



รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง ระบบจ่ายไฟสำหรับปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้วงจร

คอนเวอร์เตอร์แบบสองภาค

Power Supplies system for Dimmer LED Lamp using Two-Stage
Converter

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ เพชรพันธุ์ศรี

นาย สายชล ชูเดื่อจีน

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2559

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัย ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่ส่งเสริม สนับสนุนการทำวิจัยจนเสร็จสิ้น และ
ขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่ช่วย
สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย ในการทำวิจัย และบุคลากรทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการทำงานวิจัย ทั้ง
ทางด้านเบิกจ่ายงบประมาณ และค้นคว้าหาข้อมูล สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา -มารดา ที่สนับสนุนใน
การศึกษาของผู้เขียน และให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา

ผู้ทำวิจัย



หัวข้องานวิจัย	ระบบจ่ายไฟสำหรับปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้วงจร คอนเวอร์เตอร์แบบสองภาค
ผู้เขียน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ เพชรพันธุ์ศรี นาย สายชล ชูคเจื้อจิ้น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2559

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรลโดยมีแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงโดยใช้วงจรเรียงกระแสก่อนถูกส่งไปยังชุดปรับความสว่างชุดปรับความสว่างสร้างสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM) เพื่อควบคุมการสวิตช์ของมอดูเลตด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการใช้โมดูลสร้างสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์เพื่อไปขับวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันกระแสตรง ให้ได้แรงดันเอาต์พุตกระแสตรงออกประมาณ 12 โวลต์ ไปขับหลอดไฟแอลอีดี T8 และใช้รีโมทคอนโทรลควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟแอลอีดี T8 ได้ 0-100 เปอร์เซนต์

คำสำคัญ: วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง แอลอีดี คำจำกัดความที่ การมอดูเลตความกว้างพัลส์

Title Power Supplies system for Dimmer LED Lamp using Two-Stage Converter

Author Assist. Prof. Wiroj Pechpunsri

 Mr. Saichol Chudjuarjeen

Department Electrical and Telecommunication Engineering

Faculty Engineering

B.E. 2559

Abstract

This paper presents the T8 lighting LED dimmer using remote control. The rectifier converts the alternating current to direct current before sending to LED dimmer. The T8 lighting LED dimmer generates a signal modulation pulse width (Pulse Width Modulation, PWM) to control the MOSFET switches for the DC output voltage at 12 volts to drive the T8 LED lamp. And remote control lighting of the lamp LED T8 can control around 0 - 100 percents

Keywords: AC to DC converter, LED, the duty cycle, pulse width modulation

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 ขอบเขต	5
1.4 วิธีการดำเนินวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การทบทวนวรรณกรรม	7
2.2 ทฤษฎีวงจรเอชทูดีซีคอนเวอร์เตอร์	8
2.3 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์	10
2.4 การออกแบบวงจรกำลังของบัคคอนเวอร์เตอร์	17
2.5 แอลซีดี (Liquid Crystal Display : LCD)	29
2.6 รีโมท (Remote)	32
2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC	33
2.8 ตัวส่งสัญญาณ	40
2.9 ตัวรับสัญญาณ	41
3. ผลการดำเนินงาน	
3.1 แผนการดำเนินงาน	42
3.2 การออกแบบ	42
3.3 ขั้นตอนการสร้างชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรล	48
3.4 วิธีการทดสอบ	49
4. ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	
4.1 ผลการดำเนินงาน	52

5. สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	69
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	71
ภาพผนวก ก.	
ภาพผนวก ข.	
ประวัตินักวิจัย	



บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่เกิดขึ้นทุก วันแต่ในทางกลับกันพลังงานเริ่มน้อยลงขึ้นทุกวัน การลดใช้พลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุด เริ่มจากสิ่งใกล้ตัวที่สุดคือหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ทุกบ้านต้องใช้เพื่อแสงสว่างในชีวิตประจำวัน แอลอีดี (LEDs) จะเป็นทางเลือกใหม่ที่จะมาแทนแสงสว่างภายในบ้านแต่แอลอีดีใช้แรงดันในการทำงานเพียง 1.5 โวลต์ถึง 4 โวลต์เท่านั้นหากนำไปใช้งานกับไฟบ้านที่มีแรงดันถึง 220 โวลต์จึงต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสม งานวิจัยนี้นำเสนอชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8ควบคุมแสงสว่างโดยใช้รีโมทคอนโทรล มีการศึกษาการใช้งานหลักการควบคุมความสว่างโดยใช้รีโมทคอนโทรลกับชุดขับหลอดแอลอีดีโดยมีการควบคุมวงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงหนึ่งเฟส (Single Phase AC to DC Converter) โดยสร้างสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM) เพื่อควบคุมการสวิตช์ของมอสเฟตด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้ร่วมกับโปรแกรม MATLAB โดยการใช้โมดูลสร้างสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์เพื่อไปขับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงให้ได้แรงดันเอาต์พุตกระแสตรงออก 12 โวลต์ดีซี เพื่อไปขับหลอดไฟแอลอีดี T8 และใช้การควบคุมรีโมทไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมความแสงของหลอดไฟแอลอีดีที่แปลได้ 0-100 เปอร์เซนต์

1.1 ความเป็นมา

LEDs ย่อมาจาก Light Emitting Diode คือไดโอดเปล่งแสง โดยแสงที่เปล่งออกมานั้นจะมีคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน โดยไดโอดจะใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยมากเมื่อเทียบกับแสงสว่างที่ได้ ไดโอดเป็นหัวใจสำคัญของ หลอดไฟแอลอีดี (LEDs) ไดโอดทำจากสารกึ่งตัวนำ มี 2 ขั้วและยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านทางเดียว



รูปที่ 1.1 ลักษณะหลอด LED โดยทั่วไป

เนื่องจากเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยขึ้น ไปทุกวัน ได้เริ่มการผลิต อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟ ที่มี ส่วนประกอบของหลอดไฟแอลอีดี (LEDs) มากขึ้น เนื่องจาก หลายๆประเทศให้ความสำคัญกับการ ประหยัดพลังงานมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ที่วี หลอดไฟ หลอดแอลอีดีที่ดูปลา ไฟฉายแอลอีดี เป็นต้น แต่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ที่มีแอลอีดีเป็นส่วนเกี่ยวข้องจะมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิด อื่นๆ และมีใช้งานกันมากขึ้น นั้น อย่างเช่น หลอดไฟ หรือ อุปกรณ์ที่ให้แสงสว่าง ประเทศออสเตรเลีย ได้มีการสั่งห้ามการใช้งานหลอดไส้ หรือหลอด ฟลูออเรสเซนต์ เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์มีสาร โปรทอยในตัวหลอด ถ้าหลอดไฟแตกและเกิดไปเหยียบเศษของหลอดไฟนั้น โดยไม่ล้าง แผลทันที จะ ทำให้เป็นอันตรายร้ายแรง หลอดไฟ LED เป็นหลอดไฟที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นและมีข้อดีดังนี้

1. ความสว่าง การส่องสว่างของหลอดไฟ LED สามารถส่องสว่างได้ทันทีที่มีกระแสไฟ โดย ไม่ต้องกระพริบก่อน ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์บางบ้านจะต้องมีการกระพริบสักพักก่อนจ ะติดไฟและ ไม่มีความร้อนเกิดขึ้นที่หลอดไฟ

2. ความทนทาน หลอดไฟ LED มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า 35,000 ชั่วโมง ถ้าใช้งานใน บ้านหรือโรงงานที่เปิด 8-10 ชั่วโมง จะมีอายุการใช้งานไม่ต่ำกว่า 10 ปีและเป็นหลอดไฟที่ทนต่อ แรงสั่นสะเทือนได้ดี จึงนิยมติดตั้งบนเครื่องบิน หรือรถยนต์ และยังมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า หลอดไส้ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทำให้ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนหลอดไฟบ่อยๆ และยังสามารถ เปิด ปิด ได้บ่อยโดยที่หลอดไฟไม่เสียหาย

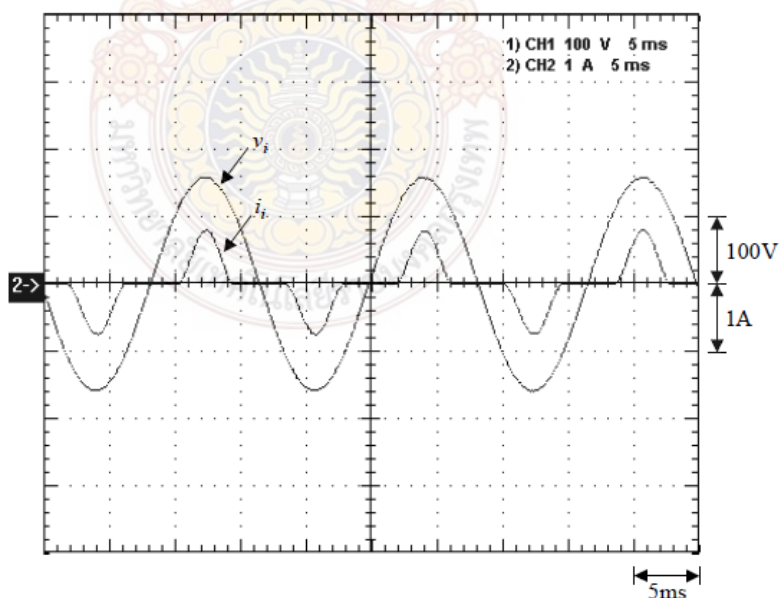
3. ความประหยัด เนื่องจากหลอดไฟ LED ใช้พลังงานน้อย และแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแสง สว่างโดยไม่ต้องแปลง เป็นความร้อน จึงไม่เกิดการสูญเสียพลังงาน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่า ไฟฟ้า

4. ช่วยรักษาสีสิ่งแวดล้อม หลอดไฟ LED เป็นหลอดไฟที่ช่วยรักษาสีแวดล้อมได้เนื่องจาก ใช้ พลังงานน้อยในการส่องสว่าง จึงทำให้ประหยัดพลังงาน ไม่มีสารปรอทเป็นส่วนประกอบ และอายุการ ใช้งานที่ยาวนานทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนหลอดไฟบ่อยๆ จึงช่วยลดขยะอันตรายที่เกิดจากหลอดไฟได้

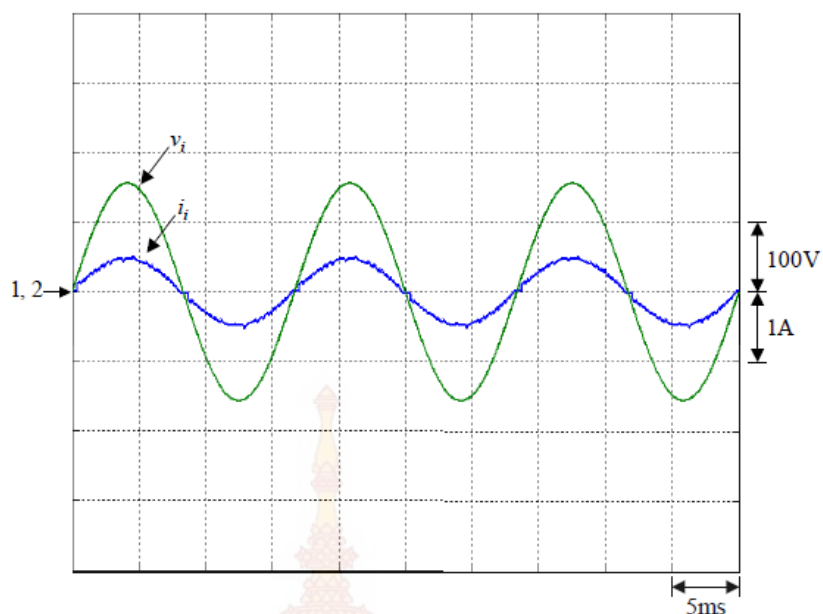


รูปที่ 1.2 ลักษณะหลอด LED รุ่น T8-150

รูปที่ 1.2 แสดงหลอดไฟ LED ที่ถูกพัฒนาขึ้นแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T8 ที่มีความเข้มแสงประมาณ 1500 ลูเมน เนื่องจากหลอดไฟ LED ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันต่ำในการขับหลอดไฟ เมื่อนำมาใช้ในที่พักอาศัยหรือสำนักงานซึ่งใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ทำให้จำเป็นต้องมีวงจรคอนเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟให้เหมาะสมและค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ในระบบไฟฟ้ามีค่าต่ำลง ดังแสดงในรูปที่ 1.3

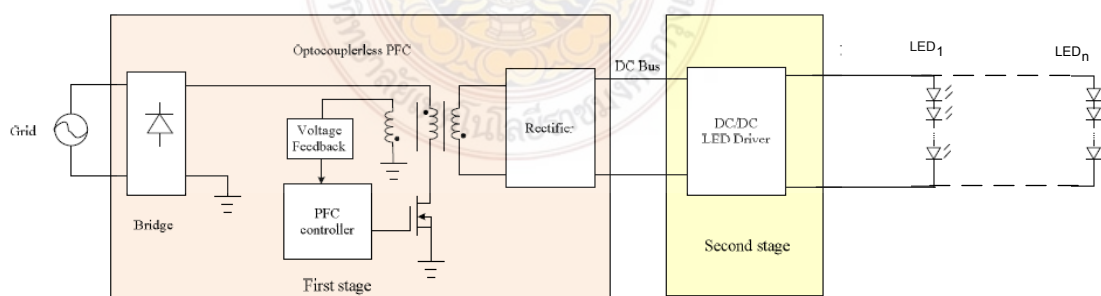


รูปที่ 1.3 รูปคลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.6



รูปที่ 1.4 คลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1

ในห้องประชุมบางเวลามีความจำเป็นต้องปรับแสงสว่างให้ลดลงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำเสนอหรือบรรยาย ให้เกิดความชัดเจนที่จอร์ับภาพ ทำให้เกิดความยุ่งยากในการปรับเปลี่ยนหลอดไฟในการใช้งานในและเสี่ยงต่อการติดตั้งหลอดไฟที่มีความสว่างในระดับไม่เท่ากัน



รูปที่ 1.5 ระบบจ่ายไฟสำหรับหลอดแอลอีดีที่นำเสนอ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ ประยุกต์นำวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่มีการปรับปรุงตัวประกอบกำลังเข้ามาใช้ในระบบจ่ายไฟให้กับหลอดไฟแอลอีดี (LED) ระบบจ่ายไฟสำหรับหลอดไฟแอลอีดีที่มีการ

ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังใกล้เคียง 1 โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองภาคจะประกอบด้วยวงจรคอนเวอร์เตอร์ชนิด ฟลายแบคร่วมกับ วงจรคอนเวอร์เตอร์ชนิดทอนแรงดันที่สามารถปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดีดังแสดงในรูปที่ 1.5 วงจรสองภาคที่นำเสนอจะถูกควบคุมให้ทำงานในโหมดสวิตช์แบบนุ่มนวลเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยระบบที่นำเสนอจะใช้ทดสอบด้วยการจ่ายไฟให้กับหลอดไฟแอลอีดีขนาด T8-1500 กำลัง 18 วัตต์ จำนวน 20 หลอด และสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังในระบบไฟฟ้าให้ใกล้เคียง 1 โดยจะมีรูปลักษณะกระแสและแรงดันไฟฟ้าดังรูปที่ 1.4 จากการใช้คอนเวอร์เตอร์แบบสองภาคเพียงชุดเดียวจะทำให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง และปรับปรุงประสิทธิภาพได้ง่ายขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาพฤติกรรมและพัฒนาวิธีการควบคุมของระบบจ่ายไฟที่สามารถปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองภาคทำงานในโหมดสวิตช์แบบนุ่มนวล จ่ายไฟให้กับหลอดไฟแอลอีดีขนาด T8-1500 กำลัง 18 วัตต์ได้ จำนวน 20 หลอด

1.3 ขอบเขต

ออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบจ่ายไฟร่วมกับวงจรควบคุมสำหรับหลอดไฟแอลอีดีที่สามารถปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองภาคทำงานในโหมดสวิตช์แบบนุ่มนวลจ่ายไฟให้กับหลอดไฟแอลอีดีขนาด T8-1500 กำลัง 18 วัตต์ได้ จำนวน 20 หลอดได้

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. ค้นคว้า ศึกษาและสรุปรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวงจรควบคุมของระบบจ่ายไฟที่สามารถปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองภาคทำงานในโหมดสวิตช์แบบนุ่มนวลจ่ายไฟให้กับหลอดไฟแอลอีดีขนาด T8-1500 กำลัง 18 วัตต์ จำนวน 20 หลอด
2. จำลองผลการทำงานของวงจรควบคุมของระบบจ่ายไฟสำหรับหลอดไฟแอลอีดีที่สามารถปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองภาคทำงานในโหมดสวิตช์แบบนุ่มนวล

3. จัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือวัดที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย และออกแบบวงจรควบคุมของระบบ จ่ายไฟที่สามารถปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองภาคทำงานใน โหมดสวิตช์แบบนุ่มนวล

4. สร้างวงจรควบคุมของระบบจ่ายไฟสำหรับหลอดไฟแอลอีดีที่สามารถปรับความสว่าง หลอดไฟแอลอีดีโดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองภาคทำงานในโหมดสวิตช์แบบนุ่มนวลให้มี ประสิทธิภาพเกิน 90 เปอร์เซนต์ขึ้นไปได้ขณะจ่ายไฟจ่ายไฟให้กับหลอดไฟแอลอีดีขนาด T8-1500 กำลัง 18 วัตต์ จำนวน 20 หลอด

