นเซ็นเซอร์แสงจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลเช่นเดียวกัน หากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณว่ามีการเคลื่อนไหว และมีแสงสว่างไม่เพียงพอ ระบบจะสั่งการให้ไฟเปิด และหากตรวจพบว่ามีการเคลื่อนไหวแต่อยู่ในสภาวะที่แสงสว่างเพียงพอ ระบบจะไม่สั่งการให้ไฟเปิด

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

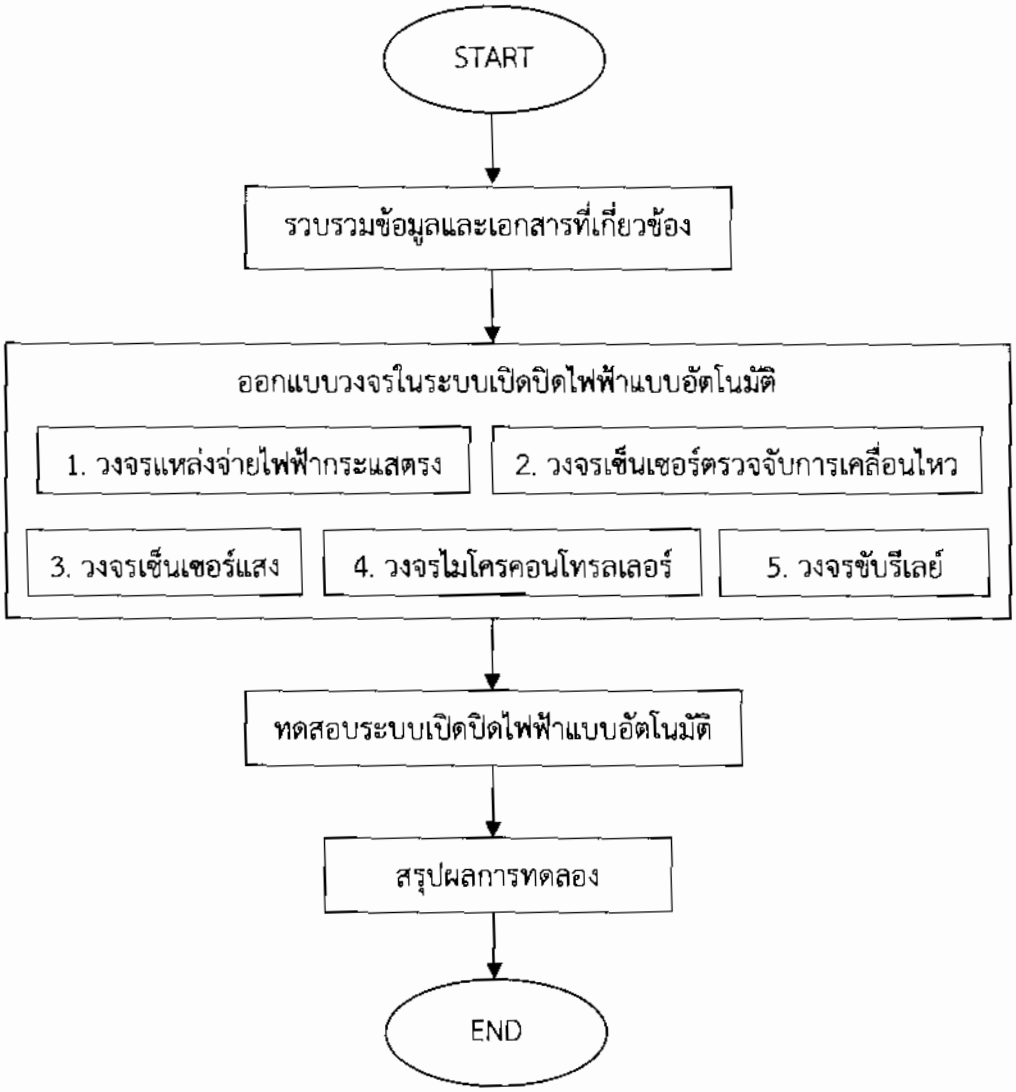
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลต้นแบบของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว และเซ็นเซอร์แสง ซึ่งในระบบจะประกอบไปด้วย วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง วงจรไมโครคอน - โทรลเลอร์ และวงจรขับรีเลย์ ดังภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 โมเดลต้นแบบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

เพื่อให้การวิจัยในครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้วางขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังภาพประกอบ 3.2

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การออกแบบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

ในโครงงานนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวงจรในส่วนต่างๆ ของระบบดังนี้ ออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง วงจรไมโครคอน - โทรลเลอร์ และวงจรขับรีเลย์ ซึ่งรายละเอียดในการออกแบบแต่ละวงจรมีดังต่อไปนี้

3.2.1 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

หลักในการออกแบบชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับโครงงานนี้ คือ สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรในส่วนต่างๆ ของระบบได้อย่างเหมาะสม ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นจะถูกจ่ายให้วงจรต่างๆ ได้แก่ วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรขับรีเลย์ และวงจรกันชน โดยในโครงงานนี้ได้เลือกใช้วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ เนื่องจากในแต่ละวงจรมีความต้องการใช้แรงดันไฟเลี้ยงในวงจรไม่เท่ากัน ดังนั้น

Mahasarakham University

จึงแบ่งวงจรเรียงกระแสออกเป็น 2 วงจร โดยในวงจรที่ 1 ใช้วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ในการเรียงกระแสจากแรงดันไฟสลับขนาด 220 V_{rms} เป็นแรงดันไฟตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC} และวงจรที่ 2 ใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์ร่วมกับขั้วเซ็นเตอร์แท็ป ในการแปลงแรงดันไฟฟ้าสลับขนาด 220 V_{rms} เป็นแรงดันไฟตรงขนาด ±15 V_{DC} สำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงให้กับออปแอมป์

หลักการออกแบบวงจรและการคำนวณอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในวงจร

1. สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรขับรีเลย์
2. สามารถจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงให้กับออปแอมป์ได้
3. เลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอกับความต้องการของวงจร โดยพิจารณาถึงแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่สามารถจ่ายให้โหลดได้

วงจรเรียงกระแสไฟสลับขนาด 220 V_{rms} เป็นไฟตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC}

วงจรเรียงกระแสไฟสลับขนาด 220 V_{rms} เป็นไฟตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC} สร้างขึ้นเพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรในระบบ ซึ่งแรงดันไฟตรงขนาด 5 V_{DC} จะนำไปใช้ในวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง และวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และแรงดันไฟตรงขนาด 12 V_{DC} จะนำไปใช้ในวงจรขับรีเลย์

อย่างไรก็ตาม ในโครงงานนี้ใช้แรงดันจากวงจรเรียงกระแส สำหรับวงจรกำเนิดไฟตรง 12 V_{DC} ร่วมกับวงจรกำเนิดไฟตรง 5 V_{DC} เนื่องจากวงจรกำเนิดไฟตรง 5 V_{DC} จ่ายกระแสต่ำ ทำให้ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นอยู่ในขอบเขตที่ทำให้ไอซี 7805 สามารถคงค่าแรงดันไฟตรงที่ 5 V_{DC} ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะทำให้สามารถลดต้นทุนของการใช้หม้อแปลง สำหรับแปลงแรงดัน 220 V_{rms} เป็น 5 V_{rms} การออกแบบวงจรจะใช้บริดจ์ไดโอดเบอร์ BR31 เพื่อทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสัญญาณแรงดันจากวงจรเรียงกระแสที่ได้ยังไม่เรียบ ทำให้มีสัญญาณรบกวนขนาดใหญ่ จึงใช้ตัวเก็บประจุช่วยในการกรองสัญญาณรบกวนให้เรียบขึ้น โดยใช้ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์ มีหลักการเลือกค่าตัวเก็บประจุให้กับวงจร คือ ค่าแรงดันกระเพื่อม (V_{ripple}) ไม่ควรเกิน 1 V เนื่องจากเป็นข้อกำหนดของการใช้งานไอซี 78XX และ 79XX ในการออกแบบจึงกำหนดให้ V_{ripple} = 1 V โดยออกแบบให้วงจรสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 100 mA ทำให้สามารถคำนวณหาค่า C ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นได้ดังสมการ (3.1)

$$C = \frac{I}{2 \times f \times V_{ripple}} \tag{3.1}$$

โดย I คือ กระแสที่จ่ายให้วงจร

f คือ ความถี่มีค่าเท่ากับ 50 Hz

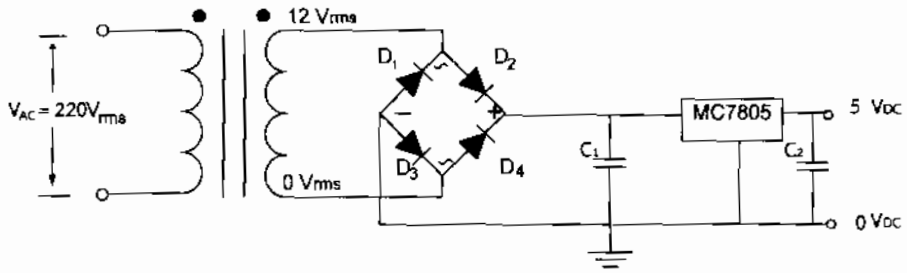
Mahasarakham University

จะได้

$$C = \frac{100 \times 10^{-3}}{2 \times 50 \times 1}$$

$$C = 100 \mu F$$

จากค่าตัวเก็บประจุที่คำนวณได้ผู้วิจัยเลือกใช้ C_1 ขนาด 100 µF โดยต่อขาด้านบวก C_1 เข้าขั้วบวกของไอซีบริดจ์ไดโอด ขาด้านลบของ C_1 ต่อเข้ากับขั้วลบของไอซีบริดจ์ไดโอด และเพื่อให้ได้สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่คงที่และเรียบขนาด 5 V_{DC} จึงต่อวงจรคงค่าแรงดันโดยใช้ไอซีเบอร์ MC7805 ทั้งนี้การป้อนแรงดันที่ขั้วอินพุตของไอซีจะต้องเป็นค่าที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่า $V_{in} - V_{out}$ ใน Datasheet ต้องมีค่าเท่ากับ 2 V ดังนั้นแรงดันอินพุตต้องมีค่ามากกว่า 7 V แต่ต้องต่ำกว่าค่า V_{in}(max) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 35 V และในวงจรนี้มีแรงดันอินพุตของวงจรเรียงกระแสขนาด 12 V_{rms} จากการคำนวณเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแสแล้วจะได้แรงดันไฟตรงขนาด 16.89 V_{DC} เป็นแรงดันอินพุตให้กับไอซีคงค่าแรงดัน อินพุตของไอซีต่อเข้ากับขาบวกของตัวเก็บประจุ C_1 ขากราวด์ของไอซีต่อลงกราวด์ และขาเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวเก็บประจุ C_2 ขนาด 0.1 µF เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน ดังภาพประกอบ 3.3



ภาพประกอบ 3.3 วงจรเรียงกระแสโดยใช้ไอซีคงค่าแรงดันเบอร์ 7805

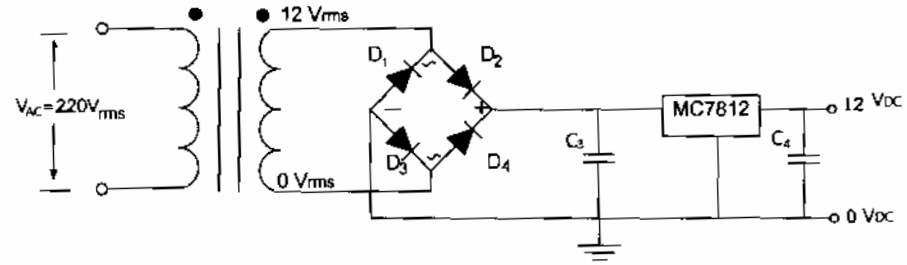
เพื่อให้ได้สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดคงที่ และเรียบขนาด 12 V_{DC} ผู้วิจัยจึงต่อวงจรคงค่าแรงดันโดยใช้ไอซีเบอร์ MC7812 โดยพิจารณาการป้อนแรงดันที่ขั้วอินพุตให้มีค่าที่เหมาะสม จากค่า V_{in}–V_{out} ใน Datasheet ต้องมีค่าเท่ากับ 2 V ดังนั้นแรงดันที่ขั้วอินพุตต้องมีขนาดมากกว่า 14 V แต่ต้องน้อยกว่าค่า V_{in}(max) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 35 V ในโครงงานนี้ใช้แรงดันอินพุตจากวงจรเรียงกระแสขนาด 12 V_{rms} ในทางทฤษฎีวงจรเรียงกระแสจะสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 16.89 V_{DC} จากนั้นต่อแรงดันอินพุตให้กับไอซีคงค่าแรงดัน โดยเลือกค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสม โดยใช้สมการ (3.1) จะได้

$$C = \frac{30 \times 10^{-3}}{2 \times 50 \times 1}$$

Mahasarakham University

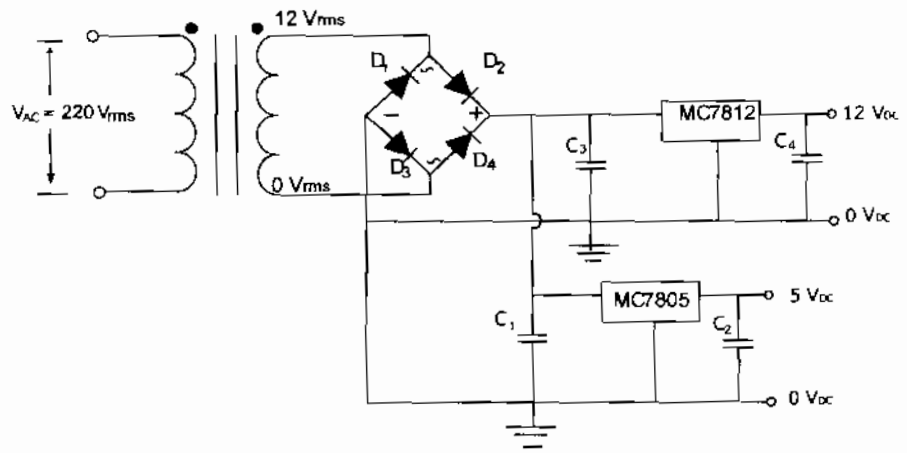
$$C = 300\mu F$$

ทั้งนี้ค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสมจึงเท่ากับ 300 μF โดยทำการออกแบบให้วงจรจ่ายกระแสได้ 30 mA เนื่องจากรีเลย์ที่ใช้ในวงจรนี้ต้องการกระแสในการทำงานที่ 20.8 mA ซึ่งสามารถดูได้จาก datasheet ของรีเลย์ ทั้งนี้ในวงจรนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ตัวเก็บประจุ C_3 ขนาด 470 μF เนื่องจากต้องการลดสัญญาณรบกวนให้ได้แรงดันที่เรียบ โดยขาบวกของตัวเก็บประจุ C_3 ต่อเข้าขาอินพุตของไอซี ขากราวด์ของไอซีต่อลงกราวด์ และขาเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวเก็บประจุ C_4 ขนาด 0.1 μF เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน ดังภาพประกอบ 3.4



ภาพประกอบ 3.4 วงจรเรียงกระแสโดยใช้ไอซีคงค่าแรงดันเบอร์ 7812

เมื่อทดสอบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงทั้งสองแล้ว จะต่อวงจรทั้งสองให้อยู่ในวงจรให้เชื่อมกับหม้อแปลงตัวเดียวกัน ดังภาพประกอบ 3.5 แล้วทำการทดสอบวงจรว่าจะมีการโหลดกระแสระหว่างวงจรหรือไม่



ภาพประกอบ 3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC}

วงจรเรียงกระแสไฟสลับขนาด 220 V_{rms} เป็นไฟตรงขนาด ±15 V_{DC}

วงจรเรียงกระแสไฟสลับขนาด 220 V_{rms} เป็นไฟตรงขนาด ±15 V_{DC} สร้างขึ้นเพื่อนำไปใช้เป็นแรงดันไฟเลี้ยงให้กับออปแอมป์ในวงจรกันชน เมื่อป้อนแรงดันไฟสลับขนาด 220 V_{rms} ผ่านไอซีบริดจ์ไดโอดเบอร์ BR31 จะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แต่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จะมีสัญญาณรบกวนขนาดใหญ่ จึงใช้ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์ สำหรับกรองแรงดันให้เรียบขึ้น ทำให้สามารถ

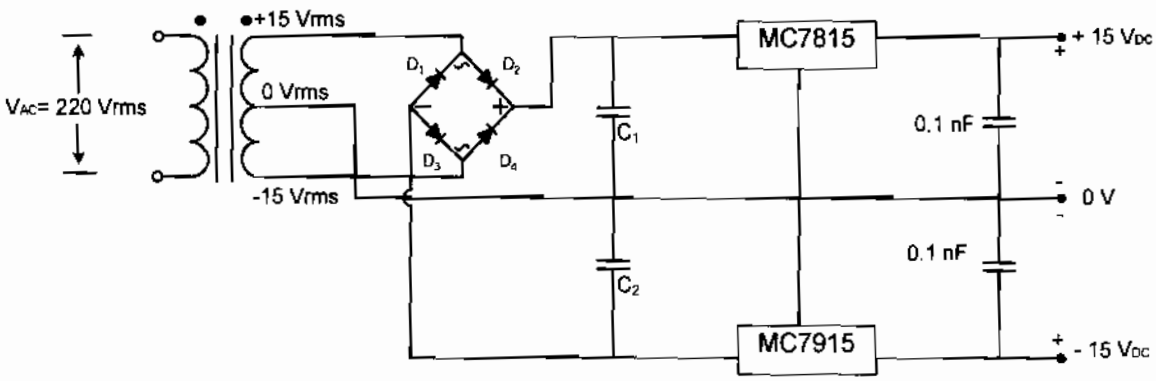
Mahasarakham University

คำนวณค่าตัวเก็บประจุ C โดยใช้สมการ (3.1) ซึ่งมีหลักการเลือกค่าตัวเก็บประจุให้กับวงจร เหมือนกับการออกแบบวงจรกำเนิดไฟตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC}

$$C = \frac{300 \times 10^{-3}}{2 \times 50 \times 1}$$

$$C = 3000 \mu F$$

จากการคำนวณค่าตัวเก็บประจุ 3000 µF จะทำให้วงจรสามารถจ่ายกระแสสูงสุด 300 mA ซึ่งค่าตัวเก็บประจุมาตรฐานที่มีค่าใกล้เคียง คือ 3300 µF ดังนั้นค่าตัวเก็บประจุ C1 และ C2 จึงมีขนาด 3300 µF จากนั้นต่อแรงดันไฟตรงจากขั้วบวกของไอซีบริดจ์ไดโอดเข้ากับขั้วบวกของ C_1 ขั้วลบของ C_1 ต่อเข้ากับเซ็นเตอร์แท็ปของหม้อแปลง สำหรับขั้วลบของไอซีบริดจ์ไดโอดต่อเข้ากับขั้วลบของ C_2 และขั้วบวกของ C_2 ต่อเข้ากับเซ็นเตอร์แท็ปของหม้อแปลง ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณแรงดันไฟตรงคงที่ ขนาด ±21.21 V_{DC} จากนั้นต่อเข้ากับไอซีเบอร์ MC7815 และ MC7915 จากหลักการใช้งานไอซี 78XX และ 79XX แรงดัน ±21.21 V_{DC} สามารถใช้สร้างแรงดันไฟตรง ±15 V_{DC} ได้ เนื่องจาก V_{in} – V_{out} มีค่ามากกว่า 2 V วงจรที่ได้แสดงดังภาพประกอบ 3.6 โดยขั้วเอาต์พุตของไอซีทั้งสองจะต่อกับตัวเก็บประจุขนาด 0.1 nF เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน ดังภาพประกอบ 3.6



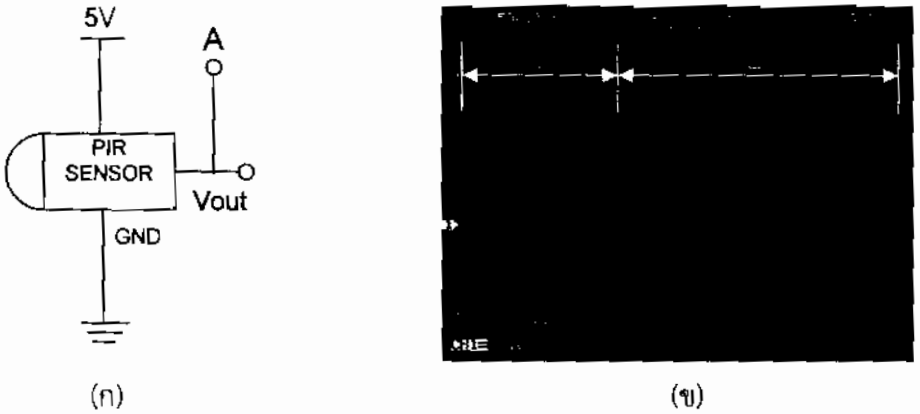
ภาพประกอบ 3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด ±15 V_{DC}

3.2.2 การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ในขั้นตอนแรกจะทำการพิจารณาสัญญาณเอาต์พุตของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อวิเคราะห์สัญญาณที่ได้ และเป็นแนวทางในการออกแบบวงจร โดยทำการจับสัญญาณแรงดันเอาต์พุตของเซ็นเซอร์ ณ จุด A ดังภาพประกอบ 3.7 (ก) จะได้ลักษณะสัญญาณแรงดันเอาต์พุตดังภาพประกอบ 3.7 (ข) พบว่าช่วงแรกจะเป็นช่วงที่ไม่มีการเคลื่อนไหว ลักษณะสัญญาณจะเป็นเส้นตรง และเมื่อมีการเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาในลักษณะสัญญาณพัลส์ที่ไม่คงที่ คือ ความถี่ของสัญญาณจะขึ้นกับระดับการเคลื่อนไหว

Mahasarakham University

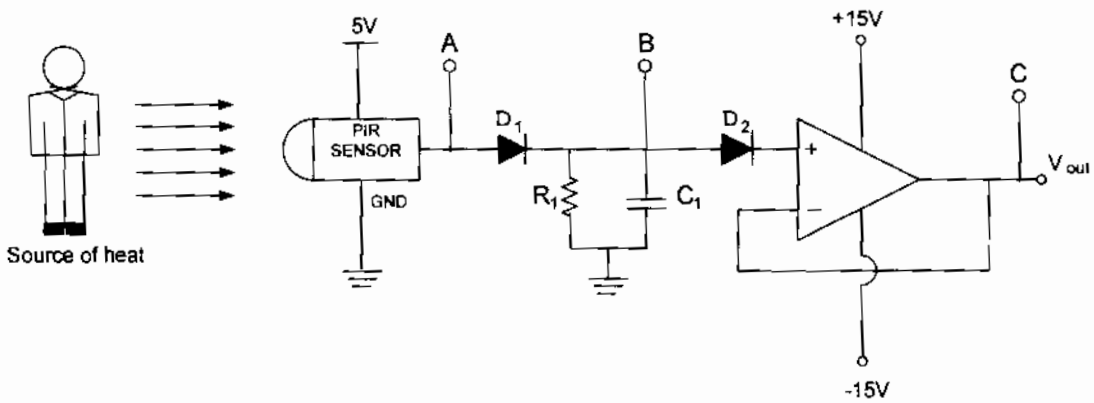
ลักษณะที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดช่วงของสัญญาณขนาด 0 V จึงอาจเกิดความผิดพลาดในการประมวลผลสัญญาณการเคลื่อนไหว ในขณะควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟ และทำให้การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ซับซ้อน และยุ่งยาก



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 3.7 (ก) ตำแหน่งจับสัญญาณเอาต์พุตของเซ็นเซอร์ (ข) สัญญาณเอาต์พุตของเซ็นเซอร์

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงต่อวงจรหน่วงเวลาเพื่อหน่วงเวลาให้มีช่วงสัญญาณที่กว้างขึ้น เพื่อให้สามารถแยกสัญญาณขณะมีการเคลื่อนไหว และขณะที่ไม่มีการเคลื่อนไหวได้อย่างชัดเจน นอกเหนือจากนี้จะทำให้สามารถลดความซับซ้อนของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ทำการออกแบบ แสดงดังภาพประกอบ 3.8



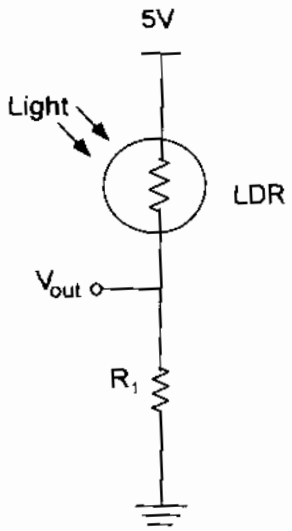
ภาพประกอบ 3.8 วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

จากภาพประกอบ 3.8 ขาเอาต์พุตของเซ็นเซอร์จะต่อเข้ากับขาแอโนดของไดโอด D_1 และขาแคโทดต่อเข้ากับวงจรหน่วงเวลา โดยมี R_1 ขนาด 12 kΩ เพื่อจำกัดการไหลของกระแสให้เหมาะสมกับขนาดของตัวเก็บประจุ C_1 ขนาด 470 μF ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณการหน่วงเวลาได้ จากสมการ $\tau = RC$ ซึ่งในโครงงานนี้ออกแบบให้มีการหน่วงเวลา 5.64 วินาที เมื่อมีการเคลื่อนไหวกระแสจะไหลผ่านไดโอด D_1 ไปยังวงจรหน่วงเวลา เพื่อควบคุมทิศทางการไหลของกระแสอัดประจุ ทำให้ไม่เกิดกระแสไหลย้อนกลับไปยังเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ในสภาวะที่ไม่มีการเคลื่อนไหว โดยไดโอด

Mahasarakham University

D_2 จะทำหน้าที่ป้องกันการอัดประจุจากวงจรออปแอมป์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรกันชน ทำให้วงจรหน่วงเวลาไม่ได้รับผลกระทบจากการเชื่อมต่อสัญญาณกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อออกแบบวงจรดังภาพประกอบ 3.8 วงจรจะถูกทดสอบโดยการจับสัญญาณแรงดันที่จุด A B และ C ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแรงดันในช่วงต่างๆ

3.2.3 การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์แสง

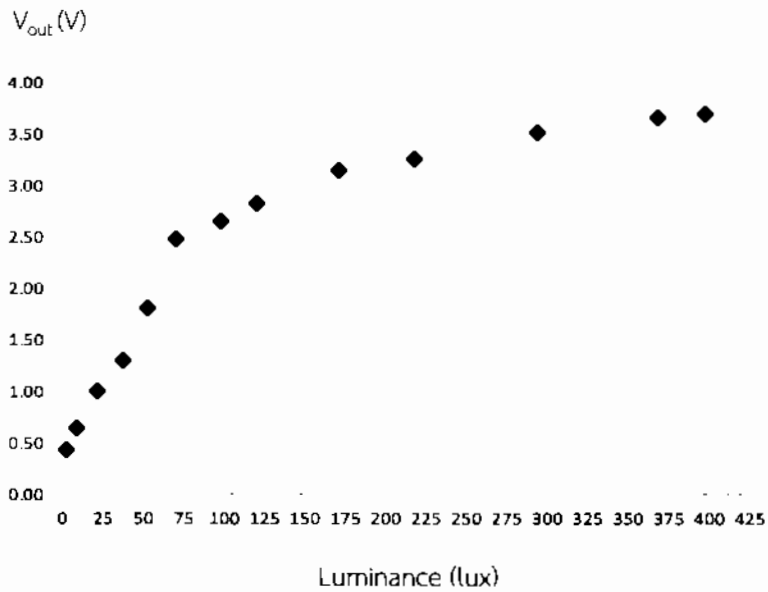


ภาพประกอบ 3.9 วงจรเซ็นเซอร์แสง

ในการออกแบบวงจรเซ็นเซอร์แสงในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ LDR เป็นเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดค่าความเข้มแสง โดยออกแบบให้เซ็นเซอร์แสงทำงานคล้ายกับวงจรเปิดปิดสวิตช์ ด้วยการต่อ LDR อนุกรมกับตัวต้านทานขนาด 10 kΩ ดังภาพประกอบ 3.9 แล้วพิจารณาค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำไปประมวลผล ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของเซ็นเซอร์เบื้องต้น พบว่าเมื่อค่าความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 25 lux จะได้แรงดันเอาต์พุตมีขนาด 1 V โดยในโครงงานนี้กำหนดให้ค่าความเข้มแสง 25 lux เป็นค่าความเข้มแสงขีดเริ่ม เนื่องจากค่าความเข้มแสงนี้เป็นค่าต่ำสุดสำหรับการมองเห็นของมนุษย์ ผลการทดสอบเบื้องต้นของวงจรเซ็นเซอร์แสง แสดงดังภาพประกอบ 3.10 ลักษณะแนวโน้มของเส้นกราฟจะเป็นดังนี้ คือ เมื่อมีแสงสว่างความเข้มสูงมากระทบกับ LDR ทำให้ LDR มีค่าความต้านทานต่ำ แรงดันตกคร่อม R_1 จึงมีขนาดใหญ่ แรงดันเอาต์พุตจึงอยู่ในสถานะลอจิก 1 และถ้าอยู่ในสภาวะไม่มีแสงสว่าง LDR จะมีค่าความต้านทานสูง ทำให้แรงดันตกคร่อม LDR มีขนาดใหญ่ แรงดันเอาต์พุตจึงอยู่ในสถานะลอจิก 0 ซึ่งสามารถหา V_{out} ได้ดังสมการ (3.2)

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_{LDR} + R_1} \cdot V_{in} \qquad (3.2)$$

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out} ของวงจรเซ็นเซอร์แสงกับค่าความเข้มแสง

จากผลการทดสอบเบื้องต้น พบว่า V_{out} มีค่าตรงตามที่ออกแบบ คือ เมื่อความเข้มแสงต่ำกว่า 25 lux แรงดันอนาลอกที่จ่ายให้ขาอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีค่าน้อยกว่า 1 V ไมโครคอน - โทรลเลอร์จะแปลความหมายได้เป็นลอจิก 0 และช่วงที่ความเข้มแสงมากกว่า 25 lux แรงดันอนาลอกที่จ่ายให้ขาอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีค่ามากกว่า 1 V ไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลความหมายได้เป็นลอจิก 1