5. ทดสอบวงจรควบคุมของระบบจ่ายไฟสำหรับหลอดไฟแอลอีดีที่สามารถปรับความสว่าง หลอดไฟแอลอีดี โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์ แบบสองภาคทำงานในโหมดสวิตช์แบบนุ่มนวลให้มี ประสิทธิภาพเกิน 90 เปอร์เซนต์ขึ้นไปได้ขณะจ่ายไฟจ่ายไฟให้กับหลอดไฟแอลอีดีขนาด T8-1500 กำลัง 18 วัตต์ จำนวน 20 หลอด

6. วิเคราะห์และเก็บผลการทดสอบ

7. สรุปผลการศึกษาวิจัย

8. นำเสนอผลงานในงานประชุมวิชาการ

9. จัดทำรายงานสรุปผลการศึกษาวิจัย

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล หน่วยวิจัยพลังงานทดแทนและสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้เป็นเครื่องต้นแบบในการวิจัยพัฒนาหรือการนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรม

1.4.2 สามารถตีพิมพ์บทความวิจัยในการประชุมวิชาการระดับประเทศและต่างประเทศ

1.4.3 สามารถลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศได้

1.4.4 ลดการใช้พลังงานได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบและสร้างชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรล จำเป็นต้องศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรล ในโครงงานนี้ได้ศึกษาข้อมูลในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

คณะผู้วิจัย [1] ปราโมทย์ คำแสง และพลวัฒน์ สุวรรณวาปี ได้นำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาหลักการ ทำงานของ Infrared (IR) โดยทำการศึกษางานของระบบรีโมทที่ใช้กับเครื่องโทรทัศน์ว่ามี สัญญาณออกมาแบบใดมีการเข้ารหัสสัญญาณอย่างไรเพื่อเอาประโยชน์ จากจุดนั้นมาใช้ โดยได้ ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมที่ใช้รีโมทในการควบคุมการ ทำงานต่างๆ โดยได้ทดลองนำรีโมทมาควบคุมหลอดไฟ โดยอ่านข้อมูลที่ส่งออกไปจากแต่ละปุ่ม รีโมท แล้วนำค่าที่ได้ไปเก็บไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเก็บค่าแต่ละปุ่มไว้แล้วนำมาเปรียบเทียบสัญญาณ ว่าหากข้อมูลตรงกับปุ่มไหนให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน ซึ่งจากการทดลองดังกล่าว เราสามารถคัดลอกและ ส่งสัญญาณรีโมทได้ โครงงานนี้ใช้งานกับรีโมทคอนโทรลเลอร์ของ sony

คณะผู้วิจัย ได้ทำการศึกษารูปแบบการควบคุมของขดลวดเหนี่ยวนำความถี่สูงสำหรับใช้ กับสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์สัพพลาย แบบฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์โดยสัญญาณในการควบคุมสวิตซ์ซึ่งเป็น แบบพัลส์วิดมอดูเลต (PWM) และการควบคุมที่แกนควบคุมของขดลวดเหนี่ยวนำ ใช้ระบบป้อนกลับ ของสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์สัพพลาย เพื่อรักษาระดับแรงดันของแรงดันด้านออกให้คงที่โดยใช้ วงจรสวิตซ์ ซึ่งแบบฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์พัลส์วิดมอดูเลตสวิตซ์ที่แรงดันศูนย์ การสวิตซ์จะอยู่ในย่านความถี่ 80 เฮอร์ตซ์ 42 โวลต์ 1.5 กิโลวัตต์ ในการป้อนกลับจะใช้ขดลวดเหนี่ยวนำควบคุมการเปลี่ยนแปลงของ แรงดันทางด้านออกทำได้ง่ายต่อการออกแบบวงจรฟีดแบ็คเพราะฮาร์โมนิกส์จะค่อนข้างคงที่ และ อุปกรณ์ที่ใช้มีความมีความคงทนมีวงจรที่ไม่ยุ่งยากมีช่วงกว้างในการควบคุมระดับแรงดันทำให้ไม่คอง กังวลกับเดดไทม์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะจัดทำชุดปรับความสว่างหลอดแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรล เพื่อให้สามารถใช้งานกับระบบวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงในการใช้งาน

2.2 ทฤษฎีวงจรอิเล็กทรอนิกส์คอนเวอร์เตอร์

วงจรอิเล็กทรอนิกส์คอนเวอร์เตอร์คือ วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันกระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีค่าคงที่ให้ได้แรงดันเอาต์พุตกระแสตรงที่สามารถปรับค่าแรงดันได้ตามที่โหลดต้องการ การปรับค่าแรงดันจะใช้วิธีการเปิดและปิดสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์สลับกันอย่างต่อเนื่อง เอลูทรอนิกส์คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป

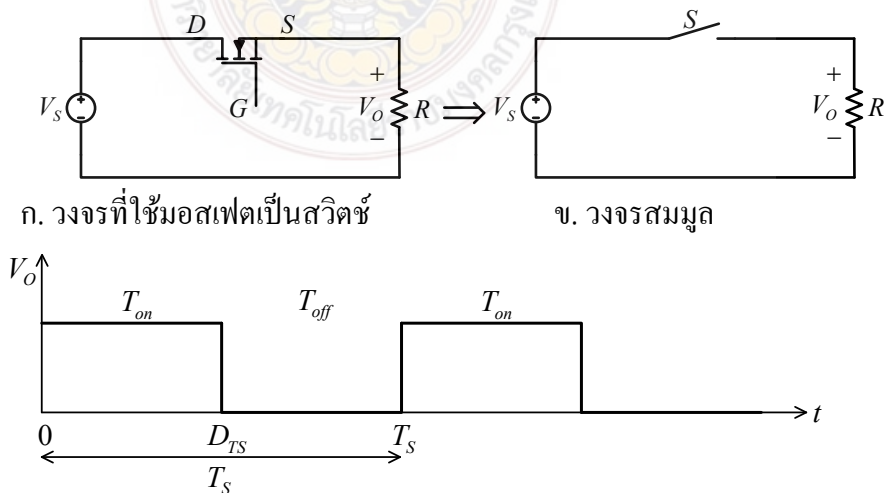
การเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดมีข้อควรพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบตามลักษณะการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์คอนเวอร์เตอร์แบ่งตามคุณสมบัติของวงจรได้ 3 ประเภท คือ

วงจรลดค่าแรงดัน เป็นวงจรที่แรงดันเอาต์พุตมีค่าต่ำกว่าแรงดันอินพุตเสมอ ได้แก่ วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter)

วงจรเพิ่มค่าแรงดัน เป็นวงจรที่แรงดันเอาต์พุตมีค่าสูงกว่าแรงดันอินพุตเสมอ ได้แก่ วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter)

วงจรลดและเพิ่มค่าแรงดัน เป็นวงจรที่สามารถควบคุมให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่าแรงดันอินพุตก็ได้ ได้แก่ วงจรบัค-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Buck-Boost Converter) วงจรแปลงผันแบบชุก (Cuk Converter)

2.2.1 หลักการควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์คอนเวอร์เตอร์



ก. รูปคลื่น

รูปที่ 2.1 หลักการควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์คอนเวอร์เตอร์ใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์

ขณะมอสเฟตนำกระแสจะได้ $V_O = V_S$ เรียกช่วงเวลานี้ว่า T_{on} ขณะมอสเฟตหยุดนำกระแสจะได้ $V_O = 0$ เรียกช่วงเวลานี้ว่า T_{off}

$$T_S = T_{on} + T_{off} \quad , \quad T_S = \frac{1}{f_S} \quad (2.1)$$

เมื่อ T_S คือ คาบเวลาของการสวิตชิง (Switching Time Period)

f_S คือ ความถี่การสวิตชิง (Switching Frequency)

$$D = \frac{T_{on}}{T_S} \quad , \quad T_{on} = DT_S \quad (2.2)$$

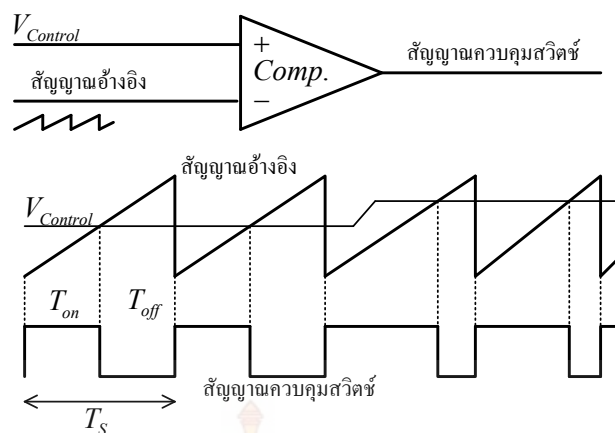
เมื่อ D คือ ค่าวัฏจักรหน้าที่ (Duty Cycle)

$$D' = \frac{T_{off}}{T_S} = \frac{T_S - T_{on}}{T_S} = 1 - D \quad , \quad T_{off} = (1 - D)T_S \quad (2.3)$$

2.2.2 วิธีการควบคุมสวิตช์

ควบคุมความกว้างของพัลส์ช่วง T_{on} โดยค่าความถี่ (f_S) มีค่าคงที่เรียกการควบคุมแบบนี้ว่าการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation ; PWM) เปลี่ยนค่าความถี่เรียกการควบคุมแบบนี้ว่าการมอดูเลตความถี่ (Frequency Modulation ; FM)

ควบคุมโดยความกว้างของพัลส์และเปลี่ยนค่าความถี่พร้อมกัน การควบคุมโดยวิธีเปลี่ยนค่าความถี่ เป็นวิธีการที่ไม่นิยมใช้งาน เพราะการออกแบบวงจรยุ่งยาก ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการควบคุมความกว้างของพัลส์เท่านั้น



รูปที่ 2.2 การควบคุมความกว้างพัลส์

จากรูปที่ 2.2 สัญญาณควบคุมสวิตช์ได้จากการนำค่าแรงดัน $V_{Control}$ เปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่เป็นรูปฟันเลื่อย (Sawtooth)

ถ้า $V_{Control} > \text{Sawtooth}$ จะได้สัญญาณควบคุมสวิตช์เป็นบวก

ถ้า $V_{Control} < \text{Sawtooth}$ จะได้สัญญาณควบคุมสวิตช์เป็นศูนย์

นำสัญญาณควบคุมสวิตช์ไปจ่ายให้กับขาเกตของมอสเฟต สามารถควบคุมความกว้างของพัลส์ได้ โดยการเปลี่ยนระดับแรงดัน $V_{Control}$

วงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรง จะทำงานใน 2 แบบวิธีคือ

กรณีกระแสต่อเนื่อง (Continuous Current Mode)

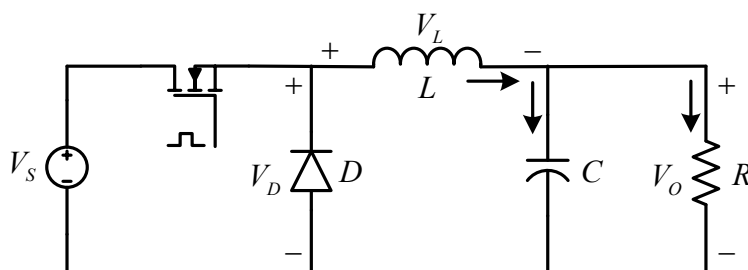
กรณีกระแสไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Current Mode)

การทำงานในแต่ละแบบวิธี จะทำให้คุณสมบัติวงจรไม่เหมือนกัน (ทั้งที่เป็นวงจรเดียวกัน)

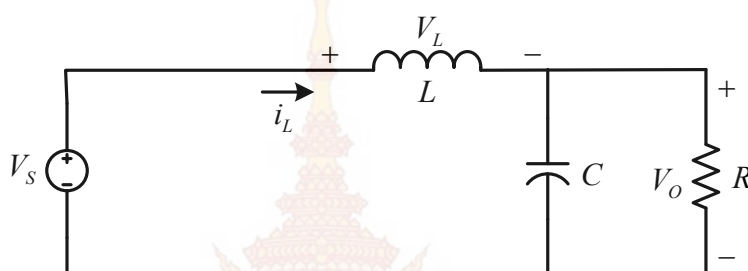
ดังนั้นการศึกษาคูสมบัติของวงจรดีซิงก์คอนเวอร์เตอร์ จะต้องพิจารณากันทั้งกรณีกระแสต่อเนื่อง และกรณีกระแสไม่ต่อเนื่อง

2.3 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

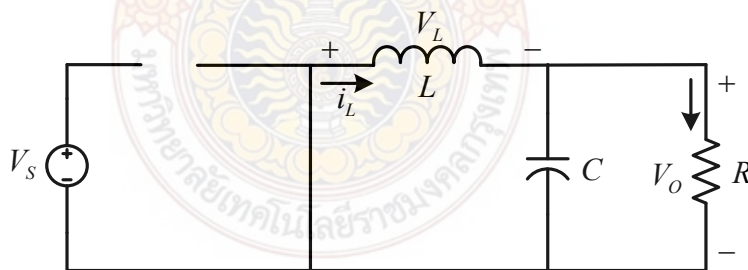
วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรลดระดับแรงดัน ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าต่ำกว่าแรงดันอินพุต ลักษณะวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์แสดงดังรูปที่ 2.3



ก. วงจรรูปกอนเวอร์เตอร์



ข. วงจรรูปกอนเวอร์เตอร์ในช่วง T_{on}



ค. วงจรรูปกอนเวอร์เตอร์ในช่วง T_{off}

รูปที่ 2.3 คุณสมบัติวงจรรูปกอนเวอร์เตอร์

วงจรรูปกอนเวอร์เตอร์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ วงจรชอปเปอร์ (Chopper) และวงจรกรอง
วงจรชอปเปอร์ประกอบด้วยมอสเฟตและไดโอด โดยมอสเฟตทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ไดโอดเป็นทางผ่าน
ของกระแส i_L ขณะมอสเฟตตัดวงจร ส่วนวงจรกรองเป็นวงจรกรองแบบความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass
Filter)

ขณะมอสเฟตต่อวงจรแรงดัน $V_D = V_S$ ไดโอดหยุดนำกระแสเนื่องจากได้รับไบแอสย้อนกลับ ขณะมอสเฟตตัดวงจรไดโอดนำกระแสเป็นทางผ่านของกระแส i_L ทำให้แรงดัน $V_D = 0$ ลักษณะเป็นรูปคลื่นแรงดัน V_D แสดงดังรูปที่ 2.3 ข. อนุกรมฟูริเยร์ของแรงดัน V_D ประกอบด้วยส่วนที่เป็นไฟตรงหรือค่าเฉลี่ย โดยมีค่าเท่ากับ V_O ส่วนที่เป็นทอมโฟสลับประกอบด้วยฮาร์มอนิกที่ความถี่การสวิตช์และความถี่ $2f_s, 3f_s, 4f_s, \dots$

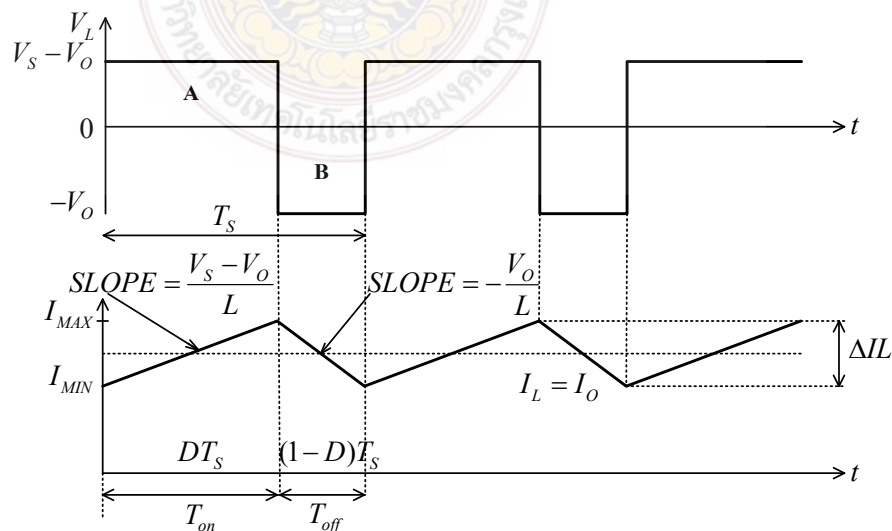
วงจรกรอง LC เป็นวงจรอันดับที่ 2 โดยความถี่ตัด (Cutoff Frequency) มีสมการเป็น

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.4)$$

วงจรกรองทำหน้าที่กรองทอมที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับของแรงดัน V_D ดังนั้นในการออกแบบวงจรจะต้องให้ความถี่ตัดของวงจรกรองมีค่าต่ำกว่าความถี่การสวิตช์มากๆ $f_c \ll f_s$ การวิเคราะห์ที่วงจรบีกอนเวอร์เตอร์ จะกำหนดให้ตัวเก็บประจุมีค่าสูงพอที่จะทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าคงที่

คุณสมบัติของวงจรกรณักระ แสดงต่อเนื่อง กรณักระแสดงต่อเนื่องหมายถึง กระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (i_L) มีค่าเป็นบวกเพียงค่าเดียว ไม่ลดลงเป็นศูนย์ จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$L > \frac{(1-D)R}{2f_s} \quad (2.5)$$



รูปที่ 2.4 รูปคลื่นวงจรกรณักระแสดงต่อเนื่อง

ในช่วง T_{on} เป็นช่วงที่มอสเฟตต้องจรรจนได้ $V_L = V_S - V_O$ ตัวเหนี่ยวนำ L รับพลังงาน กระแส i_L มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง

$$\text{ความชัน (Slope)} = \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = -\frac{V_S - V_O}{L} \quad (2.6)$$

ในช่วง T_{off} เป็นช่วงที่มอสเฟตตัดจรรจน จะได้ $V_L = -V_O$ ตัวเหนี่ยวนำ L จ่ายพลังงาน กระแส i_L มีค่าลดลงเป็นเส้นตรง

$$\text{ความชัน} = \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = -\frac{-V_O}{L} \quad (2.7)$$

จากคุณสมบัติตัวเหนี่ยวนำ (L)

โวลต์-วินาที ขณะรับพลังงาน = โวลต์-วินาที ขณะจ่ายพลังงาน

จากรูปที่ 5 พื้นที่ A = พื้นที่ B

$$DT_S(V_S - V_O) = (1 - D)T_S V_O$$

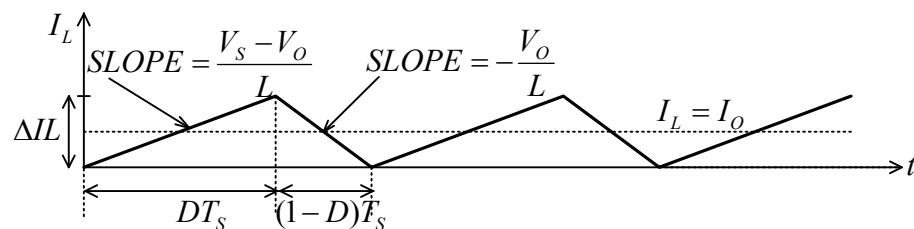
$$DV_S - DV_O = V_O - DV_O$$

$$V_O = DV_S$$

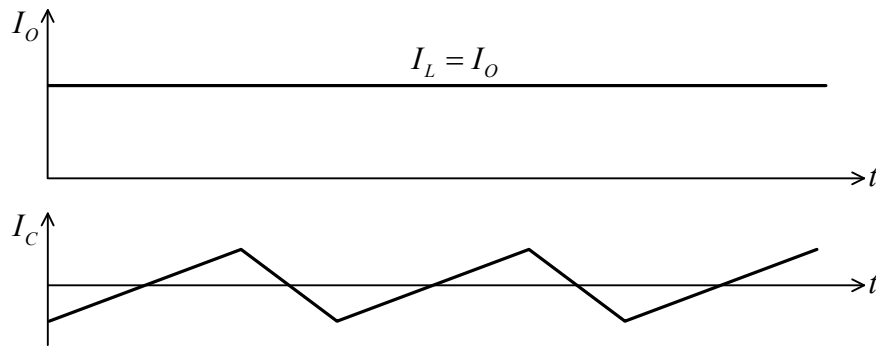
$$\frac{V_O}{V_S} = D \quad (2.8)$$

จากสมการ (2.8) ถ้าแรงดันแหล่งจ่ายมีค่าคงที่ แรงดันเอาต์พุต V_O จะแปรผันโดยตรงกับค่าวัฏจักรหน้าที่ โดยไม่ขึ้นอยู่กับค่าอุปกรณ์ในวงจร

จุดแบ่งระหว่างการทำงานแบบกระแสต่อเนื่องกับไม่ต่อเนื่อง จุดแบ่งระหว่างการทำงานแบบกระแสต่อเนื่องกับไม่ต่อเนื่อง คือตำแหน่งที่ค่าต่ำสุดของค่ากระแสลดลงเป็นศูนย์เมื่อครบ 1 คาบเวลา



ก. รูปคลื่นกระแส i_L



ข. รูปคลื่น i_L แยกเป็น i_O กับ i_C

รูปที่ 2.5 คลื่นกระแส i_L เริ่มไม่ต่อเนื่อง

กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน (i_O) และกระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ (i_C) กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานจะมีค่าคงที่ (เนื่องจากแรงดันเอาต์พุตคงที่) มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของกระแส i_L

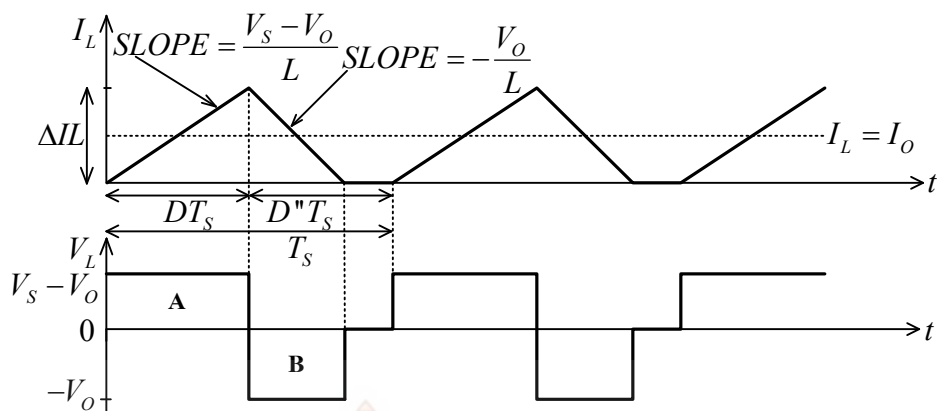
กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับรูปสามเหลี่ยมมีค่าเป็นศูนย์ (เป็นไปตามหลักการ Amp-Sec Balance ของตัวเก็บประจุ) กระแสส่วนนี้ก็คือค่าระลอกคลื่นของกระแส i_L

ดังนั้นจุดแบ่งระหว่างการทำงานแบบกระแสต่อเนื่องกับกระแสไม่ต่อเนื่อง คือ

$$\text{ถ้า } L > \frac{(1-D)R}{2f_s} \text{ เป็นกรณีกระแสต่อเนื่อง} \quad (2.9)$$

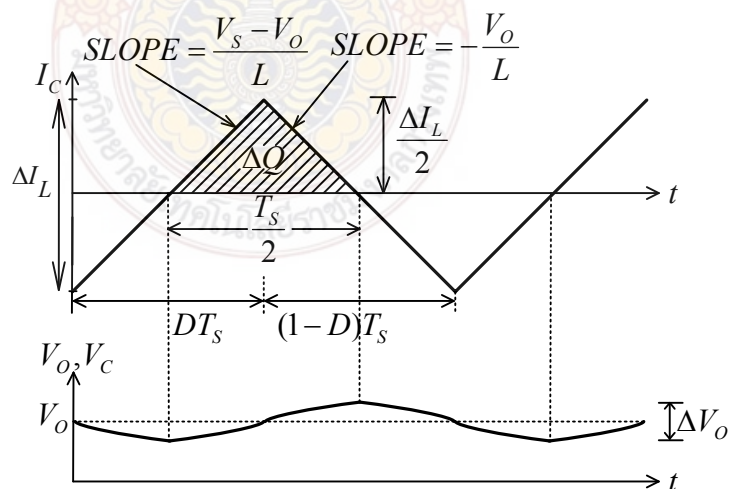
$$\text{ถ้า } L < \frac{(1-D)R}{2f_s} \text{ เป็นกรณีกระแสไม่ต่อเนื่อง} \quad (2.10)$$

คุณสมบัติของวงจรกรณีกระแสไม่ต่อเนื่อง วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์จะทำงานเป็นแบบกระแสไม่ต่อเนื่อง เมื่อ $L < \frac{(1-D)R}{2f_s}$ เป็นกรณีที่กระแสมีค่าทั้งเป็นบวกและศูนย์ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 รูปคลื่นกรณีกระแสไม่ต่อเนื่อง

ค่าระลอกคลื่นของแรงดันเอาต์พุต (ΔV_o) พิจารณากระแสต่อเนื่อง กระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุ i_C แสดงดังรูปที่ 8 พื้นที่ใต้กราฟของรูปคลื่นกระแส i_C คือค่าประจุไฟฟ้า ขณะกระแส i_C เป็นบวก เป็นช่วงที่ C ได้รับประจุ ทำให้แรงดัน V_o มีค่าเพิ่มขึ้น ขณะกระแส i_C เป็นลบ เป็นช่วงที่ C คายประจุ ทำให้แรงดัน V_o มีค่าลดลง



รูปที่ 2.7 รูปคลื่น i_C และ V_o

การออกแบบวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ส่วนมากจะใช้งานในช่วงกระแสต่อเนื่อง ดังนั้นในการออกแบบวงจรจะใช้คุณสมบัติการกระแสต่อเนื่องมาออกแบบ วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์กระแสจะต่อเนื่องเมื่อตัวเหนี่ยวนำมีค่าต่ำสุดตามสมการ

$$L_{\min} = \frac{(1-D)R}{2f_s} \quad (2.11)$$

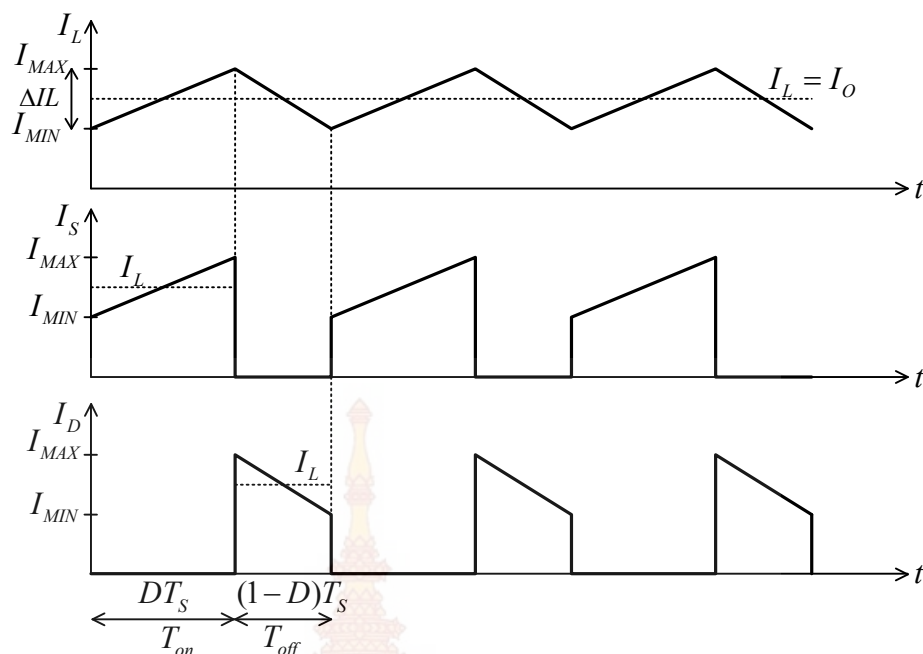
เมื่อ $L_{\min}$ คือค่าความเหนี่ยวนำต่ำสุดที่ยังคงทำให้กระแสไหลต่อเนื่อง

ความถี่การสวิตช์จะมีผลกับขนาดกับอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร ถ้าความถี่การสวิตช์มีค่าสูง ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ที่ใช้ในวงจรจะมีขนาดเล็กลง แต่ค่ากำลังสูญเสียในการสวิตช์จะสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของวงจรจะลดลง โดยปกติความถี่การสวิตช์นิยมใช้งานในช่วง 20 กิโลเฮิร์ตซ์ถึง 50 กิโลเฮิร์ตซ์

ตัวเหนี่ยวนำจะมีผลกับระลอกคลื่นของกระแส (ΔI_L) การหาขนาดของตัวเหนี่ยวนำ หาได้โดยการพิจารณาจากรูปคลื่นกระแส i_L ขดลวดตัวเหนี่ยวนำต้องทนกระแสมากกว่ากระแส $I_{L,rms}$ ตัวเก็บประจุจะมีผลกับระลอกคลื่นของแรงดันเอาต์พุตการหาขนาดของตัวเก็บประจุ อาจหาได้จากสมการ (2.12)

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1-D}{8LCf_s^2} \quad (2.12)$$

ตัวเก็บประจุต้องทนแรงดันได้ไม่ต่ำกว่าค่าแรงดัน V_o



รูปที่ 2.8 รูปคลื่นกระแส i_L i_S และ i_D

พิกัดแรงดันของอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสวิตช์และไดโอด พิจารณาจากค่าแรงดันตกคร่อมสูงสุดขณะหยุดนำกระแส จะได้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสวิตช์และไดโอดต้องทนแรงดันได้ไม่ต่ำกว่า V_S พิกัดกระแสของอุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์และไดโอด พิจารณาจากรูปคลื่น i_S และ i_D

- ค่ากระแสสูงสุดที่อุปกรณ์สวิตช์และไดโอดต้องทนได้คือ $i_{\max}$
- ค่ากระแสเฉลี่ยที่อุปกรณ์สวิตช์ต้องทนได้คือ i_S
- ค่ากระแสเฉลี่ยที่ไดโอดต้องทนได้คือ i_D

2.4 การออกแบบวงจรกำลังของบักคอนเวอร์เตอร์

2.4.1 ตัวเหนี่ยวนำ

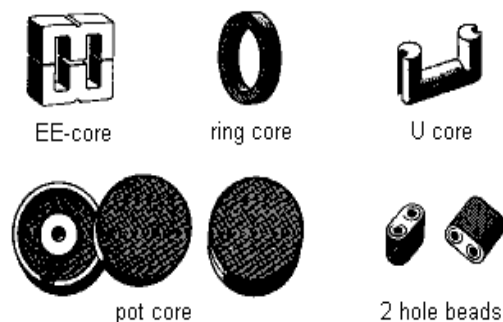
ตัวเหนี่ยวนำเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัยคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้า การที่จะเข้าใจการออกแบบตัวเหนี่ยวนำจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับ ทฤษฎีทางแม่เหล็กไฟฟ้า โดยตัวเหนี่ยวนำมีหน้าที่สำคัญมากในการเก็บพลังงานและคายพลังงานในวงจรบักคอนเวอร์เตอร์แรงดันกระแสตรง

2.4.1.1 แกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core)

เฟอร์ไรต์เป็นวัสดุแม่เหล็กเฟอร์โร (Ferromagnetic Material) การเหนี่ยวนำแม่เหล็กบนแกนเฟอร์ไรต์ จะมีผลทำให้เกิดการเหนี่ยวนำฟลักซ์แม่เหล็กสูงกว่าการเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นบนแกนอากาศมาก แกนเฟอร์ไรต์มีค่าอิ่มตัวฟลักซ์แม่เหล็กค่อนข้างสูง ประมาณในช่วง 3,000-6,000 เกาส์ และเกิดการสูญเสียในตัวแกนเฟอร์ไรต์ต่ำที่ความถี่สูง ดังนั้นตัวเหนี่ยวนำในวงจรสวิตชิงจึงนิยมใช้แกนเฟอร์ไรต์มากที่สุด เฟอร์ไรต์ที่นำมาใช้ทำแกนของตัวเหนี่ยวนำสวิตชิงจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการใช้งานและมาตรฐานในการออกแบบ

สารแม่เหล็กที่ใช้ทำแกนแม่เหล็กมักจะเป็นอัลลอยของเหล็ก สาร ที่นิยมใช้ที่ความถี่ต่ำ (<1 kHz) ได้แก่ เหล็กผสมซิลิคอนเจือจาง (Si < 1%) ซึ่งมีความหนาแน่นฟลักซ์อิ่มตัวค่าสูงแต่จะมีการสูญเสียมาก ถ้าส่วนผสมซิลิคอนมีมากขึ้นก็มักจะเป็นชนิด Grain Oriented การสูญเสียจะน้อยลงแต่ราคาก็จะแพง นอกจากจะผสมซิลิคอนแล้วยังมีสารแม่เหล็กที่ผสมสารอื่น ๆ เช่น โคบอลต์ นิกเกิล โมลิบดีนัม เป็นต้น ซึ่งทำงานได้ถึงความถี่ประมาณ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ แต่มีราคาแพงกว่าเหล็กผสมซิลิคอนมาก เฟอร์ไรต์เป็นเซรามิกประกอบไปด้วยออกไซด์ของเหล็ก สังกะสี แมงกานีส หรือนิกเกิล เฟอร์ไรต์ชนิด MnZn มีความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงกว่าชนิด NiZn แต่ทำงานได้ถึงความถี่ประมาณ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งต่ำกว่าชนิด NiZn ซึ่งทำงานได้ถึง 1 เมกะเฮิร์ตซ์ เฟอร์ไรต์มีหลากหลายชนิดตามแต่ละสูตรผสมและมีเลขรหัสต่าง ๆ เช่น 6H20 และ 7H10 เป็นต้น

แกนเฟอร์ไรต์สำหรับแหล่งจ่ายไฟสวิตชิงโดยทั่วไปจะถูกผลิตออกมาที่ขนาดและรูปทรงต่าง ๆ ตามมาตรฐานเดียวกันดัง รูปที่ 2.9 เช่น แกนแบบ EI EE EER หรือแกนแบบ POT เป็นต้นปกติผู้ผลิตจะทำแกนเฟอร์ไรต์ออกมาในลักษณะการประกบคู่กันเพื่อความสะดวกในการประกอบเข้ากับบอบบิ้น การประกบแกนเฟอร์ไรต์บนบอบบิ้นนั้นจะทำให้ทางเดินของฟลักซ์แม่เหล็ก ที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์มีลักษณะเป็นวงบรรจบได้