3.2.4 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบวงจรประมวลผลในโครงงานนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC เบอร์ PIC16F627A ในการประมวลผลของวงจรภายในระบบ การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยรับแรงดันไฟเลี้ยงจากวงจรเรียงกระแส 5 V เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้ต้องการแรงดันในการทำงานตั้งแต่ 3 ถึง 5.5 V จากนั้นทำการออกแบบวงจรสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้คริสตอลเพื่อกำหนดความถี่ในการดำเนินการของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ความถี่ 4 MHz โดยต่อเข้าที่ขา OSC1 และขา OSC2 ดังภาพประกอบ 3.10 ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาได้ ดังสมการ (3.3)

$$C_L = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} + C_{stray} \qquad (3.3)$$

โดย C_L คือ ความจุโหลดของคริสตอล

Mahasarakham University

C_{stray} คือ ความจุแฝงในวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกามีค่าอยู่ในช่วง 3 – 5 pF

สมมุติให้ $C_1 = C_2$

จะได้

$$C_L = \frac{C_1}{2} + C_{stray} \tag{3.4}$$

ซึ่งค่า C_L ได้จาก datasheet ของคริสตอลที่ใช้ในโครงงานนี้ ทั้งนี้ C_L มีค่าเท่ากับ 18 pF

ดังนั้น

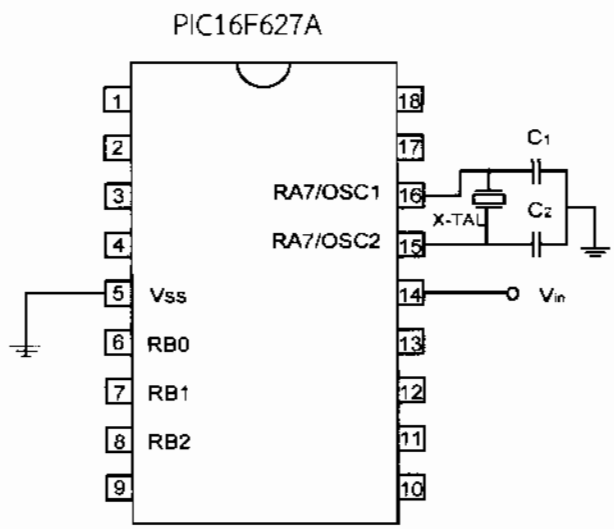
$$C_1 = 2(C_L - C_{stray}) \tag{3.5}$$

$$C_1 = 2(18\text{pF} - 5pF)$$

จะได้

$$C_1 = 26pF$$

ฉะนั้น ค่าตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ที่เหมาะสมมีขนาด 26 pF ทั้งนี้ค่าตัวเก็บประจุมาตรฐานที่ใกล้เคียงกับที่คำนวณได้มีขนาด 22 pF ในโครงงานนี้จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ขนาด 22 pF ซึ่งจะทำให้เมื่อแทนค่า C_1 และ C_2 ลงในสมการ (3.3) จะได้ค่า $C_L \approx 11$ pF ดังนั้น จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอยู่ในขอบเขตที่ PIC16F627A สามารถทำงานได้



ภาพประกอบ 3.11 วงจรประกอบเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน

Mahasarakham University

จากภาพประกอบ 3.11 กำหนดให้ขา RB1 เป็นขารับสัญญาณจากวงจรเซ็นเซอร์แสง ขา RB2 เป็นขารับสัญญาณจากวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว และขา RB0 เป็นขาเอาต์พุตที่ใช้ส่งสัญญาณเพื่อควบคุมการทำงานของสวิตช์เปิดปิดไฟฟ้า เนื่องจากสามารถรับจ่ายกระแสไฟตรงได้สูงสุด 25 mA ในโครงงานนี้จะกำหนดตามเงื่อนไขการใช้ ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 เงื่อนไขการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

ความเข้มแสง	การเคลื่อนไหว	สัญญาณเอาต์พุต แบบดิจิตอล (ลอจิก)	ระบบเปิดปิดไฟฟ้า
สว่าง (มากกว่า 25 lux)	มีการเคลื่อนไหว	0	ไฟปิด
สว่าง (มากกว่า 25 lux)	ไม่มีการเคลื่อนไหว	0	ไฟปิด
มืด (ต่ำกว่า 25 lux)	มีการเคลื่อนไหว	1	ไฟเปิด
มืด (ต่ำกว่า 25 lux)	ไม่มีการเคลื่อนไหว	0	ไฟปิด

จากตาราง 3.1 ระบบจะทำการเปิดสวิตช์ไฟในกรณีที่ความเข้มแสงต่ำกว่า 25 lux และตรวจพบการเคลื่อนไหว โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นลอจิก 1 มีแรงดันเอาต์พุต 5 V นอกจากกรณีนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นลอจิก 0 โดยมีแรงดันเอาต์พุต 0 V รายละเอียดขั้นตอนในการประมวลผล แสดงดังภาพประกอบ 3.12 โดยที่

ขั้นตอนที่ 1 รับสัญญาณอินพุตจากวงจรเซ็นเซอร์แสงที่ขา RB1 และรับสัญญาณอินพุตจากวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ขา RB2 โดยกำหนดให้ตัวแปร Z คือ ค่าความเข้มแสง และ X คือ การเคลื่อนไหว

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบสัญญาณอินพุตที่ขา RB1 ว่าความเข้มแสงต่ำกว่า 25 lux หรือไม่ ถ้าความเข้มแสงมากกว่า 25 lux ให้ทำงานตามขั้นตอนที่ 3 ถ้าความเข้มแสงต่ำกว่า 25 lux ให้ทำงานตามขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 3 หน่วงเวลา 100 mS แล้วทำงานต่อตามขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบสัญญาณอินพุตที่ขา RB2 ว่ามีการเคลื่อนไหวหรือไม่ ถ้าหากพบการเคลื่อนไหวให้ทำงานตามขั้นตอนที่ 5 ถ้าไม่พบการเคลื่อนไหวให้ทำงานตามขั้นตอนที่ 7

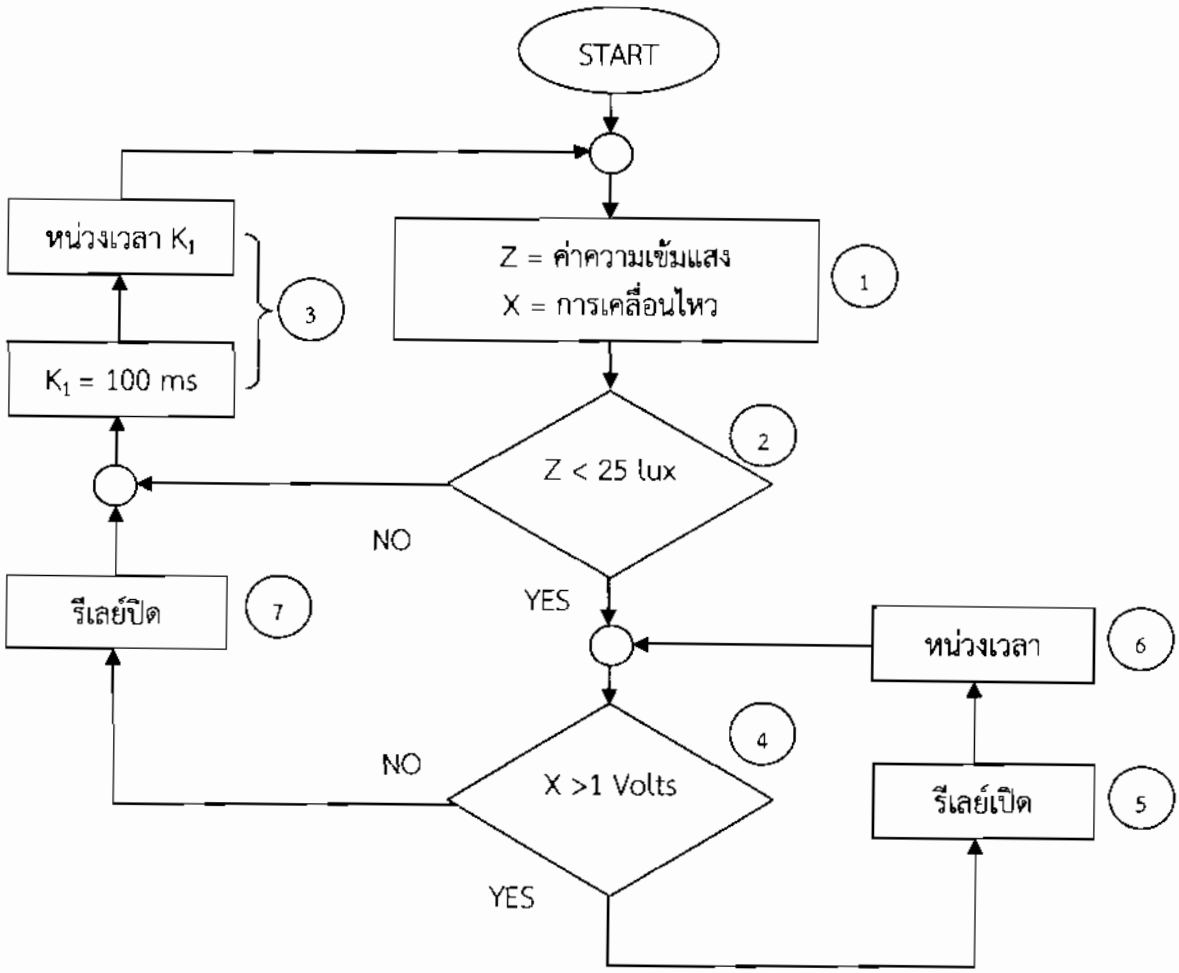
ขั้นตอนที่ 5 ส่งสัญญาณเอาต์พุตที่ขา RB0 เป็นลอจิก 1 แล้วทำงานต่อตามขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 6 หน่วงเวลาแล้วกลับไปทำงานตามขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 7 ส่งสัญญาณเอาต์พุตที่ขา RB0 เป็นลอจิก 0 แล้วทำงานต่อตามขั้นตอนที่ 3

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลตามขั้นตอนต่างๆ ตลอดช่วงการทำงานของระบบควบคุม จนกระทั่งหยุดป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ การประมวลผลของไมโครคอน - โทรลเลอร์ จะสร้างสัญญาณสำหรับควบคุมรีเลย์ในการเปิดปิดหลอดไฟ

Mahasarakham University



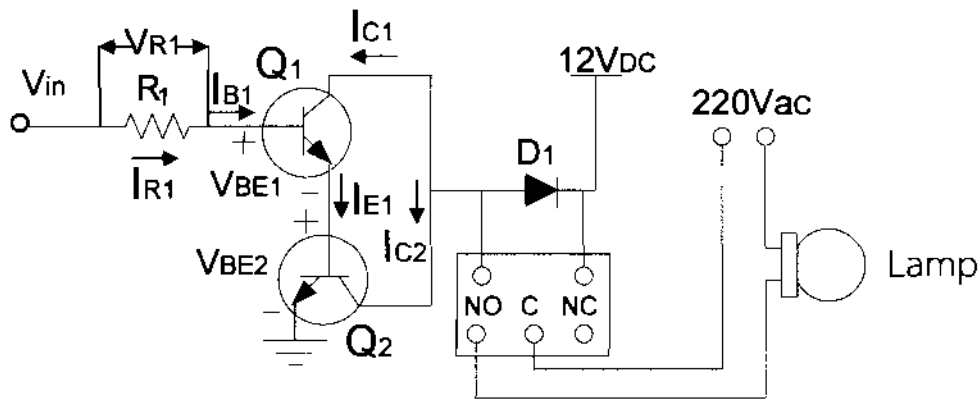
ภาพประกอบ 3.12 การประมวลผลของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

3.2.5 การออกแบบวงจรขับรีเลย์

ในโครงงานนี้ได้ประยุกต์วงจรดาร์ลิงตันในการขับรีเลย์ เนื่องจากไม่สามารถใช้เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดของรีเลย์ได้โดยตรง ทั้งนี้เพราะกระแสที่จ่ายออกจากขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเสอร์มีค่าต่ำ ซึ่งไม่เพียงพอต่อการควบคุมการเปิดปิดรีเลย์ ดังนั้น จึงต่อทรานซิสเดอร์แบบดาร์ลิงตันเพื่อทำการขยายกระแส และใช้สัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของวงจรดาร์ลิงตัน ในการทำงานของวงจรดาร์ลิงตันจะต้องมีแรงดันอินพุตมากกว่า 1.2 V เพราะทรานซิสเตอร์แต่ละตัวต้องมีแรงดันอินพุตอย่างน้อย 0.6 V จึงจะนำกระแส โดยต่อขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1 (เบอร์ 2N2222A) กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 (เบอร์ 2N2222A) เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณแรงดันเอาต์พุตผ่าน R_1 ขนาด 5 kΩ วงจรดาร์ลิงตันจะขยายกระแสเพื่อขับรีเลย์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์สวิตช์เปิดปิดไฟฟ้า เมื่อทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตันนำกระแส จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่ขดลวดของรีเลย์ หน้าสัมผัสของรีเลย์จึงสวิตช์มาต่อกับหน้าสัมผัส NO ซึ่งหน้าสัมผัส C ต่อเข้ากับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V_{rms} ทำให้หลอดไฟถูกเปิด และเมื่อทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตันไม่

Mahasarakham University

นำกระแสจะทำให้ไม่เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่ขดลวดของรีเลย์ หน้าสัมผัสของรีเลย์จะดีดกลับมาติดกับหน้าสัมผัส NC ทำให้หลอดไฟไม่ถูกเปิด ส่วนไดโอด D_1 ต่อไว้สำหรับป้องกันการไหลย้อนกลับของกระ - แส ที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ดังภาพประกอบ 3.13 โดยเกิดในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟเกิดการกระเพื่อมในช่วงเริ่มต้นของการจ่ายไฟ ตลอดจนเมื่อทรานซิสเตอร์หยุดจ่ายกระแสให้รีเลย์ สนามแม่เหล็กของรีเลย์จะเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับมายังทรานซิสเตอร์ ซึ่งอาจทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