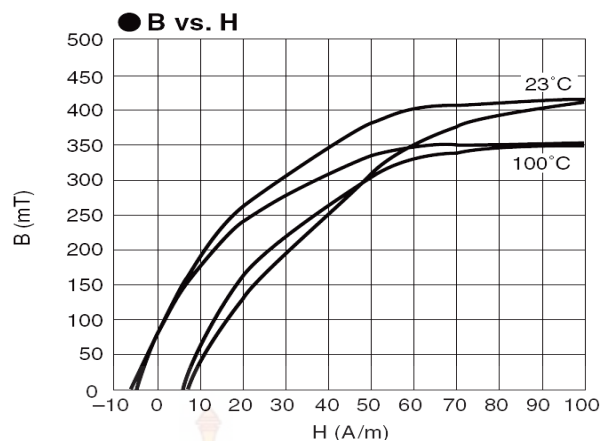
รูปที่ 2.9 ลักษณะของแกนเฟอร์ไรต์แบบต่าง ๆ

ก) ลักษณะสมบัติของเนื้อสารที่ใช้ทำแกนเฟอร์ไรต์

ชนิดของเนื้อสารแกนเฟอร์ไรต์ที่แตกต่างกันจะให้คุณสมบัติทางแม่เหล็กของแกนเฟอร์ไรต์ที่แตกต่างกันด้วย ถึงแม้จะมีขนาดเท่ากันทุกประการก็ตาม ในแผ่นข้อมูลเนื้อสารที่ให้มากับแกนเฟอร์ไรต์นั้น จะต้องมียาละเอียดคุณสมบัติของเนื้อสารแสดงไว้เสมอข้อมูลที่สมควรทำความเข้าใจและศึกษาไว้คือ เส้นโค้งฮิสเทอรีซิส (Hysteresis Curve) และค่าการสูญเสียของแกนเฟอร์ไรต์ (Core Loss)

เส้นโค้งฮิสเทอรีซิสจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (B) ที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H) ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของขดลวด ที่พันบนแกนเฟอร์ไรต์ รูปที่ 2.10 จะแสดงเส้นโค้งฮิสเทอรีซิสของแกนเฟอร์ไรต์จากรูปจะเห็นว่าค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่ามากขึ้น เมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็กมีค่าเพิ่มจนถึงจุดหนึ่งซึ่งค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมาก แม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของความเข้มของสนามแม่เหล็กแล้วก็ตาม จากจุดดังกล่าวจะเห็นว่าแกนเริ่มมีการอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็ก

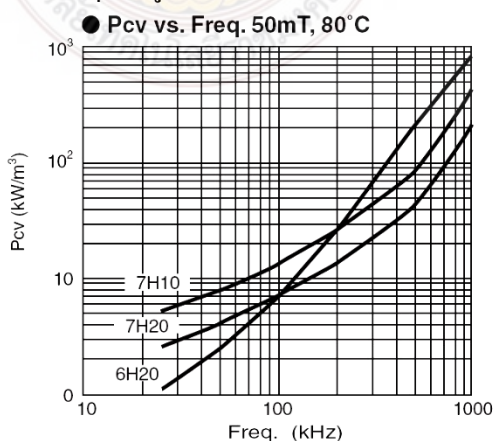
โดยปกติผู้ผลิตจะแสดงกราฟของเส้นโค้งฮิสเทอรีซิสเพียงครั้งเดียวเนื่องจากอีกครั้งหนึ่งของเส้นโค้งฮิสเทอรีซิสจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการเพียงแต่จะมีลักษณะกลับทิศเท่านั้น ดังนั้นการใช้งานของแกนเฟอร์ไรต์ในตัวเหนี่ยวนำจึงควรกำหนดค่าความหนาแน่น ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแกนขณะทำงานมีค่าไม่เกินครึ่งหนึ่งของค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดก่อนอิ่มตัวของแกนเฟอร์ไรต์เพื่อความปลอดภัย



รูปที่ 2.10 เส้นโค้งฮิสเทอรีซิสของแกนเฟอร์ไรต์

ข) ค่าการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์

การสูญเสียที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์ จะทำให้แกนเฟอร์ไรต์ร้อน ซึ่งมีสาเหตุหลัก 2 ประการ คือ การสูญเสียที่เกิดจากลักษณะฮิสเทอรีซิสของแกน (Hysteresis Loss) และการสูญเสียจากการเกิดกระแสไหลวนในแกนเฟอร์ไรต์ (Eddy Current Loss) ที่ความถี่ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ การสูญเสียจากการเกิดกระแสไหลวนในแกนจะมีค่าน้อยสำหรับแกนที่มีขนาดใหญ่ไม่มากนัก ดังนั้นการสูญเสียที่ก่อให้เกิดความร้อนในแกนอาจพิจารณาได้จากการสูญเสียทางฮิสเทอรีซิส ของแกนเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างกราฟแสดงค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์แสดงไว้ใน รูปที่ 2.11 ปกติค่ากำลังสูญเสียจะถูกระบุไว้เป็นกิโลวัตต์ต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตร (kW/m^3) และมีค่าขึ้นกับค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ความถี่ในการใช้งานรวมถึงอุณหภูมิขณะใช้งานของแกนเฟอร์ไรต์



รูปที่ 2.11 ค่าการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ของเนื้อสารชนิด 6H20 7H20 และ 7H10

2.4.2 การออกแบบตัวเหนี่ยวนำ

2.4.2.1 ข้อกำหนดในการออกแบบตัวเหนี่ยวนำสวิตชิง

- ก) ขนาดและรูปร่างรวมทั้งความถี่ของกระแสและแรงดัน
- ข) กำลังสูญเสีย ประสิทธิภาพหรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น
- ค) คุณสมบัติทางไฟฟ้าและเชิงกลอื่นๆ

2.4.2.2 จัดจำกัดในการออกแบบตัวเหนี่ยวนำสวิตชิง

- ก) ความหนาแน่นสนามแม่เหล็กอิ่มตัวของแกนเหล็ก
- ข) กำลังสูญเสียในลวดทองแดงหรือแกนเหล็ก
- ค) คุณสมบัติอื่น ๆ เช่น Permeability (μ) เป็นต้น

โดยมีสมการออกแบบดังนี้

$$B_{\max} = \frac{\Phi_{\max}}{S} = \frac{\lambda_{\max}}{SN} = \frac{LI_{peak}}{SN} \quad (2.13)$$

จากขีดจำกัดของลวดทองแดง โดยคำนึงถึงความสูญเสีย (Copper Loss: P_{cu})

$$P_{cu} = I_{rms}^2 R \quad (2.14)$$

โดยที่ค่า R หาได้จาก

$$R = \rho \frac{l}{A_w} \quad (2.15)$$

2.4.3 การเลือกหรือกำหนดขนาดแกนเหล็กโดยใช้วิธีการคำนวณแบบ A_p (Area Approach)

วิธีนี้เป็นการออกแบบที่ใช้ค่า T_{rise} ซึ่งอาศัย ความหนาแน่นของกระแสของลวดตัวนำ

$J = 100 - 1000 \text{ A/cm}^2$ โดยคำนวณหาขนาดของแกนเหล็กดังนี้

$$N = \frac{Ll_m}{B_{\max} A_c} \quad (2.16)$$

$$kW = \frac{NI_o}{J} = NA_w \quad (2.17)$$

แทนค่า N จะได้

$$kW = \frac{LI_m^2}{B_{\max} JA_c} \quad (2.18)$$

เพราะฉะนั้นจะได้ว่า

$$A_p = WA_c = \frac{LI_m^2}{B_{\max} JK_c K_w} \quad (2.19)$$

โดยมีวิธีการออกแบบดังนี้

- 1) จากข้อกำหนดและขีดจำกัด คำนวณหาค่า A_p จากสมการที่ (2.19)
- 2) เลือกขนาดของแกนให้มีขนาดมากกว่า A_p ที่ได้จากการคำนวณในข้อที่ 1
- 3) คำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดตัวเหนี่ยวนำ (N) จากสมการที่ (2.16)
- 4) คำนวณหาขนาดของลวดตัวนำ A_w จากสมการที่ (2.17)
- 5) เลือกเบอร์ลวดทองแดงให้มี A_w ใหญ่กว่า A_w ที่คำนวณได้จากข้อที่ 4 ซึ่งทำได้โดยการเลือกเบอร์ลวดที่รัศมีน้อยกว่าค่าความลึกผิวทองแดงที่มีความถี่สูงสุดที่ใช้งานนำมาตีเกลียวให้มี A_w ตามที่เลือกไว้

$$\xi(m) = \sqrt{\frac{2\rho}{\mu W}} \quad (2.20)$$

เมื่อ $\xi(m)$ คือ ค่าความลึกผิวทองแดง

$$\rho \text{ มีค่าเท่ากับ } \frac{1}{56 \times 10^6}$$

$$\mu \text{ มีค่าเท่ากับ } \mu_o \mu_r$$

- 1) คำนวณหาค่า P_{cu}
- 2) ปรับค่า J ใหม่จนได้ค่า P_{cu} ที่เหมาะสม

3) กำหนดหาขนาดของช่องอากาศ (Air Gap ; l_g) และทำการปรับช่องอากาศจนได้ค่า L ตามที่ต้องการ

2.4.3.1 ขั้นตอนการออกแบบตัวเหนี่ยวนำ

ต้องกำหนด L, I และ $\% \Delta I$

ขั้นตอนที่ 1

กำหนดความหนาแน่นของกระแส (J) ในช่วง $2.5-10 \text{ A/mm}^2$ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของการระบายความร้อนกำหนดค่า k อยู่ในช่วง $0.3-0.6$ ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของฉนวนที่หุ้มลวดและพื้นที่ช่องว่างระหว่างลวด

หาค่า ΔI โดยที่ $\Delta I = 2(I_{\max} - I)$

หาค่า ΔB โดยที่ $\Delta B = \Delta I \times \Delta B_{\max}$ (สำหรับแกนเฟอร์ไรต์ $\Delta B_{\max} = 0.3T$)

หาค่า $B_{\max}$ โดยที่ $B_{\max} = \Delta B_{\max} - \frac{\Delta B}{2}$

ขั้นตอนที่ 2

คำนวณหา A_p

$$A_p = \frac{LI_m^2}{B_{\max} JK_c K_w} \quad (2.21)$$

โดยที่ L มีหน่วยเป็น Henry, I มีหน่วยเป็น Ampere, B มีหน่วยเป็น Tesla, J มีหน่วยเป็น A/m^2 และ A_p มีหน่วยเป็น mm^3 หรือ mm^4 (ตามขนาดของแกน)

ขั้นตอนที่ 3

เลือกขนาดของแกนเหล็กที่มี A_p ใกล้เคียงกับค่า A_p ที่ได้จากการคำนวณ

ในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4

คำนวณจำนวนรอบของขดลวดจากสมการที่ (2.22)

$$N = \frac{LI_m}{B_{\max} S} \quad (2.22)$$

เมื่อ S พื้นที่หน้าตัดของแกนแม่เหล็กมีหน่วยเป็น mm^2

ขั้นตอนที่ 5

คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของขดลวด

$$A_w = \frac{I_o}{J} \quad (2.23)$$

คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวด

$$d = \sqrt{\frac{4A_w}{\pi}} \quad (2.24)$$

เลือกใช้ลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกับค่า d ที่คำนวณได้

ขั้นตอนที่ 6

ทดสอบว่าสามารถพันขดลวดลงใน W ได้หรือไม่ จากสมการที่ (2.37)

$$W = (N \times \text{พื้นที่หน้าตัดขดลวดที่ใช้จริง}) / k \quad (2.25)$$

ขั้นตอนที่ 7

คำนวณหาค่าความกว้างของช่องอากาศ

$$l_g = \frac{\mu_o N^2 A_c}{2L} \quad (2.26)$$

เมื่อพันขดลวดเสร็จแล้วทำการวัดค่า L ที่ได้ว่าตรงตามต้องการหรือไม่ถ้าไม่ได้ตามต้องการให้ปรับขนาดความกว้างของช่องอากาศจนกระทั่งได้ค่า L ตามต้องการสามารถเลือก ลวดทองแดงได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลวดทองแดง

หมายเลข AWG	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความต้านทาน (75°)(Ω /km)	น้ำหนัก (kg/km)	จำนวนรอบต่อ (cm)
0	8.25	0.392	457	-
1	7.35	0.494	377	-
2	6.54	0.624	299	-
3	5.83	0.786	237	-
4	5.19	0.991	188	-
5	4.62	1.25	149	-
6	4.12	1.58	118	-
7	3.67	1.99	93.8	-
8	3.26	2.51	74.4	-
9	2.91	3.16	59.0	-
10	2.59	3.99	46.8	14
11	2.31	5.03	37.1	17
12	2.05	6.34	29.4	22
13	1.83	7.99	23.3	27
14	1.63	10.1	18.5	34
15	1.45	12.7	14.7	40
16	1.29	16.0	11.6	51
17	1.15	20.2	9.23	63
18	1.02	25.5	7.32	79
19	0.912	32.1	5.8	98
20	0.812	40.5	4.6	123
21	0.732	51.1	3.65	153
22	0.644	64.4	2.3	192
23	0.573	81.2	2.89	237
24	0.511	102	1.82	293
25	0.455	129	1.44	364

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลวดทองแดง (ต่อ)

หมายเลข AWG	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความต้านทาน (75°)(Ω/km)	น้ำหนัก (kg/km)	จำนวนรอบต่อ (cm)
26	0.405	163	1.15	454
27	0.361	205	1.1	575
28	0.321	259	1.39	710
29	0.286	327	1.75	871
30	0.255	421	2.21	1090

2.4.4 มอสเฟตกำลัง (Power Mosfet)

มอสเฟตกำลังสามารถทำงานได้ดีที่ความถี่สูงตั้งแต่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ ไปจนถึงประมาณ 200 - 400 กิโลเฮิร์ตซ์ เวลาในการเปลี่ยนสถานะค่อนข้างสั้น และการพัฒนาในปัจจุบันมีแนวโน้มจะทำให้ มอสเฟตกำลังทำงานได้ที่ความถี่สูงขึ้นไปอีก ซึ่งจะเป็นผลดีในการลดขนาดของคอนเวอร์เตอร์ ในส่วน วงจรขับของมอสเฟตกำลังนั้นสามารถทำได้ง่ายโดยขับเพาเวอร์มอสเฟตได้จากไอซี TLP250 โดยตรง โครงสร้างของมอสเฟตกำลังจะเป็นไปได้ทั้งในลักษณะ N-Channel และ P-Channel ขาของมอสเฟต ประกอบด้วย 3 ขา คือ ขาเกต (Gate) ขาเดรน (Drain) และขาซอร์ส (Source)

กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นในมอสเฟตกำลังขณะทำงาน จะเป็นไปได้ 2 ลักษณะคือ กำลังงาน สูญเสียขณะเปลี่ยนสถานะและกำลังงานสูญเสียขณะนำกระแส เพาเวอร์มอสเฟตจะมีช่วงเวลาเริ่ม นำกระแสและช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแสสั้นมาก เพราะตามโครงสร้างของมอสเฟตกำลังจะไม่มีการ สะสมประจุเกิดขึ้นอย่างไรก็ตามมอสเฟตกำลังจะมีค่าความต้านทาน ขณะนำกระแสค่อนข้างสูง การ สูญเสียกำลังขณะนำกระแสจึงสูงกว่าไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ถึงแม้ว่าช่วงเวลาเริ่มนำกระแส และหยุดนำกระแสของมอสเฟตกำลังจะค่อนข้างสั้นแต่โดยทั่วไปมอสเฟตกำลังมักใช้งานที่ความถี่สูง การคิดค่ากำลังงานสูญเสียขณะทำงานจำเป็นต้องนำค่ากำลังงานสูญเสียขณะเปลี่ยนสถานะมาคิดด้วย และเนื่องจากช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแสกับช่วงเวลาเริ่มนำกระแส ของมอสเฟตกำลังมีค่าใกล้เคียงกัน จึงต้องนำมาคิดทั้งสองช่วงเวลา ดังนั้นกำลังงานสูญเสียของมอสเฟตกำลังขณะทำงาน P_D จะมีค่าเท่ากับ

$$P_D = P_{sw(on)} + P_{sw(off)} + P_c \quad (2.27)$$

$$P_{sw(on)} = \frac{0.5 I_{PK(on)} V_{in} t_r}{T} \quad (2.28)$$

$$P_{sw(off)} = \frac{0.5 I_{PK(off)} V_{in} t_f}{T} \quad (2.29)$$

$$P_c = I_{Drms}^2 \times R_{DS(on)} T_{(j)} \quad (2.30)$$

เมื่อ $P_{sw(on)}$	คือ กำลังงานสูญเสียขณะเริ่มนำกระแสของมอสเฟटकำลัง
$P_{sw(off)}$	คือกำลังงานสูญเสียขณะเริ่มหยุดนำกระแส
P_c	คือกำลังงานสูญเสียขณะนำกระแสของมอสเฟटकำลัง
$I_{PK(on)}$	คือ ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มนำกระแส
$I_{PK(off)}$	คือ ค่ากระแสสูงสุดขณะหยุดนำกระแส
I_{Drms}	คือค่ากระแส rms
R_{DS}	คือค่าความต้านทานระหว่างเดรนกับซอร์ส
$T_{(j)}$	คืออุณหภูมิรอยต่อสูงสุดขณะทำงานของมอสเฟटकำลัง
t_r	คือช่วงเวลาเริ่มนำกระแสของมอสเฟटकำลัง
t_f	คือช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแสของมอสเฟटकำลัง

2.4.5 ชนิดและการเลือกใช้ไดโอด

เนื่องจากคอนเวอร์เตอร์จะมีค่าความถี่ในการทำงานของวงจรตั้งแต่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ขึ้นไป ไดโอดที่ใช้ในคอนเวอร์เตอร์จึงจำเป็นต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- 1) มีแรงดันขณะนำกระแสต่ำ
- 2) มีช่วงเวลาในการคืนตัว (Reverse Recovery Time ; t_{rr}) ที่สั้น
- 3) ทนกำลังไฟฟ้าได้สูง

ด้วยเหตุนี้ซิลิคอนไดโอดที่ใช้ในวงจรเรียงกระแสทั่วไปจึงไม่สามารถนำมาใช้ กับวงจรคอนเวอร์เตอร์ได้ เนื่องจากมีช่วงเวลาดับตัวที่มาก กำลังสูญเสียในรูปความร้อนจะเกิดขึ้นสูงและมีประสิทธิภาพที่ต่ำโดยไดโอดที่ใช้ในวงจรคอนเวอร์เตอร์จะเลือกใช้ใน 3 ชนิดดังต่อไปนี้

1. ฟาสต์ – รีคฟเวอรี่ ไดโอด (Fast Recovery Diode)
2. อัลตราฟาสต์ – รีคฟเวอรี่ ไดโอด (Ultra Fast Recovery Diode)
3. ชอตต์กี้ ไดโอด (Schottky Diode)

ฟาสต์ - รีคฟเวอรี่ ไดโอดมีช่วงเวลาดับตัวประมาณ 200 – 750 นาโนวินาทีซึ่งสั้นกว่าซิลิคอนไดโอดมากมีอัตราทนแรงดันไบแอสย้อนกลับได้สูงถึง 1000 โวลต์ ส่วนอัลตราฟาสต์ - รีคฟเวอรี่ ไดโอด มีช่วงเวลาดับตัวประมาณ 25 – 100 นาโนวินาทีมีอัตราทนแรงดันไบแอสย้อนกลับได้สูงถึง 1000 โวลต์ แรงดันตกคร่อมขณะที้นำกระแสของไดโอดทั้งสองชนิดมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันคือ ประมาณ 0.6 ถึง 1.5 โวลต์

2.4.6 การเลือกตัวเก็บประจุในวงจรกำลังของการขนานวงจรบักคอนเวอร์เตอร์

ในวงจรกำลังของวงจรทอนแรงดันดีซีบูตัสติคอนเวอร์เตอร์แบบขนาน ตัวเก็บประจุกำลังมีหน้าที่เก็บพลังงานในรูปของประจุไฟฟ้า และทำการจ่ายแรงดันด้านออกหรือคายประจุไฟฟ้าเมื่อมอเตอร์อยู่ในช่วงเวลา นำกระแสและเก็บประจุเมื่ออยู่ในช่วงเวลา ไม่นำกระแสจะต้องเลือกตัวเก็บประจุที่สามารถทนแรงดันได้เท่ากับแรงดันทางด้านออกหากเลือกตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะช่วยให้ส่วนของการลดแรงดันกระเพื่อมทางด้านออกลดลง

ตัวเก็บประจุในวงจรกำลังหากพิจารณาในโหมดกระแสต่อเนื่องของ วงจรทอนแรงดันดีซีบูตัสติคอนเวอร์เตอร์ ค่าของตัวเก็บประจุพิจารณาได้จากสมการที่ (2.31) แรงดันกระเพื่อมทางด้านเอาต์พุต และ กระแสด้านเอาต์พุต ที่ใช้งานแล้ววัฏจักรหน้าที่สูงสุดที่ใช้งาน ความถี่ในก ารสับสวิตซ์ของคอนเวอร์เตอร์ดังสมการจะใช้คำนวณหาตัวเก็บประจุที่จะใช้งาน

$$C = \frac{I_{O(max)} D_{(max)}}{f \Delta V_o} \quad (2.31)$$

ค่าความต้านทานสมมูลอนุกรมของตัวเก็บประจุ (Equivalent Series Resistance ; ESR) หาได้จาก

$$ESR = \frac{\Delta V_o}{\left[\frac{I_{O(max)}}{1 - D_{(max)}} + \frac{\Delta I_L}{2} \right]} \quad (2.32)$$

2.5 แอลซีดี (Liquid Crystal Display : LCD)

แอลซีดีเป็นอุปกรณ์ แสดงผลแบบหนึ่งทีนิยมนำใช้กันมาก แอลซีดีสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการแสดงผลได้ 3 แบบคือ แอลซีดีแบบอักขระ (Character), แบบกราฟฟิก (Graphic) และแบบเซกเมนต์ (Segment)

2.5.1 แอลซีดีแบบอักขระ

เป็นแอลซีดีที่แสดงตัวอักษร ตัวเลข และเครื่องหมายต่าง ๆ ได้โดยสร้างจากจุดเล็ก ๆ ทางแนวตั้งและทางแนวนอน หรือเรียกว่า คอตเมตริกซ์ (Dot Matrix) โดยทั่วไปมี 2 ขนาด คือ 5 x 7 จุด และ 5 x 10 จุด (ตัวเลขตัวแรกเป็นจำนวนจุดทางแนวนอน ส่วนตัวเลขตัวหลังเป็นจุดทางแนวตั้ง) นอกจากนั้นแอลซีดีแบบนี้สามารถแสดงข้อความได้ 1 บรรทัด หรือมากกว่าก็ได้ขึ้นอยู่กับรุ่นของแอลซีดีนั้น ๆ

2.5.2 แอลซีดีแบบกราฟฟิก

มีลักษณะโครงสร้างคล้าย กับแอลซีดีแบบอักขระ สามารถแสดงข้อมูลได้ทั้งตัวอักษร ตัวเลข เครื่องหมาย และรูป รูปได้ ความละเอียดของ รูปก็ขึ้นอยู่กับความละเอียดของคอตเมตริกซ์ของแอลซีดีตัวนั้น ๆ ขนาดของแอลซีดีแบบนี้มีหลายขนาดให้เลือกใช้ ในปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นสี

2.5.3 แอลซีดีแบบเซกเมนต์

เป็นแอลซีดีแบบเล็กที่สุด มีลักษณะการแสดงผลเป็นเซกเมนต์ คล้ายกับไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน โดยปกติมักจะมีมากกว่า 1 หลัก

2.5.4 รายละเอียดที่เกี่ยวกับแอลซีดีมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนดังนี้

2.5.4.1 ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนแอลซีดี

2.5.4.2 ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของแอลซีดี เช่น การลบรูป แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ (Cursor) เป็นต้น ตัวควบคุมนี้อาจใช้ชิพ (Chip) ควบคุมโดยเฉพาะ ชิพที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุมแอลซีดีแบบอักขระ ส่วน HD61830 ใช้ควบคุมแอลซีดีแบบกราฟฟิก

2.5.4.3 ตัวขับ (Driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ แสดงผลหรือแสดง ข้อมูลตามที่กำหนดชีพที่ทำหน้าที่เป็นตัวขับตัวนี้ ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

2.5.5 โครงสร้างภายในตัวควบคุมแอลซีดี ในการใช้งานแอลซีดีจำเป็นต้องทำความเข้าใจ เกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้เสียก่อน ในที่นี้ขอยกตัวอย่างแอลซีดีแบบอักษร เพราะสามารถเข้าใจได้ง่าย บล็อกไดอะแกรมภายในข้อชีพควบคุมแอลซีดีเบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ใน แอลซีดีแบบอักษร ประกอบด้วย

2.5.5.1 ที่พักข้อมูล (Buffer) อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับ อุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะส่งถ่ายข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

2.5.5.2 รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจาก อุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

2.5.5.3 รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register : DR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ ภายนอก เพื่อต่อไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษร เพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร (Character Generator RAM : CGRAM)

2.5.5.4 RAM เก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data RAM : DDRAM) เป็นหน่วยความจำ RAM ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จากรีจิสเตอร์ข้อมูล ตัวควบคุมจะนำข้อมูลในแรมข้อมูลนี้ ไปเปิดตาราง (Look Up – Label) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ ROM และ RAM เก็บตัวอักษร เพื่อนำไปใช้ แสดงที่ตัวแสดงผล

2.5.5.5 ROM เก็บตัวอักษร (Character Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำ ROM ที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออก ไปแสดงผลที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7,200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลในแรมเก็บข้อมูลแสดงผล

2.5.5.6 RAM เก็บตัวอักษร (Character Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำ RAM ที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นมาใหม่ในกรณีที่อักษรใน RAM เก็บตัวอักษรไม่ เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้น ทำได้เช่นเดียว กับ ROM เก็บตัวอักษร คือ เขียนข้อมูลลงใน RAM เก็บข้อมูลแสดงผล แล้วตัวควบคุมจะอ่านค่าจาก RAM เก็บตัวอักษรเอง

2.5.6.1 การจัดขาของแอลซีดีแบบอักษร ขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด ดังแสดงในรูปที่ 2.13 เป็นดังต่อไปนี้

- V_{SS} (ขา 1) ต่อกราวด์
- V_{DD} (ขา 2) ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์
- V_O (ขา 3) เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล
- RS(ขา 4) เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งของรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น “1” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล
- R/W(ขา 5) เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับแอลซีดี ถ้าเป็น “0” เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูล
- E (ขา 6) เป็นขาอินพุตเปิดให้แอลซีดีทำงาน
- D0 – D7 (ขา 7 – 14) เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านข้อมูลระหว่างแอลซีดีกับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต
- LEDA(ขา 15) ขาขั้วบวก(A) ของแอลซีดี
- LEDK(ขา 16) ขาขั้วลบ(K) ของแอลซีดี

2.6 รีโมท (Remote)

รีโมท เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ใช้ทำหน้าที่สั่งงานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ จากระยะไกล อาจจะห่างจากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมเพียงเล็กน้อย เช่น ภายในระยะ 1-30 เมตร หรือรีโมทบางตัวสามารถสั่งงานได้ไกลเป็นระยะทางหลายกิโลเมตรก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ



รูปที่ 2.14 รีโมท

ตัวส่งรีโมทจะส่งงานได้ ต้องประกอบด้วย 2 สิ่ง คือ รหัส และตัวพาสัญญาณรหัสออกไป

2.6.1 รหัส (Code) จะเป็นสัญญาณแบบดิจิทัล ซึ่งจะส่งออกไปได้ต้องมีตัวพาออกไป หากจะอธิบายให้เข้าใจง่ายๆ ให้นึกถึงการรับส่งวิทยุ ตัวรับจะหมายถึง รายการต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา เช่นเราเปิดวิทยุรับฟังรายการจากสถานีวิทยุกรมประชาสัมพันธ์ความถี่ 9.25 เมกะเฮิร์ตซ์ หากเราฟังคลื่นนี้ทั้งวัน ไม่หมุนความถี่อื่นเลย เราจะพบว่าแต่ละช่วงเวลา รายการวิทยุจะเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ตามรูปแบบที่สถานีต้องการนำเสนอ จะมีทั้งเพลง ข่าวสาร สารคดี

2.6.2 ตัวพาสัญญาณออกไป (Carrier) เป็นสื่อกลาง หรือตัวเชื่อมพารหัสออกไปสู่ตัวรับ เพื่อถอดรหัสและใช้รหัสที่ถอดได้ ไปควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ หรือ หากเป็นเครื่องรับวิทยุ ก็คือเสียงที่เราได้ยินออกมาจากลำโพงนั่นเอง ตัวพาสัญญาณในปัจจุบันมักจะพบอยู่ใน 3 ลักษณะ คือ

2.6.2.1 แบบใช้สายนำสัญญาณ วิธีนี้ใช้ส่งรหัสผ่านสายตัวนำ หรือสายนำสัญญาณโดยตรง

2.6.2.2 แบบใช้แสงเป็นตัวพาไป วิธีนี้ใช้การผสมรหัสเข้ากับแสง อาจจะเป็นแสงที่เราเรามองเห็น เช่น การสื่อสารผ่านใยแก้ว หรือแสงที่เราเรามองไม่เห็น คือแสงอินฟราเรด (Infrared) เช่น รีโมททีวี

2.6.2.3 แบบใช้คลื่นวิทยุเป็นตัวพาไป วิธีนี้ใช้การผสมรหัสเข้ากับความถี่วิทยุ เช่น สถานีส่งวิทยุ ทั้งแบบเอเอ็ม (AM) และเอฟเอ็ม (FM) การส่งโทรทัศน์รีโมทควบคุมการเปิดปิดประตูไฟฟ้าทั้งบ้านและรถยนต์รีโมทที่ควบคุมของเล่นที่ใช้คลื่นวิทยุเป็นต้น

เฉพาะการส่งด้วยคลื่นวิทยุเมื่อเราจากรับสัญญาณ เราจะต้องปรับเครื่องรับของเราให้มีความถี่ตรงกับความถี่ที่เครื่องส่ง ส่งออกมาด้วย เช่นหากเราต้องการรับฟังวิทยุจากกรมประชาสัมพันธ์ เราต้องปรับความถี่เครื่องรับวิทยุของเราไปที่ 92.5 เมกะเฮิร์ตซ์ จึงจะรับฟังได้ หาก เราปรับความถี่ไปที่ 102 เมกะเฮิร์ตซ์ จะกลายเป็นรับฟังรายการของสถานีอื่นไป ไม่ใช่กรมประชาสัมพันธ์

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC มีชื่อเต็มว่า Peripheral Interface Controller ออกแบบและพัฒนาโดยบริษัท Microchip ที่ต้องการออกแบบให้ระบบประมวลผลและอุปกรณ์เชื่อมต่อที่จำเป็นรวมอยู่ในชิปตัวเดียวกัน ทั้งหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ A/D Counter ฯลฯ ทำให้การใช้งานสะดวก ไม่ต้องการอุปกรณ์ต่อรวมมากนัก ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ให้เราเลือกใช้

มากมายหลายแบบ ตั้งแต่ตัวเล็กขนาด 6 ขา ไปจนถึง 80 ขา ดังแสดงใน รูปที่ 2.15แต่โดยรวมแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพื้นฐานการพัฒนาลักษณะ

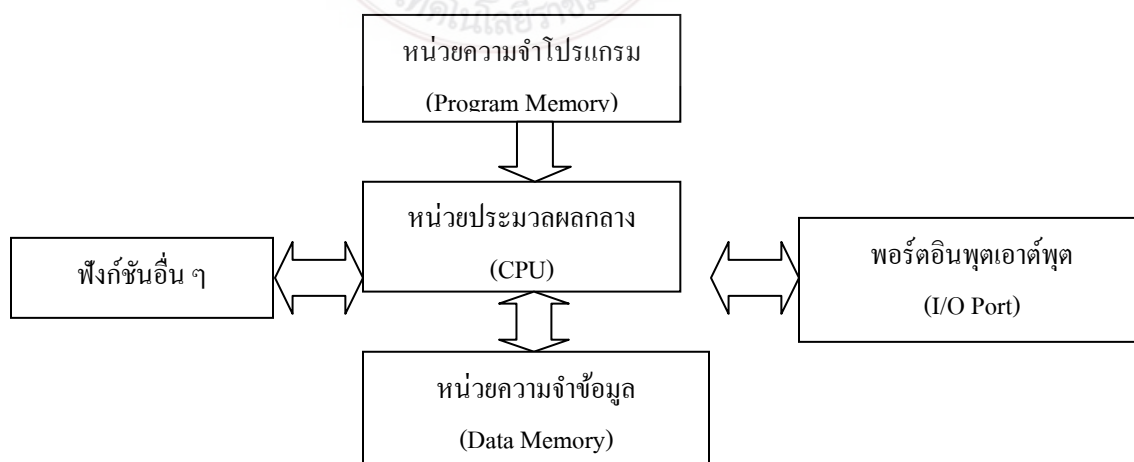


รูปที่ 2.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.7.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC มีดังต่อไปนี้

- 2.7.1.1 มีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตแบบดิจิทัล
- 2.7.1.2 รีเซตทุกครั้งที่เปิดใช้งาน
- 2.7.1.3 สามารถการเชื่อมต่อจากสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
- 2.7.1.4 หน่วยความจำข้อมูลแบบ RAM
- 2.7.1.5 หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ EPROM หรือ EEPROM (Flash)
- 2.7.1.6 ขาอินพุตแบบแอนะล็อก
- 2.7.1.7 วงจรตั้งเวลามากกว่า 1 ตัว
- 2.7.1.8 การอินเตอร์รัพท์ภายในและภายนอก
- 2.7.1.9 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว

2.7.2 โครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.16 โครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทุกเบอร์จะมีโครงสร้างหลักเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.16 เบอร์ที่สมรรถนะสูงอาจมีฟังก์ชันพิเศษเพิ่มเข้ามา แต่ในส่วนในโครงสร้างจะมีหน้าที่ต่างกันดังนี้