ภาพประกอบ 3.13 วงจรขับรีเลย์

จากภาพประกอบ 3.13 สามารถหากระแสเบสได้จาก

$$V_{in} = V_{R1} + V_{BE1} + V_{BE2} \tag{3.6}$$

$$V_{in} = V_{R1} + 0.6 + 0.6$$

$$V_{R1} = V_{in} - 1.2 \tag{3.7}$$

ดังนั้น สามารถหากระแส I_{R1} ได้จาก

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} \tag{3.8}$$

แทนค่าสมการที่ (3.7) ในสมการที่ (3.8) จะได้

$$I_{R1} = \frac{V_{in} - 1.2}{R_1}$$

โดยที่ $I_{R1} = I_{B1}$

ฉะนั้น

Mahasarakham University

$$I_{B1} = \frac{V_{in} - 1.2}{R_1} \tag{3.9}$$

เมื่อทราบกระแสเบส Q_1 แล้วจะสามารถหากระแสอิมิตเตอร์ได้จาก

$$I_{E1} = (\beta_1 + 1) I_{B1} \tag{3.10}$$

โดยที่ $I_{E1} = I_{B2}$ และ β_1 = อัตราการขยายของ Q_1

จะได้

$$I_{B2} = (\beta_1 + 1) I_{B1} \tag{3.11}$$

ดังนั้นสามารถหากระแสคอลเลคเตอร์ของวงจรได้จาก

$$I_C = \beta_2 \times I_{B2} \tag{3.12}$$

โดยที่ β_2 = อัตราการขยายของ Q_2

คำนวณหาค่ากระแสที่ I_{B1} จากสมการที่ (3.9) เมื่ออัตราขยาย Q_1 เท่ากับ 50
จะได้

$$I_{B1} = \frac{5 - 1.2}{5 \times 10^3}$$

$$I_{B1} = 0.76 \text{ mA}$$

คำนวณหาค่ากระแสที่ I_{B2} จากสมการที่ (3.9) เมื่ออัตราขยาย Q_2 เท่ากับ 50
จะได้

$$I_{B2} = (\beta_1 + 1) I_{B1}$$

$$I_{B2} = 38.76 \text{ mA}$$

จากการคำนวณที่ได้ พบว่าเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าได้เป็นลอจิก 1 จะมีแรงดันเอาต์พุต 5 V ซึ่งเป็นแรงดันอินพุตของวงจรขับรีเลย์ที่สามารถขับกระแส I_{B1} และ I_{B2} ได้ ทำให้ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนำกระแส เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ อ่านค่าได้เป็นลอจิก 0 จะมีแรงดันเอาต์พุต 0 V ซึ่งทำให้วงจรดาร์ลิงดันหยุดนำกระแส ดังนั้นวงจรดาร์ลิงตันจึงสามารถใช้ขับรีเลย์สำหรับควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟได้

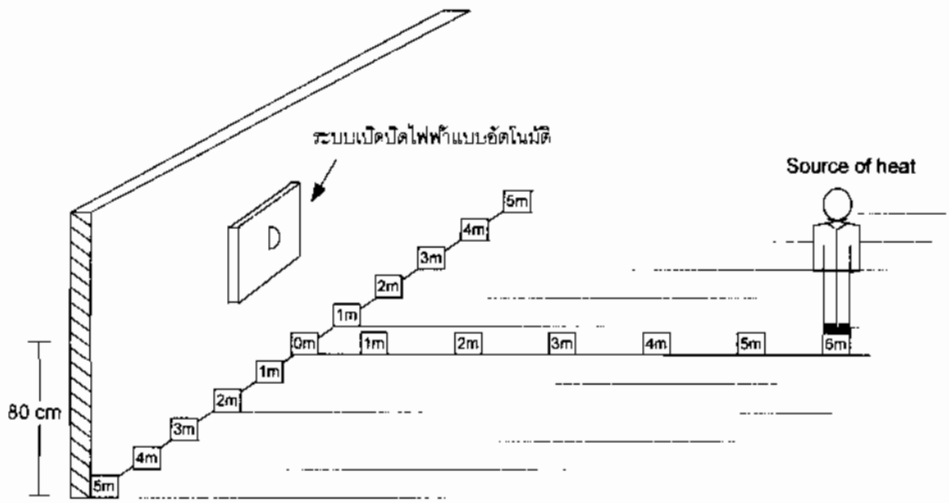
Mahasarakham University

3.2.6 การทดสอบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

ในการทดสอบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทด - สอบ คือ การทดสอบระยะการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ และการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

3.2.6.1 การทดสอบระยะการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

ในการทดสอบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยจะทำการติดตั้งโมเดลต้นแบบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติไว้ที่ความสูงห่างจากพื้น 80 เซนติเมตร โดยกำหนดให้จุดติดตั้งโมเดลต้นแบบเป็นจุดศูนย์กลาง และทำการทดสอบจากระยะ 5 เมตร จากทางด้านซ้าย และ 5 เมตร จากทางด้านขวา และมีความยาวจากจุดศูนย์กลาง 6 เมตร โดยทำการทดสอบหาระยะการทำงานของระบบในพื้นที่การทำงานจริง เพื่อกำหนดขนาดของพื้นที่ที่ตอบสนองต่อระบบที่สร้างขึ้น ลักษณะการทดสอบแสดงดังภาพประกอบ 3.14



ภาพประกอบ 3.14 ลักษณะการทดสอบระยะระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

3.2.6.2 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ จะกำหนดเงื่อนไขให้ระบบ และทดสอบระบบว่ามีผลในการทดสอบเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไม่ ซึ่งเงื่อนไขในการทดสอบมี 2 เงื่อนไขดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 กำหนดให้มีความเข้มแสงเพียงพอต่อความต้องการ และมีการเคลื่อนไหว ซึ่งในการทดสอบให้ค่าความเข้มแสงมีค่ามากกว่า 25 lux ดังนั้น แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเซ็นเซอร์แสงในช่วงนี้มีค่ามากกว่า 1 V ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แปลความหมายค่าที่อ่านได้เป็นลอจิก 1 และแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวในช่วงนี้มีค่ามากกว่า 1 V ทำให้ไมโคร - คอนโทรลเลอร์แปลความหมายค่าที่อ่านได้เป็นลอจิก 1 ดังนั้น การประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

Mahasarakham University

จึงสร้างสัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิก 0 ในกรณีนี้หลอดไฟจะไม่ถูกเปิด

เงื่อนไขที่ 2 กำหนดให้มีความเข้มแสงไม่เพียงพอต่อความต้องการ และมีการเคลื่อนไหว โดยในการทดสอบหาความเข้มแสงมีค่าน้อยกว่า 25 lux แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเซ็นเซอร์แสงในช่วงนี้จึงมีค่าน้อยกว่า 1 V ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แปลความหมายค่าที่อ่านได้เป็นลอจิก 0และแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวในช่วงนี้มีค่ามากกว่า 1 V จึงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แปลความหมายค่าที่อ่านได้เป็นลอจิก 1 ดังนั้น การประมวลผลของไมโคร - คอนโทรลเลอร์จึงสร้างสัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 ในกรณีนี้ไฟจะถูกเปิด

ในการทดสอบระบบในเงื่อนไขที่ 1 และ 2 ผู้วิจัยจะทำการเลือกระยะในพื้นที่ที่ระบบตอบสนองได้ดีที่สุด โดยการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อดูว่าระบบสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขทุกครั้งหรือไม่ และทดสอบเสถียรภาพของระบบที่สร้างขึ้น

Mahasarakham University

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปราย

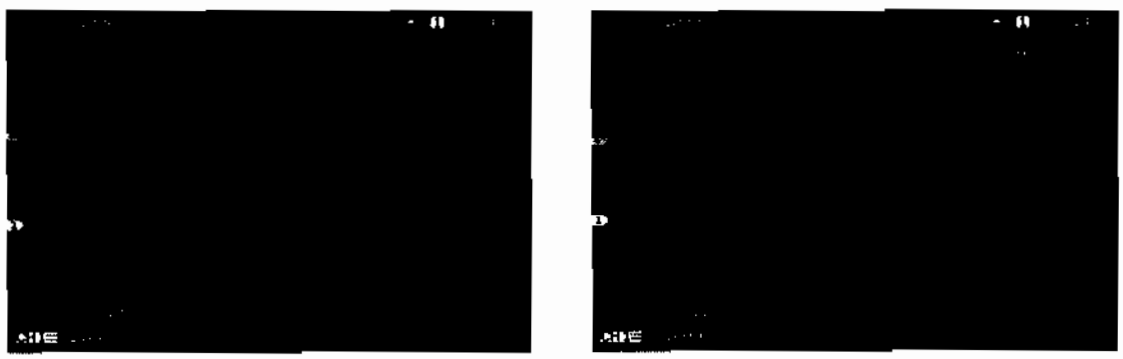
ในบทนี้กล่าวถึงผลการทดสอบ และการอภิปรายผลการทดสอบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติที่ได้ทำการพัฒนา ซึ่งในระบบประกอบไปด้วย วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง วงจรเซ็นเซอร์ - ตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรขับรีเลย์

4.1 ผลการทดสอบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในโครงงานนี้ มีการแปลงแรงดันไฟสลับขนาด 220 V_{rms} เป็นแรงดันไฟตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC} และแปลงแรงดันไฟสลับขนาด 220 V_{rms} เป็นแรงดันไฟตรงขนาด $\pm$15 V_{DC} ซึ่งการทดสอบแหล่งจ่ายในแต่ละวงจรได้ผลดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการทดสอบวงจรกำเนิดไฟตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC}

ในการออกแบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงขนาด 5 V_{DC} และ 12 V_{DC} โดยใช้ไอซีคงค่าแรงดันเบอร์ 7805 และ 7812 เมื่อทำการทดสอบวัดสัญญาณทางด้านเอาต์พุตของวงจร ผลการทดสอบจับสัญญาณแรงดันเอาต์พุตแสดงดังภาพประกอบ 4.1 พบว่าสัญญาณที่ได้มีลักษณะสัญญาณเป็นแรงดันไฟตรงที่เรียบขนาด 5.00 V_{DC} และ 11.50 V_{DC} ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าวงจรกำเนิดแรงดันไฟตรงขนาด 5 V_{DC} สามารถสร้างแรงดันเอาต์พุตได้ตรงตามที่ออกแบบ แต่อย่างไรก็ตาม วงจรกำเนิดไฟตรงขนาด 12 V_{DC} สร้างแรงดันเอาต์พุตขนาด 11.50 V_{DC} ซึ่งมีค่าไม่ตรงตามที่ออกแบบ คือ 12 V_{DC} ซึ่งจากการทดสอบเปลี่ยนไอซี 7812 และวัดแรงดันตามจุดต่างๆ พบว่า แรงดันขาเข้าไอซี 7812 เป็นไปตามเงื่อนไขการใช้งานไอซี 7812 แต่แรงดันเอาต์พุตของวงจรมีค่า 11.5 V_{DC} จึงมีความเป็นไปได้ที่ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเป็นผลจากความบกพร่องของไอซี 7812 จากกระบวนการผลิต แต่อย่างไรก็ตามค่าแรงดันที่ได้ทั้งกรณีแรงดันเอาต์พุต 5 V_{DC} และ 11.5 V_{DC} อยู่ในช่วงที่สามารถนำไปจ่ายให้กับวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรขับรีเลย์ได้



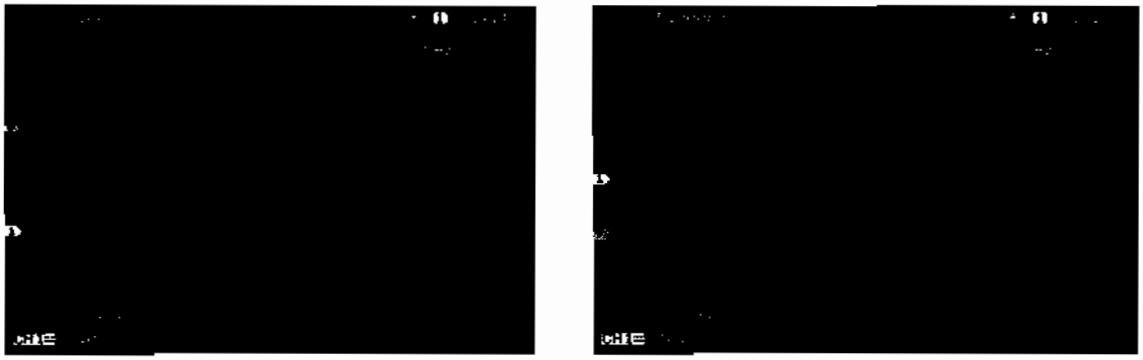
(ก) (ข)

ภาพประกอบ 4.1 สัญญาณแรงดันไฟตรง (ก) แรงดันไฟตรงเฉลี่ยขนาด 5.00 V_{DC} (ข) แรงดันไฟตรงเฉลี่ยขนาด 11.50 V_{DC}

Mahasarakham University

4.1.2 ผลการทดสอบวงจรกำเนิดไฟตรงขนาด ±15 V_{DC}

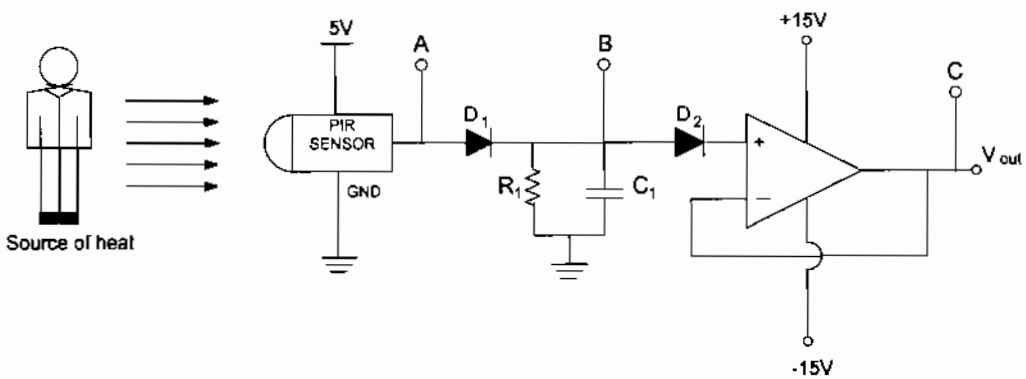
จากผลการทดสอบพบว่า สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแรงดันไฟสลับขนาด 220 V_{rms} เป็นแรงดันไฟตรงขนาด ±15 V_{DC} ที่ผ่านไอซีคงค่าแรงดันเบอร์ 7815 และ 7915 มีลักษณะสัญญาณแรงดันเป็นไฟตรงที่เรียบ เมื่อทดสอบจับสัญญาณแรงดันด้วยออสซิโลสโคปแบบดิจิตอล พบว่ามีแรงดันไฟตรงบวกขนาด 14.50 V_{DC} และแรงดันไฟตรงลบขนาด -14.70 V_{DC} ซึ่งแรงดันเอาต์พุตที่ได้มีค่าไม่ตรงตามที่ออกแบบ คือ ±15 V_{DC} จากการทดสอบวัดแรงดันตามจุดต่างๆ ในวงจร ประกอบกับการเปลี่ยนไอซี 7815 และ 7915 พบว่า อาจเป็นผลเนื่องมาจากค่าไอซีคงค่าแรงดันมีคุณสมบัติไม่ตรงตามที่ระบุไว้ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความบกพร่องภายในตัวไอซีจากกระบวนการผลิต เนื่องจากเมื่อทำการทดสอบเปลี่ยนไอซีคงค่าแรงดันโดยใช้วงจรเดิม พบว่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้ยังคงได้ไม่ตรงตามที่ออกแบบไว้ แม้ว่าแรงดันที่จ่ายให้ไอซี 7815 จะมีค่าประมาณ 21 V_{DC} และแรงดันที่จ่ายให้ไอซี 7915 จะมีค่าประมาณ -21 V_{DC} ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขการทำงานของไอซีทั้งคู่ แต่อย่างไรก็ตามแรงดันที่ได้ยังอยู่ในช่วงที่สามารถนำไปใช้จ่ายให้แก่ออปแอมป์ในวงจรกันชนได้ ผลการทดสอบแสดงดังภาพประกอบ 4.2