2.7.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง หรือ CPU เป็นตัวกระทำเสมือนสมองของ MCU ทำหน้าที่ประมวลคำสั่งและกระทำทางคณิตศาสตร์

2.7.2.2 หน่วยความจำโปรแกรม เป็นที่เก็บโปรแกรมที่ได้จากการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีหรือภาษาอื่น ๆ ในอดีตหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ EPROM ที่สามารถลบโปรแกรมโดยใช้แสง UV แต่ในปัจจุบันใช้หน่วยความจำแบบ Flash ที่สามารถลบได้ง่ายและเขียนซ้ำลงไปใหม่โดยใช้ตัวโหลดโปรแกรม อีกทั้งยังสามารถโหลดโปรแกรมลงไปโดยไม่ต้องถอด

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ออกจากวงจรได้อีกด้วย ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมนั้นมีตั้งแต่ 0.5k ไปจนถึงกว่า 32k ความกว้างขนาด 12, 14 หรือ 16บิตซึ่งขึ้นอยู่กับตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 14บิตinstruction word ก็จะมีหน่วยความจำขนาด 14บิตเป็นต้น เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมาเริ่มการทำงานที่ตำแหน่งแรกของหน่วยความจำโปรแกรม คือ ตำแหน่ง 0000 ซึ่งเป็นตำแหน่งของ Reset Vector ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีการรีเซ็ตทุกครั้ง ที่เริ่มจ่ายไฟให้มันเอง

2.7.2.3 หน่วยความจำข้อมูล เป็นที่เก็บข้อมูลในตัวแปร หน่วยความจำนี้เป็นแบบ RAM ซึ่งต้องจ่ายไฟให้จึงจะเริ่มเก็บข้อมูลได้ (Volatile) เมื่อไฟดับข้อมูลใน RAM จะหายไป หน่วยความจำนี้แบ่งออกเป็นหลาย Bank บาง Bank เป็นที่เก็บข้อมูลของรีจิสเตอร์ และเราสามารถเข้าถึงได้เพียงบาง Bank เท่านั้น

2.7.2.4 พอร์ตอินพุตเอาต์พุต เป็นช่องทางสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวอาจมีหลายพอร์ต โดยปกติแต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต และแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้โดยอิสระ เช่น PORTB มีขนาด 8 บิตคือ PORTB.0 – PORTB.7สามารถกำหนด PORTB.1 เป็นอินพุต PORTB.2 เป็นเอาต์พุต รวมทั้งขาอื่น ๆ ในพอร์ตเดียวกันแยกกันได้

2.7.2.5 ฟังก์ชันอื่น ๆ เช่น Timer, Interrupt เป็นต้น เป็นฟังก์ชันพิเศษที่เสริมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์จะมีไม่เหมือนกัน เช่น PIC16F84 มี Timer ตัวเดียว ส่วน PIC16F627 มี Timer 3 ตัว เป็นต้น

1. Timer โดยพื้นฐานแล้วก็คือ ตัว Counter ที่รับสัญญาณจากภายนอก หรือจากภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์เองก็ได้ นับจำนวนพัลส์ตามความกว้างพัลส์ที่ป้อน เช่น ใช้สัญญาณนาฬิกาที่มีความกว้างพัลส์ 5 ms ตั้งให้ Counter นับ 10 รอบของพัลส์ ก็จะได้ Timer $5 \text{ ms} \times 10 = 50 \text{ ms}$ มาใช้งาน สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มี Timer 2 ขนาด คือ 8 บิตกับ 16 บิต และอย่างน้อยจะมี Timer 1 ตัว บางเบอร์ เช่น 16F627A มี Timer 3 ตัว เป็นต้น

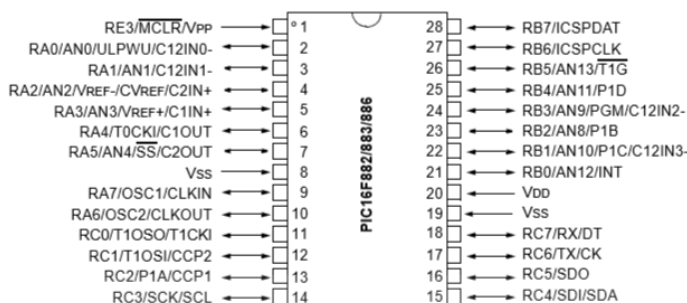
2. Watchdog Timer หรือ WDT ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่จะมี WDT อย่างน้อย 1 ตัว คอยทำหน้าที่เช็การทำงานของโปรแกรมว่า มีปัญหาหรือไม่ WDT เป็น Timer ที่จะนับไปเรื่อย ๆ ขณะที่โปรแกรมทำงานอยู่ เราต้องใช้คำสั่งรีเซ็ต WDT อยู่เรื่อย ๆ เพื่อแจ้งว่าโปรแกรมยังทำงาน เป็นปกติอยู่ ถ้าโปรแกรมมีปัญหา เช่น ทำงานค้างอยู่ในลูปหนึ่งจนออกมาไม่ได้ WDT จะนับไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดหนึ่งจะรีเซ็ตโปรแกรมให้เริ่มทำงานใหม่

3. A/D เป็นฟังก์ชันพิเศษที่ใช้แปลงค่าสัญญาณแอนะล็อก เช่น แรงดันไฟฟ้าจากขาอินพุตให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อนำเข้าไปประมวลผลภายใน PIC ได้ A/D จะมีขนาด 8 บิตที่แยกแยะความแตกต่างของสัญญาณแอนะล็อกทางอินพุตได้ 256 ระดับ และแบบ 10 บิต ที่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสัญญาณทางด้านอินพุตได้ถึง 1024 ระดับ PIC ที่มีฟังก์ชัน A/D มาพร้อมใช้งาน เช่น PIC16F877A

4. Interrupt เป็นฟังก์ชันเสริมของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะคอยรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ หรือ การขัดจังหวะการทำงานจากภายในหรือภายนอก เสมือนว่ามีงานด่วนหรือปัญหาเร่งรีบที่ต้องไปทำ ก่อน เสร็จแล้วจึงจะกลับมาทำงานที่ค้างไว้ต่อไป สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ปกติทำงานตามบรรทัดคำสั่งเรียงไปเรื่อย ๆ เมื่อได้รับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จะพักงานที่ทำอยู่ไว้ชั่วคราว แล้วกระโดดไปทำงานในโปรแกรมน้อยๆ ที่เรียกว่า Interrupt Service Routine หรือ ISR เสร็จแล้วจึงกลับมาทำงานในโปรแกรมหลักที่ค้างไว้ต่อไป

5. EEPROM เป็นหน่วยความจำพิเศษของไมโครคอนโทรลเลอร์บางตัว เพื่อข้อมูลในตัวแปรต่าง ๆ ที่สำคัญ เมื่อหยุดจ่ายไฟให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว หน่วยความจำยังเก็บข้อมูลไว้ได้ (Non-Volatile) โดยปกติข้อมูลในตัวแปรต่าง ๆ จะเก็บไว้ใน RAM ซึ่งไม่สามารถรักษาข้อมูลไว้ได้เมื่อปลดแหล่งจ่ายไฟออก จึงเพิ่ม EEPROM เข้ามา แต่ขนาดของ EEPROM จะไม่ใหญ่มากนัก เช่น PIC16F627A มี EEPROM ขนาด 128 ไบต์หรือ PIC16F877A มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์

2.7.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F877



รูปที่ 2.17 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877บรรจุอยู่ในตัวถัง 2 แบบคือ PDIP (Plastic Dual – In Line Package) ซึ่งมีลักษณะเดียวกับไอซีแบบดินตะขาบที่พบเห็นโดยทั่วไป ดังแสดงใน รูปที่ 2.17 และแบบ PLCC เป็นตัวถังแบบที่ใช้ติดตั้งผิวหน้าของแผ่นวงจรพิมพ์ PIC16F458 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 40 ขา ซึ่งสามารถจัดขาต่อการใช้งานได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

2.7.3.1 กลุ่มสัญญาณนาฬิกามี 2 ขา OSC1/CLKI และ OSC2/CLKO

2.7.3.2 กลุ่มขาควบคุมมี 1 ขา MCLR

2.7.3.3 กลุ่มขาอินพุตเอาต์พุตมี 33 ขา

1) PORTA 6ขา ได้แก่ RA0 – RA5

2) PORTB 8ขา ได้แก่ RB0 – RB7

3) PORTC 8ขา ได้แก่ RC0 – RC7

4) PORTD 8ขา ได้แก่ RD0 – RD7

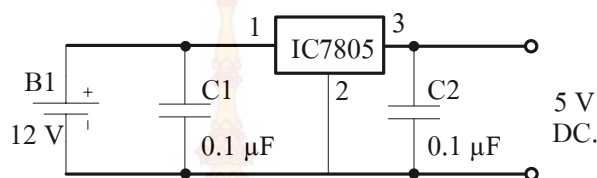
5) PORTE 3ขา ได้แก่ RE0 – RE3

2.7.3.4 กลุ่มขาแหล่งจ่าย (Supply) มี 4ขา คือ V_{SS} (ขา 12 และ 31) หรือขาต่อกราวด์ (Ground) และขา V_{DD} (ขา 11 และ 32) หรือขาต่อไฟเลี้ยง ปกติใช้ +5 โวลต์

2.7.4 วงจรพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วย วงจรแหล่งจ่ายไฟ , วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) และวงจรรีเซต

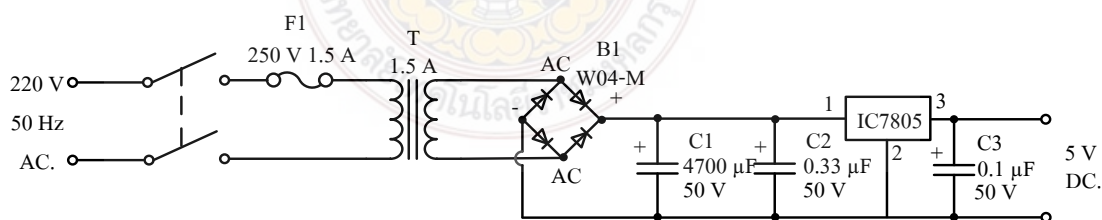
2.7.4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ โดยส่วนใหญ่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้กับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ หรืออยู่ในย่าน 4.2 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์ โดยต่อสัปดาห์เข้า ที่ขา V_{DD} และไฟลบเข้าที่ขา V_{SS} วงจรแหล่งจ่ายไฟทำได้ดังนี้

แหล่งจ่ายไฟแบบพกพาใช้แบตเตอรี่ 9 โวลต์ ข้อดีของการใช้แบตเตอรี่คือ สามารถพกพาหรือเคลื่อนย้ายง่าย ข้อเสียคือ เนื่องจากใช้งานไปนาน ๆ แล้วแบตเตอรี่จะเสื่อมและต้องเปลี่ยนใหม่ ซึ่งสามารถต่อวงจรจ่ายไฟได้ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ จากแบตเตอรี่ 9 โวลต์

แหล่งจ่ายไฟแบบวงจรเรียงกระแส แหล่งจ่ายไฟแบบนี้ใช้ในกรณีที่ใช้งานวงจรอยู่กับที่ สามารถต่อเข้าไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ได้ ซึ่งวงจรเรียงกระแสได้แสดงอยู่ในรูปที่ 2.19

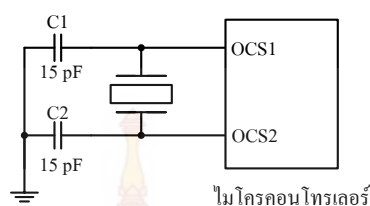


รูปที่ 2.19 วงจรแหล่งจ่ายไฟแบบใช้วงจรเรียงกระแส

2.7.4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไมโครคอนโทรลเลอร์มีความจำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาในการทำงาน รูปแบบของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่นิยมใช้งานมี 4 แบบ ได้แก่

วงจรแบบใช้คริสตอล, วงจรแบบใช้เรโซเนเตอร์, วงจรแบบใช้ RC และแบบใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

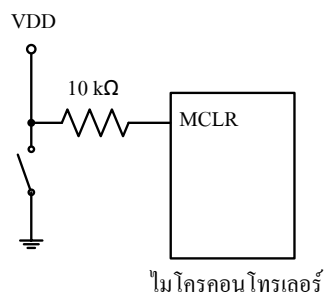
วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบใช้คริสตอล เป็นวงจรที่นิยมใช้งานมากที่สุด โดยต่อคริสตอลระหว่างขา OSC1 และ ขา OSC2 ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การต่อวงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์

ทั้งนี้ความถี่ของคริสตอลที่ใช้ต้องไม่เกินความเร็วสูงสุดที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นรับได้ การใช้ตัวเก็บประจุจะต้องใช้ให้สอดคล้องกับความถี่ของคริสตอล

2.7.4.3 วงจรรีเซ็ต เป็นการสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์กลับไปเริ่มทำงานที่ตำแหน่ง 0000 ในหน่วยความจำโปรแกรม โดยปกติเมื่อแหล่งจ่ายไฟให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน จะเริ่มเข้าไปที่ตำแหน่ง 0000 นี้เพื่อรีเซ็ตตัวเองก่อนอยู่แล้ว ถ้าต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้ จำเป็นต้องต่อขา MCLR ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นขารีเซ็ต V_{DD} ผ่านตัวต้านทานประมาณ $10\text{ k}\Omega$ ดังแสดงในรูปที่ 2.21 ถ้าไม่ต่อขานี้ ปล่อยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่ทำงานตามโปรแกรมที่เราเขียนไว้ หรือถ้าต้องการสั่งรีเซ็ตให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มทำงานใหม่ ก็สามารถทำได้โดยต่อสวิตช์เพิ่มเข้า เพราะขา MCLR จะสั่งรีเซ็ตเมื่อถูกต่อลงลอจิก 0



รูปที่ 2.21 การต่อวงจรรีเซ็ต

2.8 ตัวส่งสัญญาณ

ตัวส่งสัญญาณ TWS-BS เป็น RF module (433.92 MHz) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณวิทยุโดยใช้การ Modulation แบบ ASK (Amplitude shift Keying) โดยทำงานอยู่ในช่วงความถี่ 433.92 MHz



รูปที่ 2.22 ตัวส่งสัญญาณ TWS-BS

2.9 ตัวรับสัญญาณ

ตัวรับสัญญาณ RWS-371F เป็น RF module (433.92 MHz) ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่สูงแล้วทำการ demodulation แบบ ASK (Amplitude shift Keying) โดยที่ความถี่ที่ใช้ในการ demodulation อยู่ที่ 433.92 MHz



รูปที่ 2.23 ตัวส่งสัญญาณ RWS-371F

บทที่ 3

ผลการดำเนินงาน

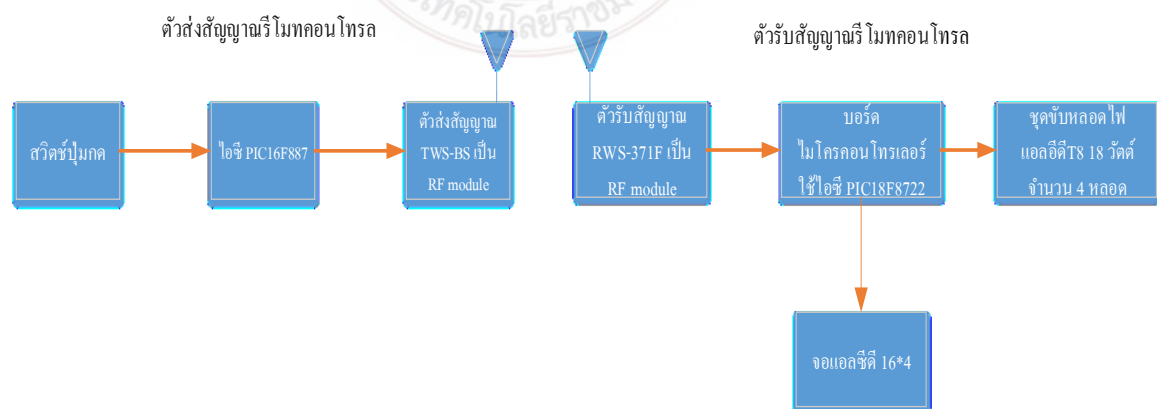
บทนี้กล่าวถึงรายละเอียดของการออกแบบและสร้างชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้ไมโครคอนโทรลจากทฤษฎีที่ได้ศึกษามาในบทที่ 2 จึงได้แนวความคิดในการออกแบบวงจรการทำงานของงาน วิจัย โดยแยกพิจารณาออกแบบวงจรในแต่ละส่วน รวมทั้งการเขียนโปรแกรมในส่วนต่างๆ

3.1 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงานของชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้ไมโครคอนโทรล มีดังต่อไปนี้

3.2 การออกแบบ

เนื่องจากชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้ไมโครคอนโทรลนั้น ได้มีการออกแบบวงจรต่างๆ ในชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 มีวงจรภาครับและส่งที่ใช้งานร่วมกับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-BASE PIC8722 โดยใช้ MCU เบอร์ PIC18F877-I/P 80ขา แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ขนาด 10 บิต 16 ช่องและวงจรจับเวลาแหล่งจ่ายแรงดันแบบเต็ม การทำงานของภาคขับเอาต์พุตจะเป็นแบบPWM ไปขับสัญญาณสวิทช์ที่มอสเฟต ซึ่งเอาต์พุตต่อไปยังหลอดที่ใช้งาน