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 4.2 สัญญาณแรงดันไฟตรง (ก) แรงดันไฟฟ้าฝั่งบวก (ข) แรงดันไฟฟ้าฝั่งลบ

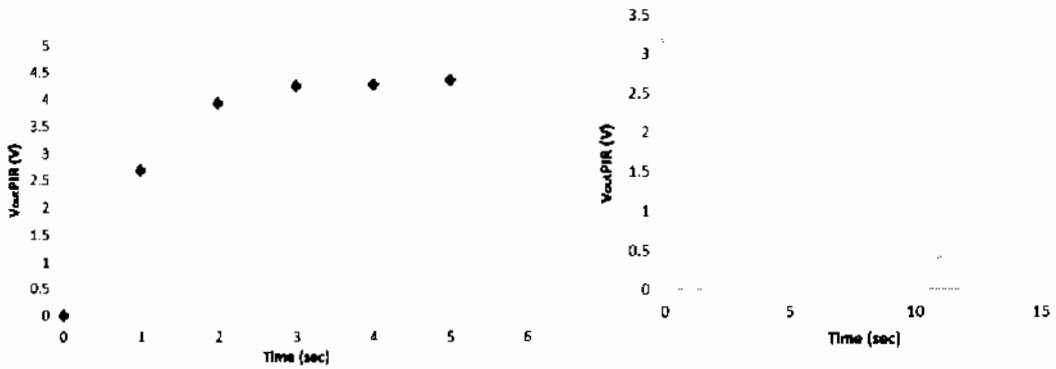
4.2 ผลการทดสอบวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว



ภาพประกอบ 4.3 วงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

Mahasarakham University

จากภาพประกอบ 4.3 ผู้วิจัยได้ทำการจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่จุด A B และ C ซึ่งจุด A คือ จุดที่เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาเมื่อมีการเคลื่อนไหว โดยจะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาขนาด 5 V โดยมีคาบเวลา 1-5 วินาที ขึ้นอยู่กับลักษณะของการเคลื่อนไหว ในขณะที่ไม่มีการเคลื่อนไหว วงจรจะส่งสัญญาณขนาด 0 V จุด B คือ จุดที่วัดสัญญาณออกจากวงจรหน่วงเวลา โดยในช่วงที่เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว แล้วส่งสัญญาณพัลส์ขนาด 5 V ออกมา ตัวเก็บประจุจะอัดประจุ และหน่วงเวลาให้ช่วงสัญญาณกว้างขึ้น และเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวส่งสัญญาณขนาด 0 V ออกมา ตัวเก็บประจุจะทำการคายประจุ ดังภาพประกอบ 4.4 และจุด C คือ จุดเอาต์พุตของวงจร ซึ่งจะต่อกับวงจรกันชนเพื่อส่งสัญญาณไปประมวลผล โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F627A



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 4.4 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับเวลาขณะอัดประจุ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับเวลาขณะคายประจุ

จากภาพประกอบ 4.4 (ก) พบว่ากราฟมีลักษณะเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล เนื่องจากขณะอัดประจุ ประจุและแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลา ดังสมการ (4.1)

$$V = V_0(1-e^{\frac{-t}{\tau}}) \tag{4.1}$$

โดย V_0 คือ แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟตรง

τ คือ ค่าคงที่เวลาของวงจร ในกรณีของวงจรหน่วงเวลา ค่า τ ในช่วงการอัดประจุมีค่าเท่ากับ RC จะได้

$$V = V_0(1-e^{\frac{-t}{RC}}) \tag{4.2}$$

จากภาพประกอบ 4.4 (ข) พบว่ากราฟมีลักษณะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล เนื่องจากขณะคายประจุ ประจุและแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุจะมีค่าลดลงตามเวลา ดังสมการ (4.3)

$$V = V_0 e^{\frac{-t}{\tau}} \tag{4.3}$$

Mahasarakham University

โดย V_0 คือ ความต่างศักย์ของแหล่งจ่ายไฟตรง

τ คือ ค่าคงที่เวลาของวงจร ในกรณีของวงจรหน่วงเวลา ค่า τ ในช่วงการคายประจุมีค่าเท่ากับ RC จะได้

$$V = V_0 e^{\frac{-t}{RC}} \tag{4.4}$$

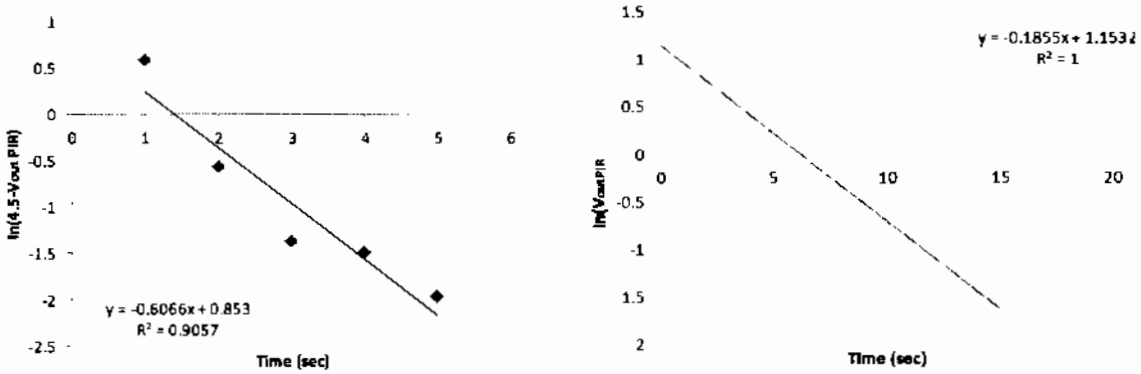
จัดสมการ (4.2) ให้อยู่ในรูปลอการิทึมจะได้ ดังสมการ (4.5)

$$\ln(V - V_0) = -\frac{t}{RC} + \ln V_0 \tag{4.5}$$

จัดสมการ (4.4) ให้อยู่ในรูปลอการิทึมจะได้ ดังสมการ (4.6)

$$\ln V = -\frac{t}{RC} + \ln V_0 \tag{4.6}$$

กราฟในภาพประกอบ 4.4 สามารถแปลงให้เป็นกราฟเส้นตรง ดังภาพประกอบ 4.5 ซึ่งอยู่ในรูปสมการ y = mx + c เมื่อทำการเทียบค่าคงที่ของเวลากับสมการที่ (4.5) และ (4.6) ซึ่งค่าความชัน (Slope) ของกราฟ มีค่าเท่ากับ $-\frac{1}{RC}$ ซึ่งค่าคงที่ทางเวลา τ จึงมีค่าเท่ากับ $RC = \frac{1}{slope}$



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 4.5 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(4.5\text{-}V_{outPIR})$ กับเวลาขณะอัดประจุ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(V_{outPIR})$ กับเวลาขณะคายประจุ

จากภาพประกอบ 4.5 (ก) จะได้สมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(4.5\text{-}V_{outPIR})$ กับเวลาขณะอัดประจุดังสมการ (4.7)

$$y = -0.6066x + 0.853 \tag{4.7}$$

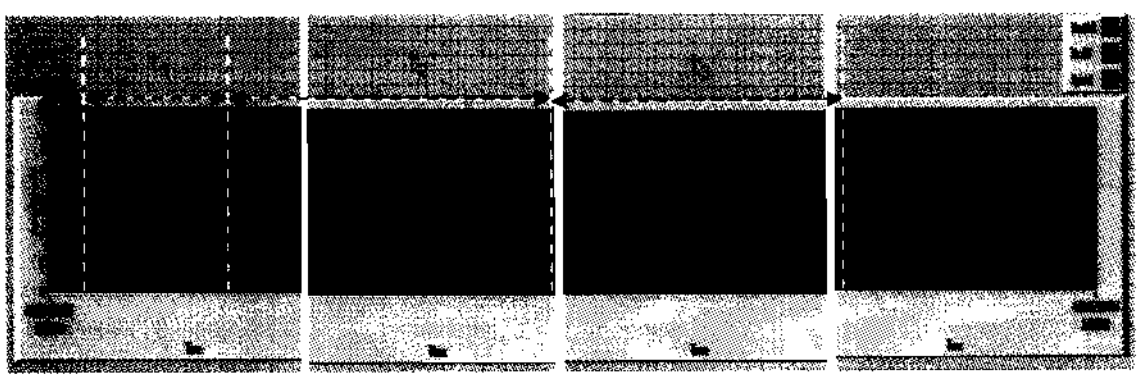
Mahasarakham University

จากภาพประกอบ 4.5 (ข) จะได้สมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(V_{outPIR})$ กับเวลาขณะคายประจุดังสมการ (4.8)

$$y = -0.1855x + 1.1532 \tag{4.8}$$

เมื่อนำความชันจากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาคำนวณหาค่า τ ปรากฏว่า ในช่วงเวลาอัดประจุ ค่าคงที่ของเวลามีค่าเท่ากับ 1.65 วินาที และในช่วงเวลาคายประจุ จะได้ค่าคงที่ของเวลาเท่ากับ 5.39 วินาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากทฤษฎี โดย τ = RC จะได้ค่าคงที่ของเวลาเท่ากับ 5.64 วินาที พบว่าเวลาในช่วงการอัดประจุ และคายประจุมีค่าคงที่ของเวลาไม่เท่ากัน ซึ่งค่าคงที่ของเวลาที่คลาดเคลื่อน คือ ค่าคงที่ของเวลาในช่วงของการอัดประจุ ทั้งนี้เนื่องจากในการอัดประจุจะต้องพิจารณาความต้านทานของเซ็นเซอร์ PIR และไดโอด D_1 ซึ่งในการออกแบบได้ละเลยการพิจารณาผลตัวต้านทานดังกล่าว ทำให้ผลการคำนวณในช่วงของการอัดประจุ คลาดเคลื่อนจากผลการทดลอง

จากภาพประกอบ 4.3 เมื่อทดสอบจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าในวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อดูลักษณะสัญญาณที่จุด A B และ C ซึ่งจุด A (เส้นกราฟสีเขียว) คือ การจับสัญญาณแรงดันเอาต์พุตของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว จุด B (เส้นกราฟสีน้ำเงิน) คือ การจับสัญญาณแรงดันหลังจากผ่านวงจรหน่วงเวลา จุด C (เส้นกราฟสีแดง) คือ การจับสัญญาณแรงดันเอาต์พุตก่อนส่งไปไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่าที่เส้นกราฟสีเขียวมีช่วงที่สัญญาณแรงดันลดลงเล็กน้อย เนื่องจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อสัญญาณผ่านไดโอด จึงทำให้มีระดับแรงดันต่ำกว่าที่ตำแหน่ง A แต่เมื่อจับสัญญาณออกของวงจรหน่วงเวลา จะได้สัญญาณมีลักษณะแสดงดังเส้นกราฟสีน้ำเงิน จากนั้นเมื่อจับสัญญาณแรงดันหลังวงจรกันชนที่ต่อเข้ามาเพื่อลดการเกิด Loading Effect ของวงจรกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และไดโอด D_2 จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ส่งออกมาลดน้อยลงจากแรงดัน ณ จุด B เนื่องจากมีแรงดันตกคร่อมไดโอด ลักษณะกราฟแสดงดังเส้นกราฟสีแดง โดยสัญญาณ ณ จุด C จะเป็นสัญญาณเอาต์พุตที่ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผล



(ก) (ข) (ค) (ง)

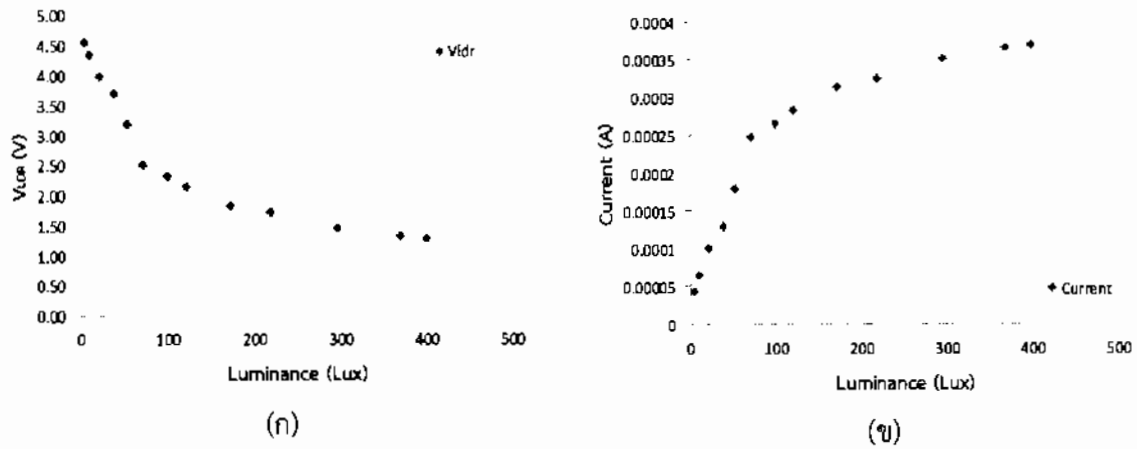
ภาพประกอบ 4.6 สัญญาณแรงดันของวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

Mahasarakham University

จากภาพประกอบ 4.6 พบว่าลักษณะสัญญาณมีแนวโน้มเป็นไปตามทฤษฎี คือ กราฟมีการเพิ่มขึ้น และลดลงในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล เนื่องมาจากการอัดประจุและคายประจุของวงจรหน่วงเวลา เมื่อทำการพิจารณาระดับสัญญาณแรงดันตามการเคลื่อนไหว ตั้งแต่เริ่มมีการเคลื่อนไหวจนไม่มีการเคลื่อนไหว พบว่าช่วงสัญญาณแรงดันเอาต์พุตที่เซ็นเซอร์เริ่มตรวจพบการเคลื่อนไหว คือ ช่วงเวลา t_0 แต่ระดับสัญญาณที่ตรวจพบยังคงมีค่าต่ำกว่า 1 V ต้องใช้เวลาประมาณ 15 วินาที สัญญาณจึงจะสูงพอที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลความหมายเป็นลอจิก 1 ดังภาพประกอบ 4.6 (ก) จากนั้นในช่วงเวลา t_1 สัญญาณจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในลักษณะเอกซ์โพแนนเชียล และเริ่มเข้าสู่สภาวะเสถียรในช่วงเวลา t_2 ดังภาพประกอบ (ข) และ (ค) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลความหมายค่าแรงดันเป็นลอจิก 1 ไปจนถึงช่วงที่ระดับการเคลื่อนไหวน้อยลง เมื่อระดับสัญญาณลดลงจนไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจพบว่ามีระดับสัญญาณแรงดันน้อยกว่า 1 V ดังภาพประกอบ 4.6 (ง) ซึ่งเป็นช่วงเวลา t_3 ไมโครคอนโทรลเลอร์แปลความหมายค่าแรงดันเป็นลอจิก 0 แม้ว่าการตอบสนองของวงจรจะช้า แต่พบว่ามีความไวมากพอ ที่จะตรวจจับการเคลื่อนไหวของกิจกรรมปกติในชีวิตประจำวันได้

4.3 ผลการทดสอบวงจรเซ็นเซอร์แสง

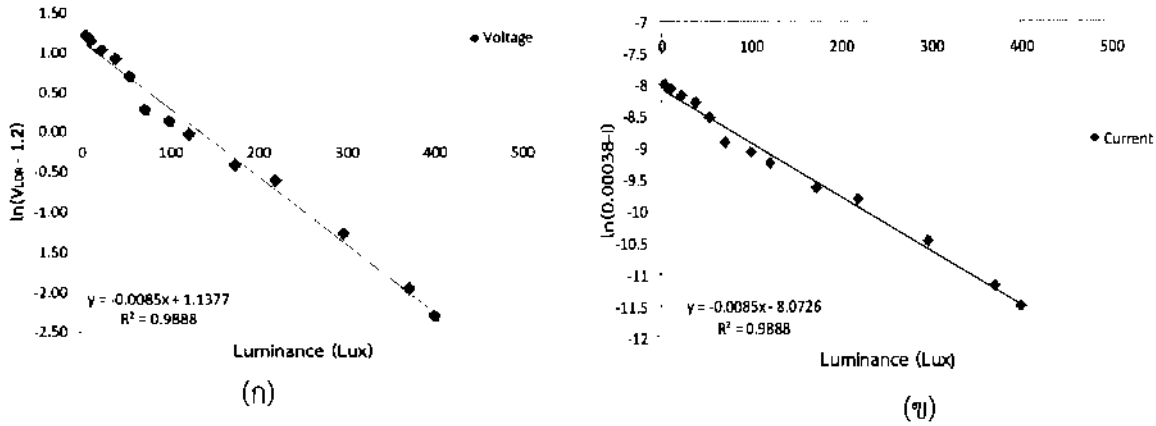
จากการที่ผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรเซ็นเซอร์แสง เพื่อวัดค่าความเข้มแสงเทียบกับเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงแบบมาตรฐาน (Digital Lux Meter) ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จะอยู่ในหน่วย lux โดยใช้ค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรที่เปลี่ยนไปตามแสง เป็นข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลสัญญาณเพื่อควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟ เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ตกคร่อม LDR (V_{LDR}) กับความเข้มแสง และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเข้มแสง จะได้กราฟความสัมพันธ์ดังภาพประกอบ 4.7



ภาพประกอบ 4.7 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{LDR} กับความเข้มแสง (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเข้มแสง

Mahasarakham University

จากภาพประกอบ 4.7 (ก) พบว่าเมื่อค่าความเข้มแสงมีค่าเพิ่มมากขึ้น แรงดันที่ตกคร่อมเซ็นเซอร์แสงจะมีค่าลดลงในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล และจากภาพประกอบ 4.7 (ข) พบว่าเมื่อค่าความเข้มแสงเพิ่มขึ้น กระแสจะมีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล ดังนั้น เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง V_{LDR} กับความเข้มแสง และกระแสกับความเข้มแสง จึงได้จัดการข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่เป็นเชิงเส้น ดังภาพประกอบ 4.8



ภาพประกอบ 4.8 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง ln(V_{LDR} - 1.2) กับความเข้มแสง (ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง ln(0.00038-i) กับความเข้มแสง

จากภาพประกอบ 4.8 (ก) เมื่อนำสมการเส้นตรงจากกราฟ มาหาความสัมพันธ์ระหว่าง ln(V_{LDR} - 1.2) และค่าความเข้มแสง จะได้สมการดังนี้

$$V_{LDR} = 3.12(e^{-0.0085Z}) + 1.2 \qquad (4.9)$$

โดย Z คือ ค่าความเข้มแสง

จากภาพประกอบ 4.8 (ข) เมื่อนำสมการเส้นตรงจากกราฟ มาหาความสัมพันธ์ระหว่าง ln(0.00038-i) และค่าความเข้มแสง จะได้ดังสมการดังนี้

$$I = 0.00038 - 0.00031(e^{-0.0085Z}) \qquad (4.10)$$

โดย Z คือ ค่าความเข้มแสง

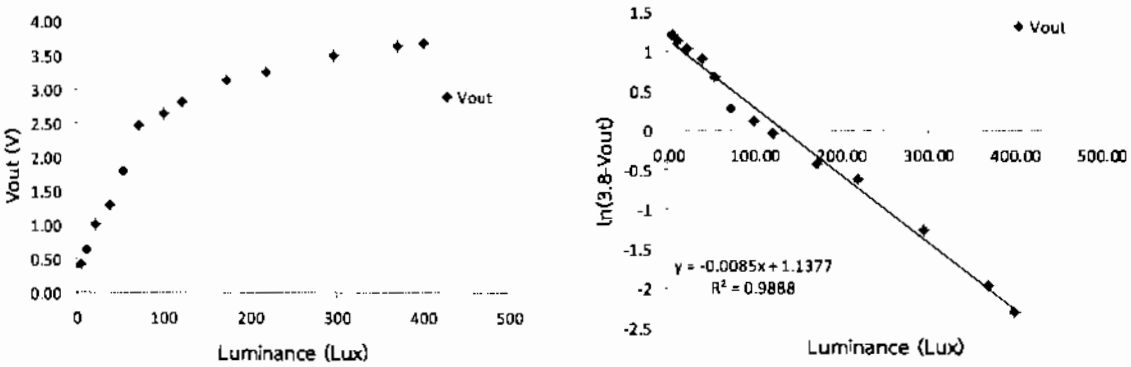
I คือ กระแสที่ไหลในวงจร

จากสมการที่ (4.9) และ (4.10) นำมาใช้ในการหาค่าความต้านทานภายในเซ็นเซอร์แสง (R_{LDR}) โดยสมการที่ได้ คือ $R_{LDR}=V_{LDR}/I$ ซึ่งค่า V_{out} และ R_{LDR} จะแปรผกผันกันดังสมการ (4.11) ซึ่งเป็นสมการการหาแรงดันเอาต์พุตจากวงจรที่ออกแบบ

Mahasarakham University

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_{LDR} + R_1} \cdot V_{in} \tag{4.11}$$

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out} กับค่าความเข้มแสงที่ได้จากการทดสอบ จะได้กราฟดังภาพประกอบ 4.9 (ก) พบว่าเมื่อค่าความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้น แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล ดังนั้นเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out} กับค่าความเข้มแสง จึงจัดข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่เป็นเชิงเส้น ดังภาพประกอบ 4.9 (ข)



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 4.9 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out} กับความเข้มแสง (ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง ln(3.8 - V_{out}) กับความเข้มแสง

จากภาพประกอบ 4.9 (ข) นำสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาหาความสัมพันธ์ระหว่าง ln(3.8-V_{out}) กับค่าความเข้มแสง จะได้สมการดังนี้

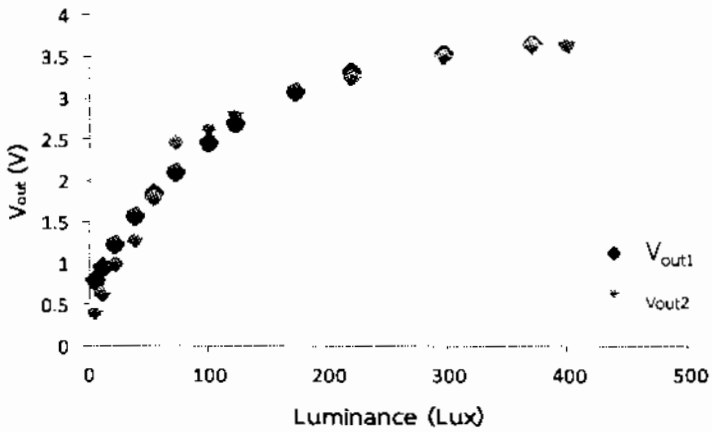
$$V_{out} = 3.8 - 3.11(e^{-0.0085Z}) \tag{4.12}$$

โดย Z คือ ค่าความเข้มแสง

จากนั้นทำการแทนค่า Z ลงในสมการ (4.12) นำกราฟแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการทดสอบและสมการเส้นตรงมาเปรียบเทียบกัน จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out1} (แรงดันเอาต์พุตจากผลการทดสอบ) กับค่าความเข้มแสง และกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out2} (แรงดันเอาต์พุตจากสมการ) กับค่าความเข้มแสง ดังภาพประกอบ 4.10 พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของแรงดันเอาต์พุต ที่ได้จากสมการเท่ากับ 89.98 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มแสง 4.42 lux ซึ่งจะมีค่าความแม่นยำมากขึ้น เมื่อมีค่าความเข้มแสงมาก ความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเท่ากับ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ที่ค่าความเข้มแสง 400 lux จะเห็นได้ว่าในช่วงที่ค่าความเข้มแสงต่ำ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าในช่วงที่ค่าความเข้มแสงมาก ซึ่งเป็น

Mahasarakham University

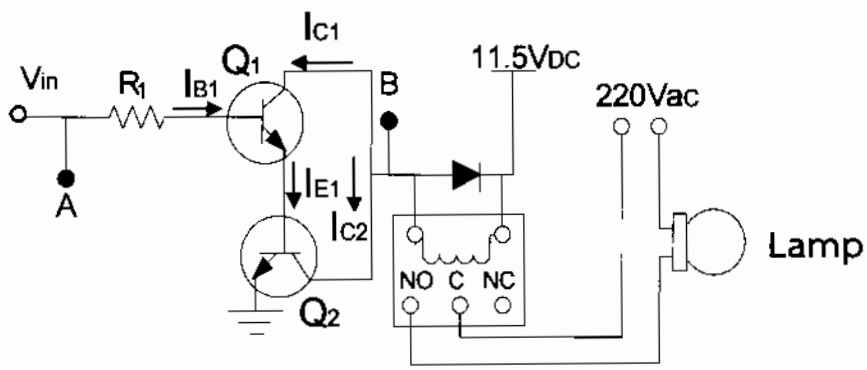
ลักษณะสมบัติของปริมาณที่มีความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียล และในช่วงที่ความเข้มแสงต่ำ LDR จะมีความไวต่อแสงมาก ทำให้ความเข้มแสงเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ในขณะที่ช่วงที่ความเข้มแสงมาก ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงจะต่ำ จึงทำให้การอ่านค่าแรงดันเอาต์พุตมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ ทั้งนี้สามารถประมาณค่าแรงดันเอาต์พุตที่ความเข้มแสงมากกว่า 400 lux ได้จากสมการ (4.12)



ภาพประกอบ 4.10 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out1} จากผลการทดสอบกับความเข้มแสง และความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out2} จากสมการกับความเข้มแสง

จากความสัมพันธ์ของกราฟข้างต้นพบว่าเมื่อความเข้มแสงน้อยค่าความต้านทานภายในเซ็นเซอร์แสงจะมีค่ามาก ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าน้อย และเมื่อความเข้มแสงมากค่าความต้านทานภายในเซ็นเซอร์แสงจะมีค่าน้อย ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่ามาก

4.4 ผลการทดสอบวงจรขับรีเลย์

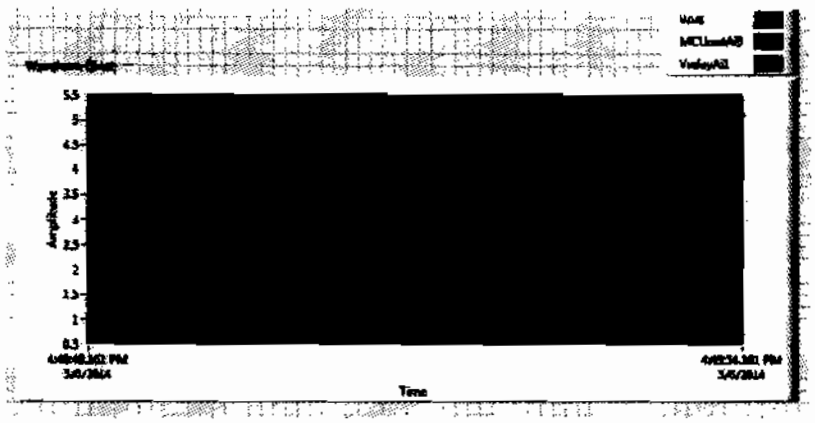


ภาพประกอบ 4.11 ตำแหน่งจับสัญญาณแรงดันของวงจรขับรีเลย์

จากภาพประกอบ 4.11 ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบจับสัญญาณแรงดันที่จุด A และ B เมื่อไมโคร - คอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณจากวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว และวงจรเซ็นเซอร์แสง ในกรณี

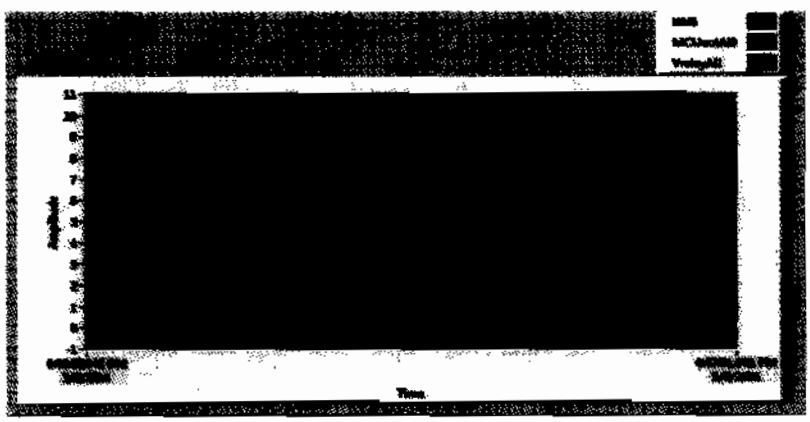
Mahasarakham University

ที่ตรวจพบการเคลื่อนไหวในสภาวะที่ความเข้มแสงมีค่าต่ำกว่า 25 lux ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญ - ญาณเอาต์พุตออกมาเป็นลอจิก 1 ส่งผลให้สัญญาณแรงดันที่วัดได้ ณ จุด A มีค่าประมาณ 5 V (เส้นกราฟสีแดง) ซึ่งเป็นแรงดันอินพุตให้กับวงจรขับรีเลย์ ทำให้วงจรดาร์ลิงตันนำกระแสได้ และเมื่อวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ณ จุด B พบว่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าประมาณ 0.7 V ดังภาพประกอบ 4.12 เกิดความต่างศักย์ขึ้นที่ขดลวดของรีเลย์ เกิดสนามแม่เหล็กดึงหน้าสัมผัสรีเลย์มาติดกับหน้าสัมผัส NO ในสภาวะนี้จะทำให้รีเลย์สวิตช์ให้หลอดไฟเปิด