รูปที่ 3.1 ระบบที่ออกแบบ

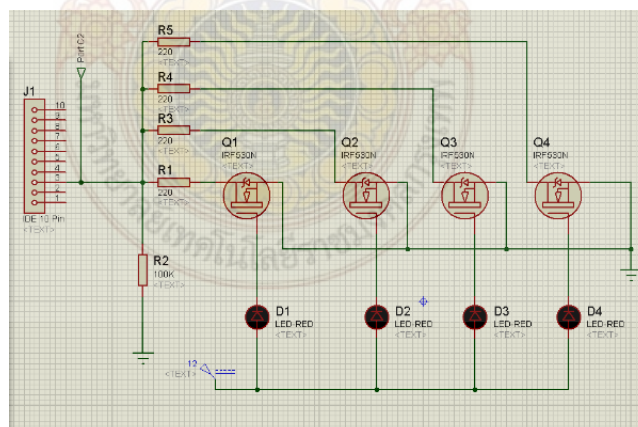
3.2.1 การออกแบบวงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแสทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ในโครงงานนี้ใช้แรงดัน 1Phase 220 V 50 Hz แปลงเป็นแรงดันกระแสตรงการออกแบบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

เนื่องจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์หากต้องการให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพรูปจำเป็นต้องมีวงจรเพาเวอร์ซัพพลายที่ดีสามารถจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงให้กับวงจรได้อย่างเสถียร รูปวงจรจะรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้ามาผ่านวงจร วงจรเรกติไฟเออร์ เพื่อแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้ามาที่ไอซีเบอร์ 7805 ซึ่งคุณสมบัติของไอซีเบอร์นี้สามารถรับแรงดันได้ตั้งแต่ 5.5 ถึง 36 โวลต์ จากนั้นจะทำการปรับแรงดันให้เหลือ 5 โวลต์ เพื่อนำมาจ่ายให้กับวงจรควบคุม

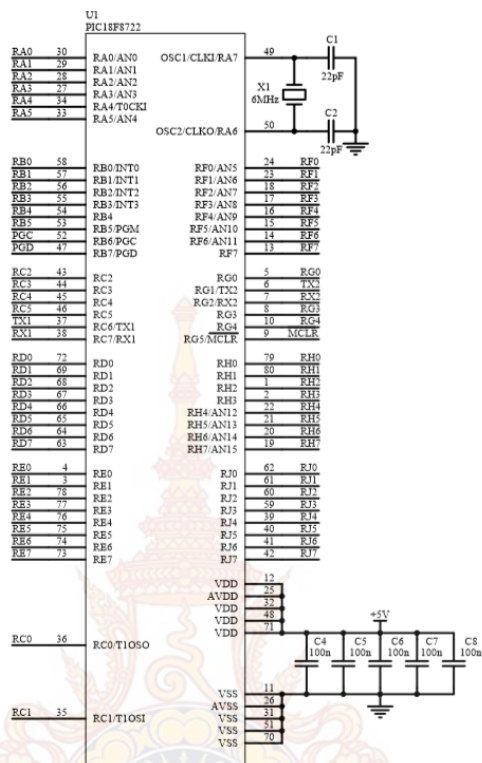
3.2.2 ออกแบบวงจรขับหลอดแอลอีดี T8

มอสเฟตต้องการแรงดันมาขับเคลื่อนเพื่อให้มันสามารถทำงานในสภาวะนำกระแส และหยุดนำกระแสได้ซึ่งวงจรขับนำเกตที่แสดงดังรูปที่ 3.2 เป็นวงจรขับเคลื่อนโดยใช้ไอซีเบอร์ PIC18F8722 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์จากเพาเวอร์ซัพพลาย



รูปที่ 3.2 วงจรขับหลอดไฟแอลอีดี T8

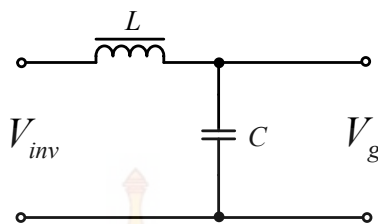
3.2.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะประกอบได้ด้วย วงจรย่อย ๆ



รูปที่ 3.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.6 วงจรกรองความถี่ต่ำ (LC Filter)

ไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้หลังจากผ่านวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับนั้น จะมีความถี่ที่สูงกว่า 50Hz ปนอยู่จึงต้องทำการกรองออกด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำ



รูปที่ 3.6 วงจรกรองความถี่ต่ำ

จากผลการจำลองการทำงานที่วัด จักรหน้าที่ 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีองค์ประกอบความถี่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 70 โวลต์ เพื่อลดทอนองค์ประกอบฮาร์มอนิกนี้ออกไปจึงเลือกความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรค่าประมาณ 20 เท่าของความถี่มูลฐานและต่ำกว่าความถี่การสวิตช์ 20 เท่าด้วยเช่นกันเพื่อให้อัตราขยายเกินของวงจรกรองที่ความถี่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ มีค่าต่ำกว่า -40 dB หรือ 0.01

$$\text{จาก } f_r = f \times 20 \quad (3.1)$$

$$f_r = 50\text{Hz} \times 20$$

$$f_r = 1\text{ kHz}$$

เมื่อได้ความถี่เรโซแนนซ์สามารถหาค่าแอลซีฟิลเตอร์ได้จากสมการที่ 3.1

$$\text{จาก } f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3.2)$$

$$LC = \frac{1}{(2\pi f_r)^2} \quad (3.3)$$

$$LC = \frac{1}{(2 \times 3.14 \times 1 \times 10^3)^2}$$

$$LC = 25.3 \times 10^{-9}$$

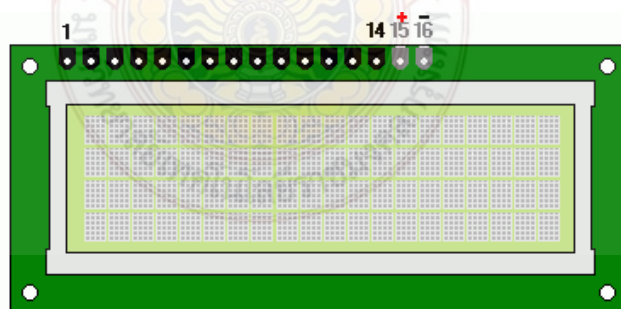
นำค่าที่ได้จากสมการที่ 3.2 มาหาค่าแอลซีฟิลเตอร์ด้วยการกำหนดค่าซีฟิลเตอร์

$$C = 20.47 \mu F$$

$$L = \frac{(25.3 \times 10^{-9})}{(5.47 \times 10^{-6})}$$

$$L = 1.23 mH$$

การต่อวงจรเข้ากับขาจอแอลซีดี โดยการกำหนดให้ ขา 1 กับ 16 เป็นกราวด์ ขา 2 กับขา 15 เป็น +5 โวลต์ ซึ่งขา 15 กับ 16 เป็นไฟให้ความสว่างของจอแอลซีดี ขา 4 เป็นขาที่ต่อตัวปรับค่าความสว่างของจอแอลซีดี ส่วนขาอื่น ๆ จะต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้กำหนดไว้ตามแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรการต่อแอลซีดี

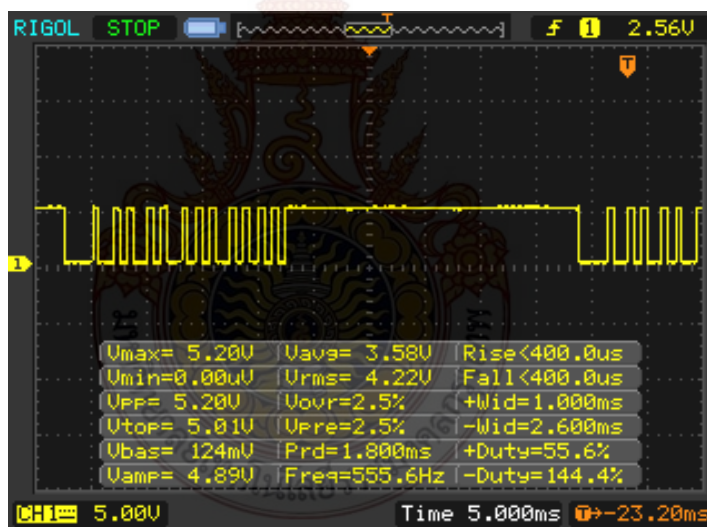
3.3 ขั้นตอนการสร้างชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรล

3.3.1 ศึกษาหลักการทำงานของ ตัวรับส่งสัญญาณและ ชุดไดร์หลอดไฟแอลอีดี T8 18W เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมแสงสว่างและเวลาเสร็จแล้วจึงนำมาเขียนโปรแกรมการทำงาน

3.3.2 ทำการเขียนโปรแกรมกำหนดค่าย่านการปรับความสว่าง เพื่อนำไปประ ยูคต์ใช้กับโปรแกรมจับสัญญาณรีโมท

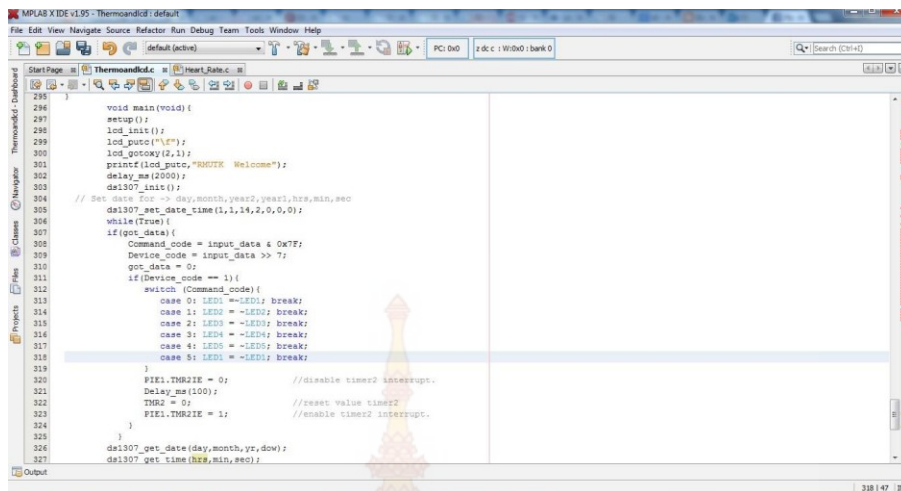
3.3.3 นำรีโมทไปเช็คสัญญาณกับออสซิลโลสโคปโดยผ่านตัวรับสัญญาณรีโมท จะได้รูปคลื่นตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.8

3.3.4 นำรูปคลื่นที่ได้จากออสซิลโลสโคปไปวัดหาระยะห่างรูปคลื่นพัลส์เพื่อนำมาเขียนโปรแกรมในการจับรูปคลื่นและแปลงออกมาเป็นค่าต่างๆ และนำค่าที่ได้ไปเก็บเป็นตัวเปรียบเทียบ เทียบในโปรแกรม



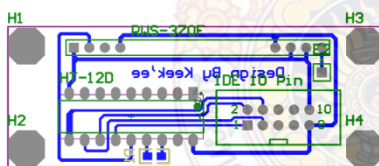
รูปที่ 3.8 รูปคลื่นที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป

3.3.5 การเขียนคำสั่งงานด้วยโปรแกรมภาษาซี

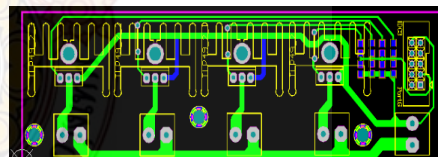


รูปที่ 3.9 การเขียนคำสั่งงานด้วยโปรแกรมภาษาซี

3.3.6 สร้างวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรไดร์เวอร์



ชุดรับสัญญาณรีโมท



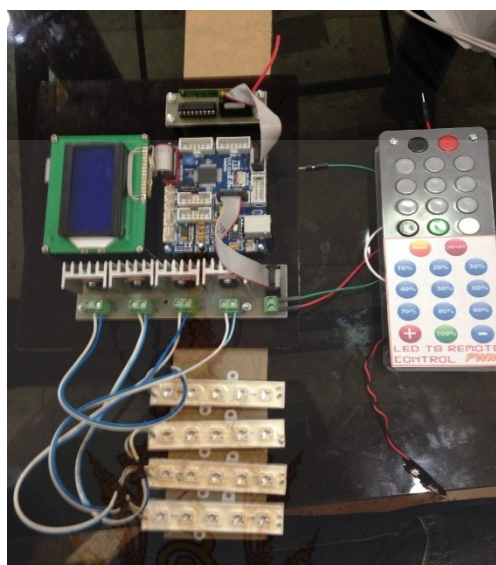
ชุดไดร์เวอร์

รูปที่ 3.10 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4 วิธีการทดสอบ

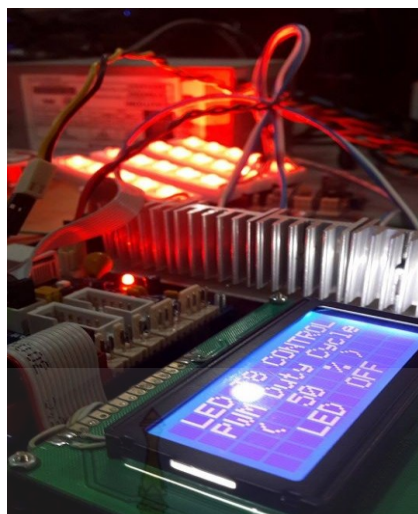
การควบคุมชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์ โดยใช้โมทคอนโทรล ในโครงงานนี้ สามารถอธิบายตามขอบเขตของโครงงานได้ดังต่อไปนี้

3.4.1 ทำการทดสอบการส่งงานตัวรีโมทส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณรีโมท ที่ใช้งาน โดยการตรวจเช็คค่าวัฏจักรที่กำหนดใช้งานในการโปรแกรมในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในการปรับความสว่างได้



รูปที่ 3.11 ทดสอบการส่งงานตัวรีโมทส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณรีโมท

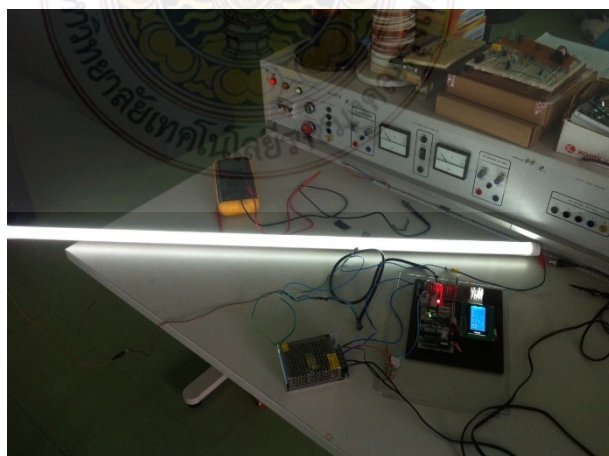
3.4.2 การทดสอบการส่งงานโดยการส่งสัญญาณโดยรีโมทคอนโทรลไปยังตัวรับสัญญาณของรีโมทคอนโทรลใช้งานกับวงจรขับหลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์ ในระยะที่เหมาะสมภายในห้องทดสอบ แล้วแสดงผลออกมาทางจอแอลซีดี ว่าในช่วงใดสามารถปรับความสว่างของหลอดไฟแอลอีดีได้บ้าง



รูปที่ 3.12 ทดสอบการส่งงานโดยการส่งสัญญาณโดยรีโมทคอนโทรลไปยังตัวรับสัญญาณของ รีโมทคอนโทรลใช้งานกับวงจรขับหลอดไฟแอลอีดี

3.4.3 การทดสอบวัดค่าประสิทธิภาพ รูปของเครื่องปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์ โดยใช้รีโมทคอนโทรลและค่ากำลังไฟฟ้า

3.4.4 นำเครื่องไปทดสอบใช้งานกับหลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์ ไฟกระแสดตรง 12 โวลต์



รูปที่ 3.13 การติดตั้งชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์โดยใช้รีโมทคอนโทรล

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานของ ชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์โดยใช้รีโมทคอนโทรล ซึ่งจะทดสอบการ สามารถอธิบายผลการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการดำเนินงาน

4.1.1 การทดสอบการทำงานของชุดปรับความสว่าง

การทดสอบการทำงานของชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดีT8โดยใช้รีโมทคอนโทรล ทำการทดลองโดยการนำ หลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์ กระแสตรง 12 โวลต์ต่อเข้ากับชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์โดยใช้รีโมทคอนโทรล จากนั้นทำการส่งสัญญาณจากตัวส่งสัญญาณรีโมทคอนโทรลไปยังตัวรับสัญญาณของรีโมทคอนโทรลแล้ว ไมโครคอนโทรเลอร์จะบันทึกค่าวัฏจักรจากแรงดันทางด้านอินพุตไปประมวลผลแล้วจะแปลงสัญญาณ จากตัวรับสัญญาณรีโมทคอนโทรลจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลไปยังชุดขับหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยความถี่ที่ 20MHz ซึ่งสามารถบันทึกค่าได้ดังต่อไปนี้