ภาพประกอบ 4.12 สัญญาณแรงดันขณะมีการเคลื่อนไหว

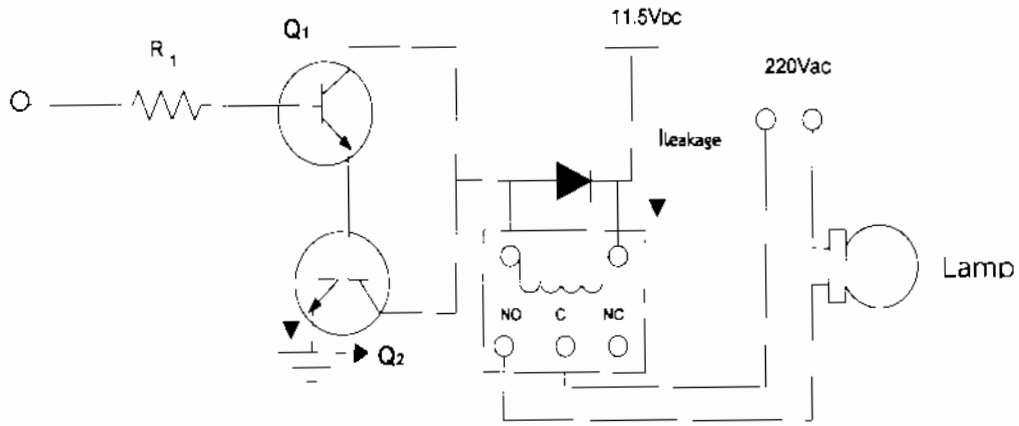
ในกรณีที่เซ็นเซอร์ตรวจไม่พบการเคลื่อนไหว หรือตรวจพบว่าความเข้มแสงมีค่ามากกว่า 25 lux ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นลอจิก 0 ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมรีเลย์จะมีค่าประมาณ 0.7 V ซึ่งไม่เพียงพอที่จะสวิตช์หน้าสัมผัสไปยังหน้าสัมผัส NO ดังภาพประกอบ 4.13 ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้า ณ จุด A ที่วัดได้มีค่าประมาณ 0.2 V ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ภายในวงจรดาร์ลิงตันไม่นำกระแส เมื่อทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ณ จุด B พบว่าแรงดันมีค่าเป็น 10.8 V ซึ่งในสภาวะนี้รีเลย์จะไม่สวิตช์ให้ไฟเปิด



ภาพประกอบ 4.13 สัญญาณแรงดันขณะไม่มีการเคลื่อนไหว

Mahasarakham University

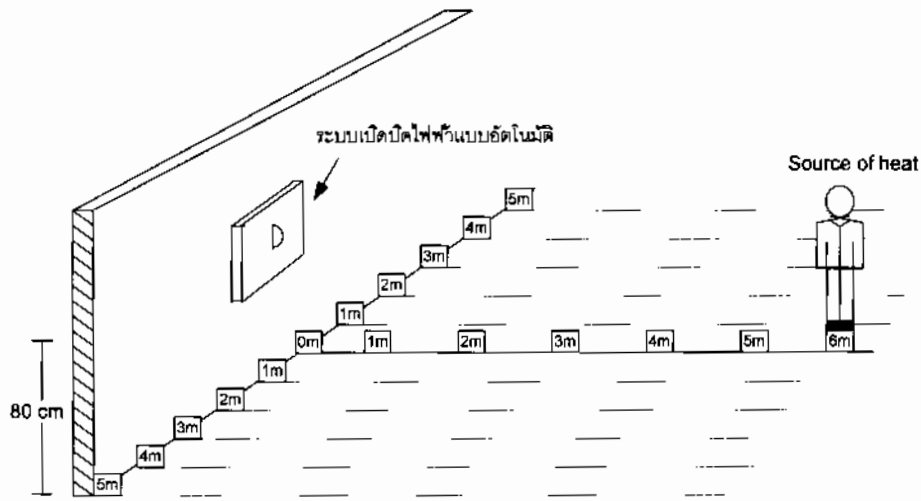
ผลจากการทดสอบ พบว่า แรงดันที่จุด B มีระดับแรงดันที่ต่ำกว่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะลอจิก 0 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสร้างแรงดันที่อยู่ในช่วง 0 - 0.8 V (มาตรฐาน TTL) จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 เกิดกระแสรั่วขึ้น โดยมีทิศทางการไหลของกระแสดังภาพประกอบ 4.14 ซึ่งผลจากกระแสดังกล่าว ส่งผลให้มีแรงดันไฟฟ้าบางส่วนตกคร่อมอยู่ที่ขดลวดของรีเลย์ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้แรงดัน ณ จุด B มีระดับแรงดันไม่เท่ากับแรงดันไฟเลี้ยงที่จ่ายให้วงจร



ภาพประกอบ 4.14 ทิศทางการไหลของกระแสรั่วไหลในวงจรขับรีเลย์

4.5 ผลการทดสอบระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

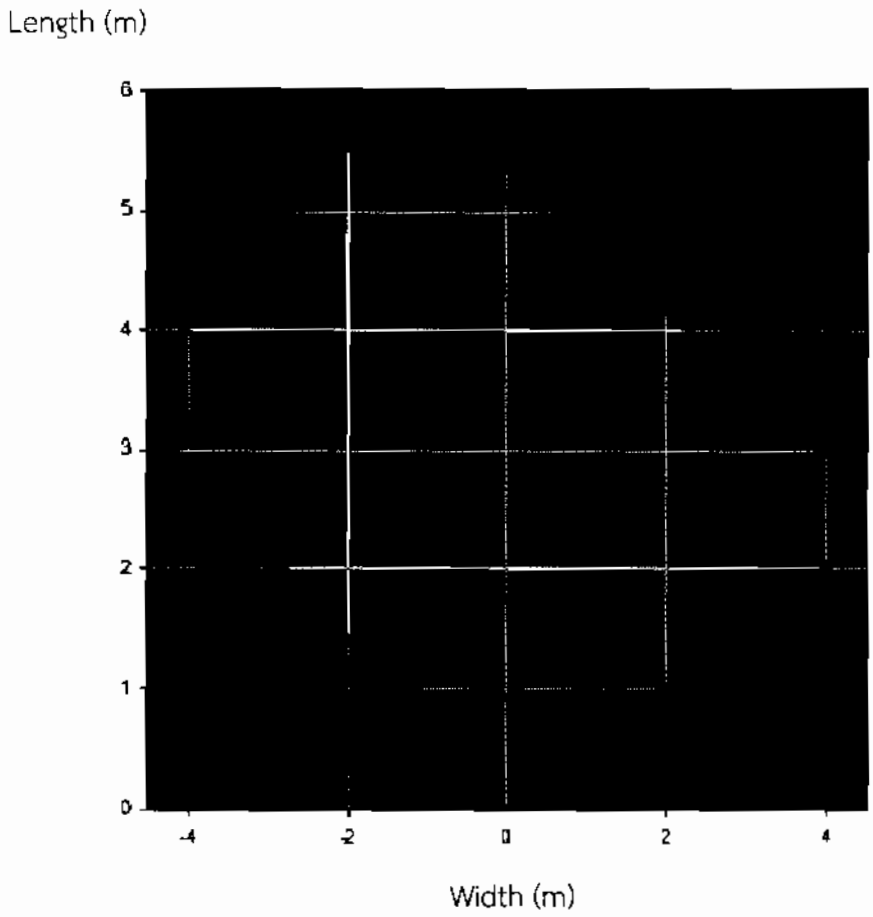
4.5.1 ผลการทดสอบระยะการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ



ภาพประกอบ 4.15 ลักษณะการทดสอบระยะการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้า

จากภาพประกอบ 4.15 เป็นวิธีทำการทดสอบระยะของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังภาพประกอบ 4.16

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 4.16 ระยะการตอบสนองของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

เมื่อระบบทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวจากรังสีอินฟาเรดที่แผ่ออกมา จะมีการตอบสนองของระบบแสดงดังภาพประกอบ 4.16 โดยพื้นที่สีแดง คือ ระยะที่ระบบตอบสนองได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไข พบว่าระบบสามารถปฏิบัติการครอบคลุมพื้นที่ได้ดีตามทิศทางการรับสัญญาณของเซ็นเซอร์ ประมาณ 15 ตารางเมตร จากกราฟตำแหน่งที่ติดตั้งระบบวัดจะอยู่ที่ตำแหน่ง 0 ในแนวแกน X ซึ่งระบบสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ในช่วงมุมกวาดประมาณ 43 ถึง 128 องศา จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าด้านซ้ายระบบจะตอบสนองได้ครอบคลุมมากกว่าด้านขวา เมื่อพิจารณาจากระยะที่ระบบตอบสนอง คือ ตอบสนองได้ระยะไกลสุดที่ 6 เมตร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเซ็นเซอร์ที่ใช้มีลักษณะสมบัติที่เกิดจากการผลิตที่ยังไม่สามารถตอบสนองได้อย่างสม่ำเสมอ และสมมาตร จึงทำให้การตอบสนองทางด้านซ้าย และขวาไม่สมมาตรกัน

4.5.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ มีเงื่อนไขในการทดสอบระบบ 2 เงื่อนไข คือ เงื่อนไขที่ 1 กำหนดให้มีการเคลื่อนไหว และมีแสงสว่างเพียงพอต่อความต้องการ คือ มากกว่า 25 lux ซึ่งในการทดสอบความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 100 lux และเงื่อนไขที่ 2

Mahasarakham University

กำหนดให้มีการเคลื่อนไหว และมีแสงสว่างไม่เพียงพอต่อความต้องการ คือ มีค่าน้อยกว่า 25 lux ซึ่งในการทดสอบความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 10 lux เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพในการทำงานของระบบว่าสามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไข โดยจะทำการทดสอบซ้ำจากจุดที่ระบบมีการตอบสนองได้ดีที่สุด ผลการสอบแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

1. เงื่อนไขที่ 1 มีการเคลื่อนไหว และมีความเข้มแสงเพียงพอต่อความต้องการ (100 lux)

ตาราง 4.1 ทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเมื่อมีแสงสว่างเพียงพอ

จำนวนทดสอบ (ครั้ง)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
หลอดไฟ (✓) / หลอดไฟ (✗)	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

2. เงื่อนไขที่ 2 มีการเคลื่อนไหว และมีความเข้มแสงไม่เพียงพอต่อความต้องการ (10 lux)

ตาราง 4.2 ทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเมื่อมีแสงสว่างไม่เพียงพอ

จำนวนทดสอบ (ครั้ง)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
หลอดไฟ (✓) / หลอดไฟ (✗)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : เครื่องหมาย ✓ คือ หลอดไฟถูกเปิด

เครื่องหมาย ✗ คือ หลอดไฟไม่ถูกเปิด

จากข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ดังตาราง 4.2 และ 4.3 โดยทำการทดสอบระบบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าผลการตอบสนองของระบบตามเงื่อนไขที่ 1 และเงื่อนไขที่ 2 ทั้ง 10 ครั้ง ระบบเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกครั้ง แต่ในการทดสอบพบว่าช่วงที่ความเข้มแสงปานกลาง คือ ช่วงความเข้มแสงประมาณ 23 ถึง 27 lux ระบบมีความคลาดเคลื่อนในการวัด จึงส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผล เนื่องจากค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเซ็นเซอร์แสงที่ส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีระดับแรงดันไม่คงที่ ส่งผลให้ไมโคร - คอนโทรลเลอร์สร้างสัญญาณการเปิดปิดหลอดไฟไปตามความแปรปรวนที่เกิดขึ้น หลอดไฟจึงเกิดการกระพริบ ซึ่งเป็นผลจากการเปิดปิดรีเลย์จากความแปรปรวนของความเข้มแสง จากการกำหนดค่าความเข้มแสงขีดเริ่ม ซึ่งถือเป็นจุดด้อยในการทำงานของระบบ แต่อย่างไรก็ตามระบบยังคงสามารถทำงานได้ ทั้งนี้ในการทดสอบประสิทธิภาพการตอบสนองของระบบ สรุปได้ว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถนำระบบที่ทำการพัฒนาไปประยุกต์ใช้ได้ เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น และช่วยลดการใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ลืมปิดไฟได้

Mahasarakham University

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในโครงงานนี้ได้ศึกษาการพัฒนาระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ โดยเริ่มจากการออกแบบวงจรภายในระบบที่ประกอบไปด้วย วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง วงจรตรวจจับการเคลื่อนไหว วงจรเซ็นเซอร์แสง วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรขับรีเลย์

วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง มีองค์ประกอบของวงจร คือ หม้อแปลงไฟฟ้า วงจรเรียงกระแสด้วยบริดจ์ไดโอด BR31 วงจรกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ และวงจรคงค่าแรงดันด้วยไอซีคงค่าแรงดัน โดยใช้ไอซีเบอร์ 7805, 7812, 7815 และ 7915 เพื่อให้ได้ไฟฟ้ากระแสตรงที่คงที่ขนาด 5, 12 และ ±15 V_{DC} ผลการทดสอบพบว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้มีขนาด 5.00, 11.50, 14.50 และ -14.70 V_{DC} ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรในระบบได้

การออกแบบวงจรและผลการทดสอบวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ PIR เซ็นเซอร์ พบว่าเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่เลือกใช้ มีลักษณะเอาต์พุตเป็นสัญญาณพัลส์ไม่คงที่ จึงต่อวงจรหน่วงเวลา เพื่อให้ช่วงสัญญาณเมื่อตรวจพบการเคลื่อนไหวกว้างขึ้น และเพื่อให้การเปลี่ยนสภาวะเป็นช่วงที่ไม่มีการเคลื่อนไหว ตัวเก็บประจุสามารถจ่ายแรงดันให้กับวงจรได้ในช่วงเวลาหนึ่ง ทำให้วงจรควบคุมรีเลย์ไม่สวิตช์เปิดปิดหลอดไฟเร็วเกินไป ทั้งนี้เมื่อมีแรงดันเอาต์พุตของวงจรมากกว่า 1 V ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าได้เป็นลอจิก 1 ในสภาวะนี้ คือ มีการเคลื่อนไหว และเมื่อมีแรงดันเอาต์พุตต่ำกว่า 0 V ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าได้เป็นลอจิก 0 ในสภาวะนี้ คือ ไม่มีการเคลื่อนไหว

การออกแบบวงจรและผลการทดสอบคุณสมบัติของวงจรเซ็นเซอร์แสง โดยทำการต่อวงจรแบบแบ่งแรงดันให้เซ็นเซอร์แสงทำงานคล้ายวงจรเปิดปิดสวิตช์ ซึ่งจากผลการทดสอบคุณสมบัติของเซ็นเซอร์ ผู้วิจัยได้กำหนดค่าความเข้มแสงขีดเริ่มในการตรวจสอบความเข้มแสง ที่ความเข้มแสง 25 lux ซึ่งที่ความเข้มแสงนี้ จะมีแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 1 V โดยเมื่อมีความเข้มแสงต่ำกว่า 25 lux แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าต่ำกว่า 1 V ไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลความหมายเป็นลอจิก 0 และเมื่อมีความเข้มแสงมากกว่า 25 lux แรงดันเอาต์พุตจะมีค่ามากกว่า 1 V ไมโครคอนโทรลเลอร์จะแปลความหมายเป็นลอจิก 1

สำหรับวงจรประกอบเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน และการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ในโครงงานนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F627A ที่ใช้ต้องการแรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 3 ถึง 5.5 V จึงออกแบบวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 V จากวงจรเรียงกระแส ทั้งนี้ในการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณอินพุตจากวงจรเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว และวงจรเซ็นเซอร์แสง แล้วประมวลผลตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมวงจรขับรีเลย์

Mahasarakham University

การออกแบบวงจรและผลการทดสอบวงจรขับรีเลย์ในการสวิตช์เปิดปิดไฟฟ้า เนื่องจากรีเลย์ไม่สามารถนำเอาต์พุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ได้โดยตรง จึงต่อวงจรดาร์ลิงตันมาประยุกต์ใช้เพื่อการขยายกระแสให้กับวงจรขับรีเลย์ในการสวิตช์เปิดปิดหลอดไฟ

ผลการทดสอบระบบเปิดปิดไฟฟ้าที่ถูกพัฒนาในโครงงานนี้ โดยการทดสอบจะติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ที่ผนังห้องสูงจากพื้น 80 เซนติเมตร พบว่าระบบสามารถปฏิบัติการครอบคลุมพื้นที่ได้ดีตามทิศทางการรับสัญญาณของเซ็นเซอร์ มีระยะการตอบสนองประมาณ 15 ตารางเมตร สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ในช่วงมุมกวาด 43 ถึง 128 องศา และมีความแม่นยำในการทดสอบสอบประสิทธิภาพการทำงาน ได้ตรงตามเงื่อนไขในการทำงานที่กำหนด โดยมีความแม่นยำในการควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟ 100 เปอร์เซ็นต์

ระบบดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าได้จริงทั้งภายใน และภายนอกอาคาร ตลอดจนสามารถพัฒนาต่อยอดระบบเพื่อใช้ในการจัดการปัญหาทางด้านพลังงานได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

เซ็นเซอร์ที่เลือกใช้มีการตอบสนองที่ไม่สม่ำเสมอ และสมมาตร จึงทำให้พื้นที่ในการตอบสนองฝั่งซ้าย และขวาไม่สมดุลกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

- ศึกษาและเลือกใช้เซ็นเซอร์ที่มีคุณภาพสามารถตอบสนองได้แม่นยำ
- ระบบที่ทำการพัฒนายังมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก ควรมีการออกแบบระบบและวงจรภายในให้มีน้ำหนักเบา และขนาดกะทัดรัด
- ระบบที่ทำการพัฒนายังมีการใช้ไฟอยู่ตลอดเวลาเพื่อจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงควรมีโหมดของการประหยัดพลังงานในช่วงของการเตรียมพร้อมการทำงาน

Mahasarakham University

เอกสารอ้างอิง

Mahasarakham University

เอกสารอ้างอิง

[1] สมคิด วิริยประสิทธ์ชัย, สมบรูณ์ มาลานนท์. "ทฤษฎีและการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบเชิงเส้น". พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์; 2545. หน้า 23-39.

[2] "การฟิลเตอร์ในวงจรเรียงกระแส". [สืบค้นเมื่อ 9 ก.ค. 2556]; ได้จาก: http://eng.vu.ac.th/ - mn/2009/arnon/theching/elec_mn_lab/lab_sheet/Lab3.pdf.

[3] ทีมงานสาร์ทเลิร์นนิ่ง. "รวมวงจรน่าสร้างน่าลอง". พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาร์ทเลิร์นนิ่ง; 2553. หน้า 12-13.

[4] ปกรณ์ ลิ้มพรจิตรวิไล. "PIR โมดูลตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟาเรด". The Prototype Electronics Magazine. 19 ตุลาคม 2009; [ฉบับที่ 4]: [สืบค้นเมื่อ 15 ก.ค. 2556]; ได้จาก: http://issuu.com/innovativeexperiment/docs/tpe_pir/3e0.

[5] พรจิต ประทุมสุวรรณ. เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม เซ็นเซอร์ และทรานดิวเซอร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์; 2541. หน้า 169-182.

[6] ณัฐพล ทุบประดิษฐ์. "อุปกรณ์โฟโตแบบต่างๆ". [สืบค้นเมื่อเมื่อ 15 ก.ค. 2556]; ได้จาก: https://wiki.stjohn.ac.th/groups/polyelectronics/wiki/b86ff/index.html.

[7] ชิตชัย โพธิประภา. "วัสดุอิเล็กทรอนิกส์ และการใช้งานทางวิทยาศาสตร์". [สืบค้นเมื่อ 15 ก.ค.]; ได้จาก: http://phchi.wbvschool.net/th/หอจดหมายเหตุ/1123.

[8] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. "คัมภีร์ออกแบบวงจรไอซี". พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง; 2553. หน้า 1-25

[10] จีรดา โกชียาภรณ์. "วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์". พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีเจ.พริ้นติ้ง; 2551. หน้า 3-5.

[11] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. "อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เริ่มต้น". พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สมาร์ท - เลิร์นนิ่ง; 2553. หน้า 99-100.

[12] สันทนา สงครินทร์. "เอกสารประกอบการสอน วิชาช่างไมโครคอนโทรลเลอร์". [สืบค้นเมื่อ 27 ก.ค. 2556]; ได้จาก: http://www.sunthana.com/microcontroller.pdf.

[13] กิตยกาญ อุ่นเสียม, ชุติพร ซูกลิ่น. "โครงงานนับจำนวนคน และเปิด-ปิดไฟฟ้าอัตโนมัติ". [สืบค้นเมื่อ 9 ก.ย. 2556]; ได้จาก http://kittayakan.blogspot.com/2012/08/blogpost.html.

[14] ธัญนันท์ ปลายเนตร, เศรษฐสรร ชนะศรีโยธิน. "ระบบควบคุมการเปิดปิดด้วยสวิตช์ แสงแดด". [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร]. กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2555.

[15] พงศ์พิชญ์ วิภาสุรมลฑล, ประสิทธิ์ จำปา, โกวิท โชวสุวรรณ. "ออกแบบสวิตช์แสงแดด (Photo - Cell Switch)". [สืบค้นเมื่อ9 ก.ย. 2556]; ได้จาก: http://nectec.or.th.

Mahasarakham University

[16] ยุพราช ประไมล์, อภิชาติ อุ้มรัมย์. "โคมไฟอัตโนมัติหลอด LED". [สืบค้นเมื่อ 9 ก.ย. 2556]; ได้จาก: http://mis.en.kku.ac.t/administrator/doc_upload/20120306133332.pdf.

[17] Ying-Wen Bai and Yi-Te Ku. "Automatic Room Light Intensity Detection And Control Using A Microprocessor And Light Sensors". IEEE Transactions On Consumer Electrnics. 2008; Vol.54.

[18] Cheng-Hung Tsai, Ying-Wen Bai, Chun-An Chu, Chih-Yu Chung and Ming-Bo Lin. "PIR-Sensor-Based Lighting Device With Ultra-Low Standby Power Consumption". IEEE Transactions On Consumer Electronics. 2011; Vol.57.

[19] S. S. S. Ranjit, A. F. Tuani Ibrahim, S. I MD Salim, and Y. C. Wong. "Door Sensors For Automatic Light Switching System". Third Uksim European Symposium On Computer Modeling And Simulation. 2009.

Mahasarakham University

ภาคผนวก

Mahasarakham University

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

Mahasarakham University

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของ LDR เซ็นเซอร์

แรงดันไฟฟ้า (V)	ค่าความต้านท้าน (Ω)	ความเข้มแสง (lux)	VLDR (V)	Vout (V)	I (LDR) (A)	R (LDR) (Ω)
5	10000	4.42	4.57	0.43	0.000029	162413.8
5	10000	10.13	4.36	0.64	0.000049	92040.82
5	10000	21.85	4.00	1.00	0.000089	46179.78
5	10000	38.46	3.71	1.29	0.000114	33859.65
5	10000	53.70	3.20	2.04	0.000148	23783.78
5	10000	71.50	2.52	2.32	0.000193	15906.74
5	10000	99.50	2.34	2.66	0.000228	11929.82
5	10000	121.70	2.17	2.73	0.000259	9305.019
5	10000	172.60	1.85	3.15	0.000289	7301.038
5	10000	219.00	1.74	3.46	0.000304	6447.368
5	10000	296.30	1.48	3.52	0.000332	5060.241
5	10000	370.00	1.34	3.66	0.000349	4326.648
5	10000	400.00	1.30	3.70	0.000354	4124.294

ตาราง ก.2 ผลการทดสอบวัดระยะตอบสนองของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

ระยะแนวแกน X	ระยะแนวแกน Y	ผลการทดสอบระบบ (0=ไม่ติด, 1=ติด)
-4.5	0	0
-4.5	1	0
-4.5	2	0
-4.5	3	0
-4.5	4	0
-4.5	5	0
-4.5	6	0
-4.0	0	0
-4.0	1	0
-4.0	2	0
-4.0	3	1
-4.0	4	0
-4.0	5	0
-4.0	6	0

Mahasarakham University

ตาราง ก.2 ผลการทดสอบวัดระยะตอบสนองของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

ระยะแนวแกน X	ระยะแนวแกน Y	ผลการทดสอบระบบ (0=ไม่ติด, 1=ติด)
-3.0	0	0
-3.0	1	0
-3.0	2	1
-3.0	3	1
-3.0	4	1
-3.0	5	0
-3.0	6	0
-2.0	0	0
-2.0	1	1
-2.0	2	1
-2.0	3	1
-2.0	4	1
-2.0	5	1
-2.0	6	0
-1.0	0	0
-1.0	1	1
-1.0	2	1
-1.0	3	1
-1.0	4	1
-1.0	5	1
-1.0	6	0
0	0	0
0	1	1
0	2	1
0	3	1
0	4	1
0	5	1
0	6	0
1.0	0	0
1.0	1	1
1.0	2	1
1.0	3	1

Mahasarakham University

ตาราง ก.2 ผลการทดสอบวัดระยะตอบสนองของระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

ระยะแนวแกน X	ระยะแนวแกน Y	ผลการทดสอบระบบ (0=ไม่ติด, 1=ติด)
1.0	4	1
1.0	5	0
1.0	6	0
2.0	0	0
2.0	1	0
2.0	2	1
2.0	4	1
2.0	5	0
2.0	6	0
3.0	0	0
3.0	1	0
3.0	2	1
3.0	3	1
3.0	4	0
3.0	5	0
3.0	6	0
4.0	0	0
4.0	1	0
4.0	2	1
4.0	3	1
4.0	4	0
4.0	5	0
4.0	6	0
4.5	0	0
4.5	1	0
4.5	2	0
4.5	3	0
4.5	4	0
4.5	5	0
4.5	6	0

Mahasarakham University

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบการทดลอง

Mahasarakham University

1. การทดสอบวงจรเซ็นเซอร์แสงด้วยการปรับเปลี่ยนความเข้มแสง

ภาพประกอบ ข.1 วิธีทดสอบคุณสมบัติของ LDR เซ็นเซอร์

2. การทดสอบระยะระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ โดยกำหนดเงื่อนไขให้มีการเคลื่อนไหว และไม่มีความเข้มแสง

ภาพประกอบ ข.2 การทดสอบระยะระบบเปิดปิดไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

Mahasarakham University

1.3 โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

```
•       Void main ()
•       {
•       TRISB = 0x06;
•       do
-       {
•       Delay_ms (100)
•       if
•       ((PORT.B1==)) && (PORT.B2==1))
•       {
10      PORT.BO=1;
•       }
•       Else
•       {
•       PORT.BO=0;
-       }
•       While (1) ;
17      }
•       }
•       Void main ()
•       {
```

การทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมนั้นจะอยู่ในขอบเขตการทำงานภายในวงเล็บของ main (), {} โดยโปรแกรมจะทำงานเรียงลำดับจากคำสั่งในบรรทัดด้านบนไปยังบรรทัดด้านล่างตามลำดับ

ในบรรทัดที่ 3 คำสั่ง TRISB=0x06 ซึ่งแปลงเป็นเลขฐาน 2 ได้เป็น 1111 1110

ในบรรทัดที่ 4 คำสั่ง do เป็นคำสั่งที่ทำให้เกิดการทำงานซ้ำของโปรแกรมภายในปีกกาเปิดและปีกกาปิดของ do {} โดยโปรแกรมจะทำงานเรียงลำดับจากบรรทัดบนลงล่าง ซึ่งเงื่อนไขการทำงานซ้ำจะกำหนดภายในวงเล็บเปิดปิดหลังคำสั่ง do

ในบรรทัดที่ 6 คำสั่ง Delay_me (100) เป็นคำสั่งในการหน่วงเวลาของโปรแกรม mikroC เมื่อโปรแกรมทำงานตามคำสั่ง จะทำให้เกิดการหน่วงเวลาโดยตัวเลขภายในวงเล็บ Delay_me (100) คือ 100 หมายถึงเวลาที่จะทำการหน่วงซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที

ในบรรทัดที่ 7 คำสั่ง if จะเป็นคำสั่งที่ใช้ตรวจสอบเงื่อนไขโดยจะทำการเช็คเงื่อนไขของ ((PORTB.B1==0)&&(PORTB.B2==1)) เป็นจริงหรือไม่ถ้าเงื่อนไขเป็นจริงให้โปรแกรมทางานในขอบเขตของเครื่องหมายปีกกาเปิด ({) และเครื่องหมายปีกกาปิด (}) ที่อยู่หลังคำสั่ง if

ในบรรทัดที่ 10 คำสั่ง PORTB.B0=1 เป็นคำสั่งในการให้สัญญาณที่ขา RB0 เป็นลอจิก “1”

Mahasarakham University

ในบรรทัดที่ 12 คำสั่ง else เป็นคำสั่งที่ใช้ร่วมกับคำสั่ง if ซึ่งจะทำให้เงื่อนไขการเลือกเป็น 2 เงื่อนไข อธิบายร่วมกับคำสั่ง if ในบรรทัดที่ 7 โดยคำสั่ง else จะเป็นการตรวจสอบเงื่อนไขที่ไม่เป็นจริง ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ PORTB.B0=0 โดยโปรแกรมจะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ภายในเครื่องหมายปีกกาเปิด ({) และเครื่องหมายปีกกาปิด (}) ที่อยู่หลังคำสั่ง elae

ในบรรทัดที่ 16 คำสั่ง while (1) เป็นคำสั่งที่ทำให้เกิดการทำงานซ้ำของโปรแกรม

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ นามสกุล	นายอิสระ แสนโคก
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2534
ที่อยู่ปัจจุบัน	7 หมู่ 8 บ้านผักหนาม ตำบลหนองกุงใหญ่
	อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น 40170
เบอร์โทรศัพท์	081-7691451
E-mail	Freedom11@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2546	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านผักหนาม
พ.ศ. 2552	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม
พ.ศ. 2556	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ ประยุกต์ (อิเล็กทรอนิกส์) คณะวิทยาศาสตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ นามสกุล	นางสาวฉวีวรรณ ดวงทาแสง
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2535
ที่อยู่ปัจจุบัน	93 หมู่ 6 บ้านหนองโก ตำบลหนองโก
	อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น 40170
เบอร์โทรศัพท์	086-9182539
E-mail	Chaweewan.dts@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2546	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านหนองโก
พ.ศ. 2552	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม
พ.ศ. 2556	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ ประยุกต์ (อิเล็กทรอนิกส์) คณะวิทยาศาสตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University