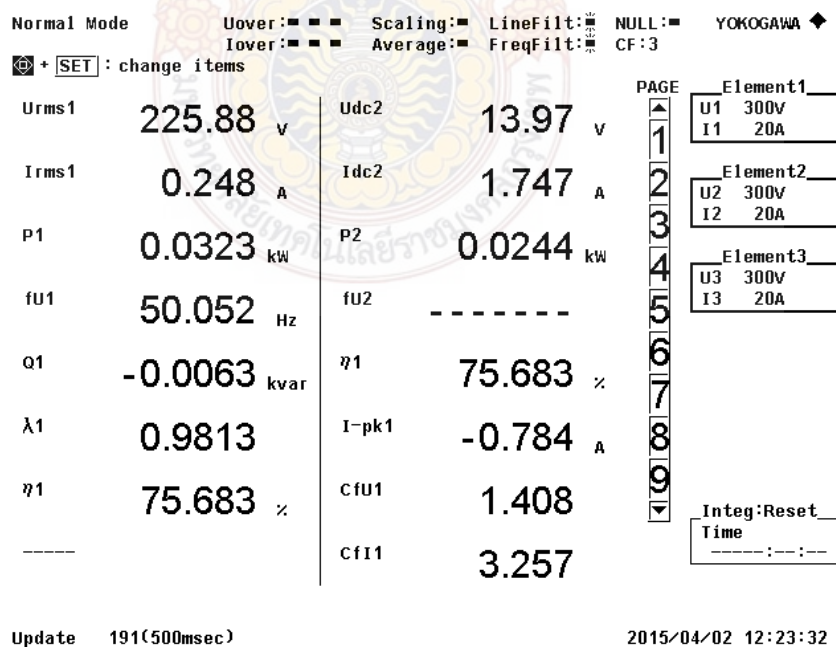
ตารางที่ 4.1 การทดสอบการทำงานของชุดปรับความสว่าง หลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์ โดยใช้รีโมทคอนโทรล

ค่าวัฏจักร (D %)	แรงดันเอาต์พุต (V)	กระแสเอาต์พุต (I)	กำลังไฟฟ้า (W)	สิทธิรูป (n%)
10 %	3.60	0.085	0.3	6.728
20 %	4.07	0.244	1	13.69
30%	5.08	0.413	2.1	21.25
40 %	6.30	0.572	3.6	28.68
50 %	7.44	0.734	5.5	35.89
60 %	8.56	0.892	7.6	42.65
70 %	9.68	1.05	10.2	49.54
80 %	10.73	1.23	13.3	56.14
90 %	11.85	1.39	16.6	63.02
100 %	13.97	1.74	24.4	75.68

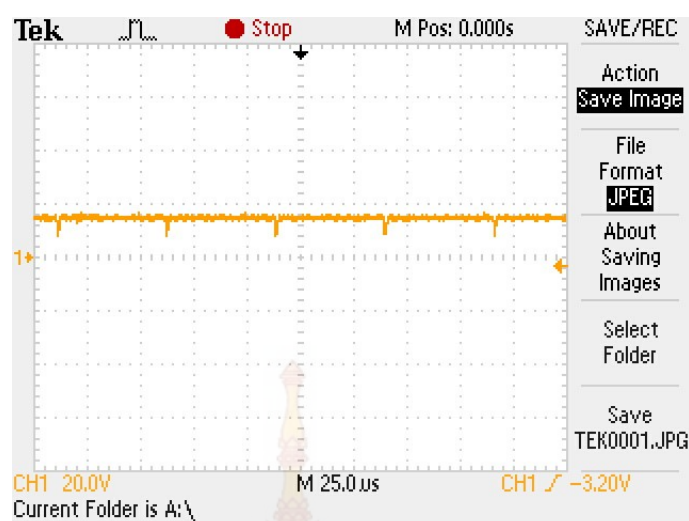
จากการทดลองเมื่อ จ่ายแรงดัน ทางด้านอินพุต จากไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ 50ผ่านตัวแปลง
ผันแรงดันไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรง 12 โวลต์ แล้วจ่ายให้กับชุดขับหลอด จะเห็นว่าแรงดัน
ทางด้านเอาต์พุตที่อ่านค่าได้คือ 13.97 โวลต์กระแสตรง ค่าวัฏจักรอยู่ที่ 100 % หลอดไฟแอลอีดีจะอยู่ใน
สภาวะใช้งานเต็มที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าที่รับได้แล้วไปแสดงผลที่จอแอลซีดี เมื่อทำการปรับ
ค่าวัฏจักร 10% - 100% แรงดันและกระแสที่ด้านเอาต์พุตจะลดลงตามที่ค่าวัฏจักรที่เราทำการ ปรับเลือก
การทดสอบ



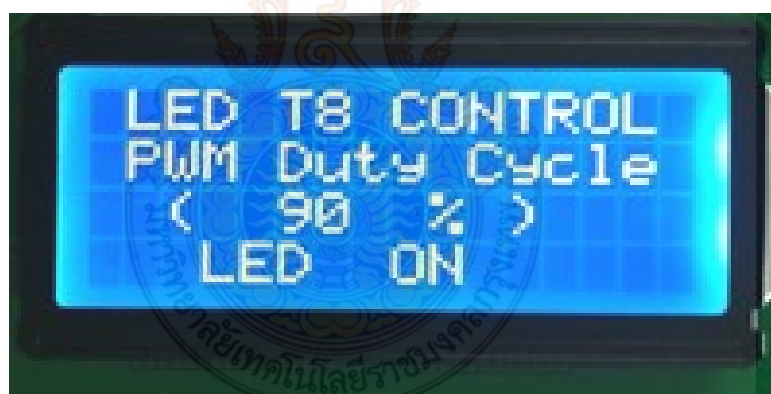
รูปที่ 4.1 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 100%



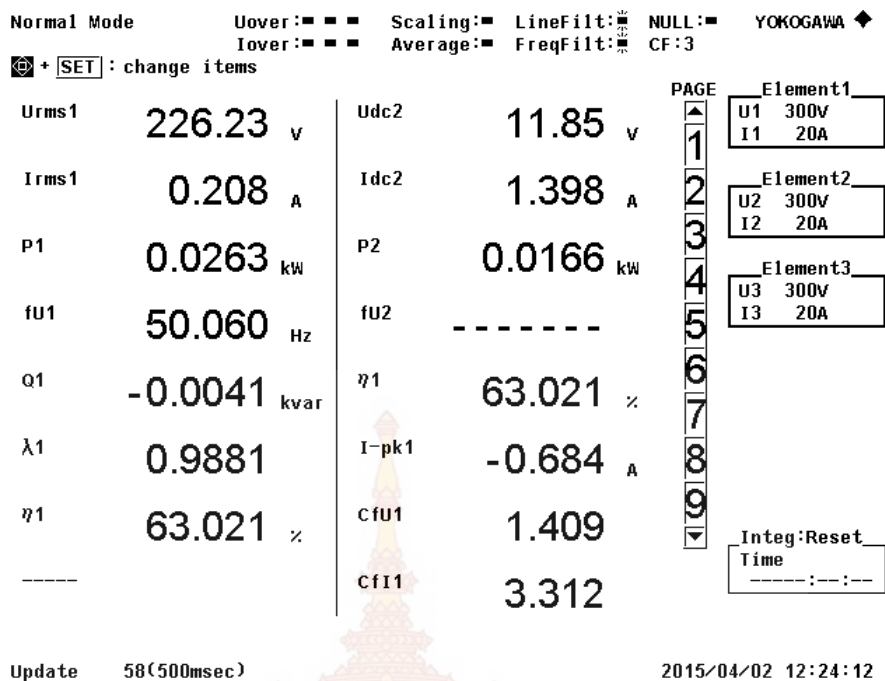
รูปที่ 4.2 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักร 100



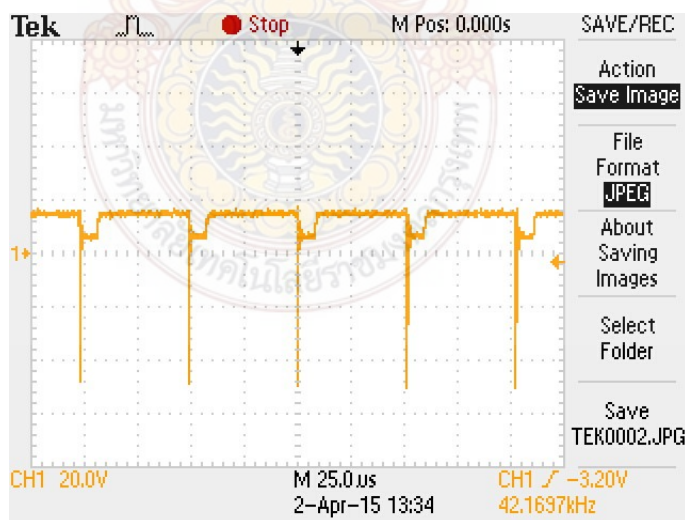
รูปที่ 4.3 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุตค่าวัฏจักร 100%



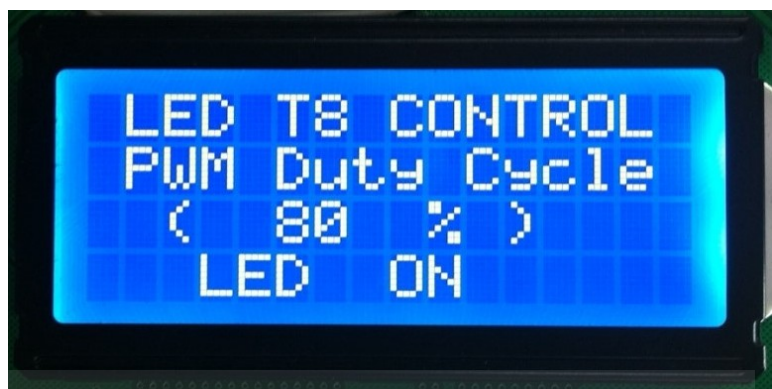
รูปที่ 4.4 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 90%



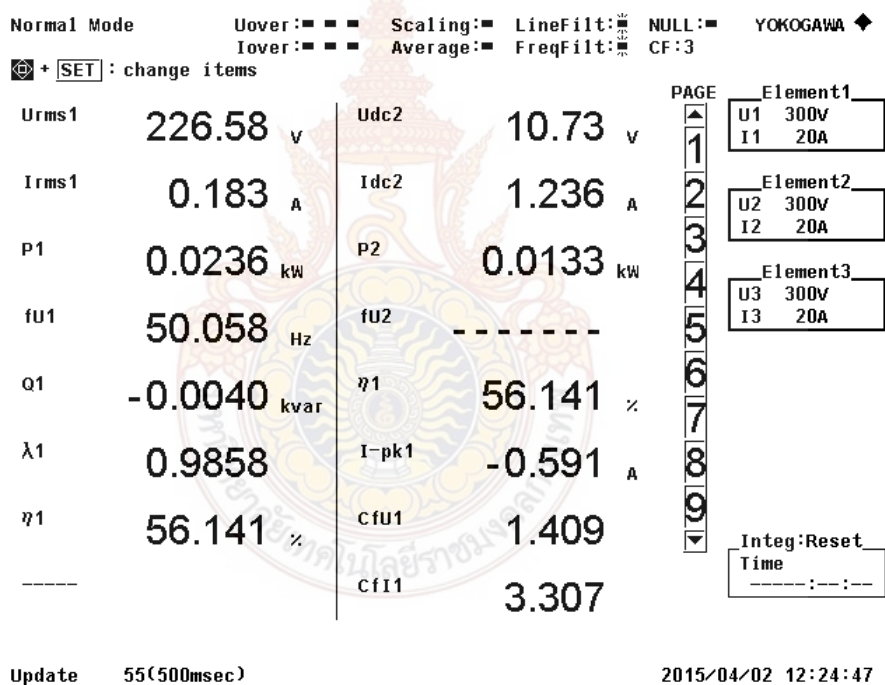
รูปที่ 4.5 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักร 90%



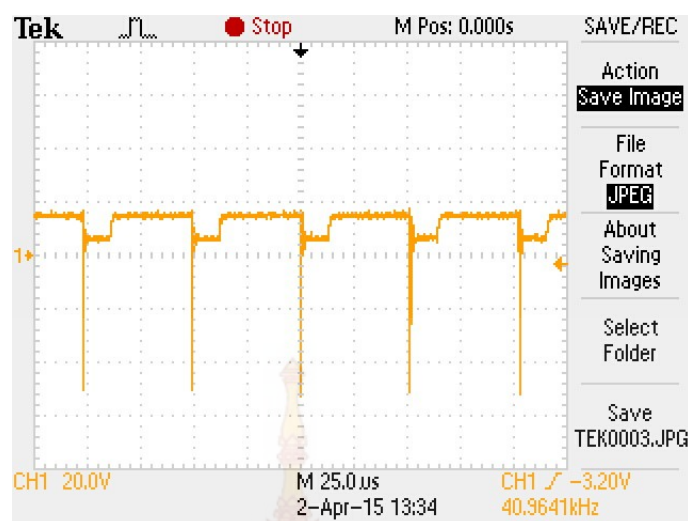
รูปที่ 4.6 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุต ค่าวัฏจักร 90%



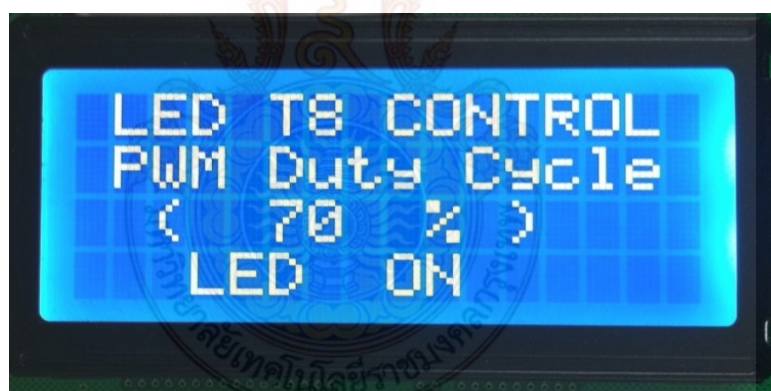
รูปที่ 4.7 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 80%



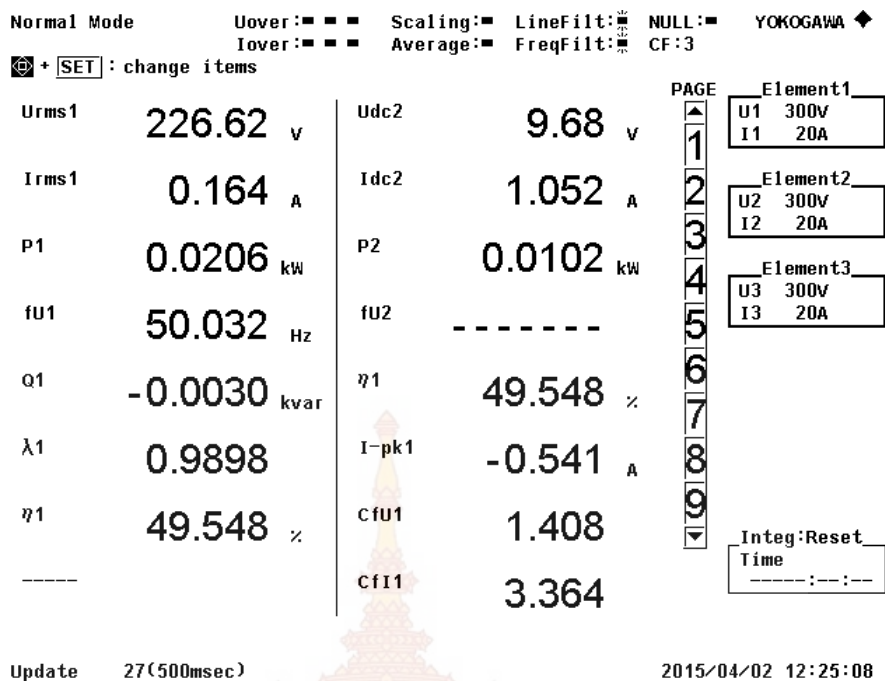
รูปที่ 4.8 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักร 80%



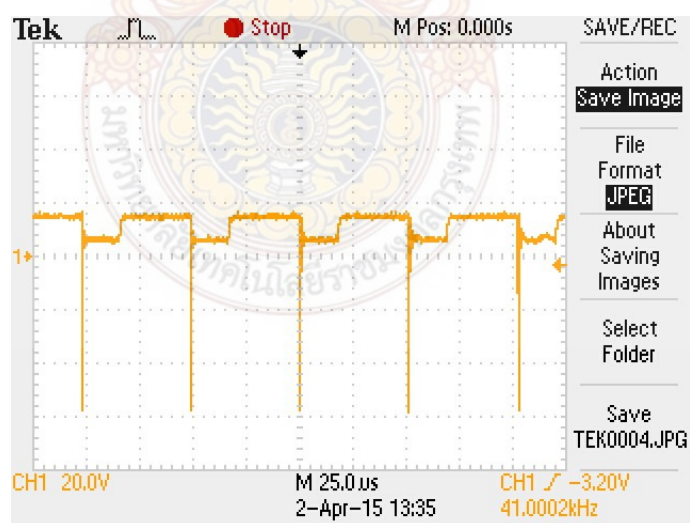
รูปที่ 4.9 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุต ค่าวัฏจักร 80%



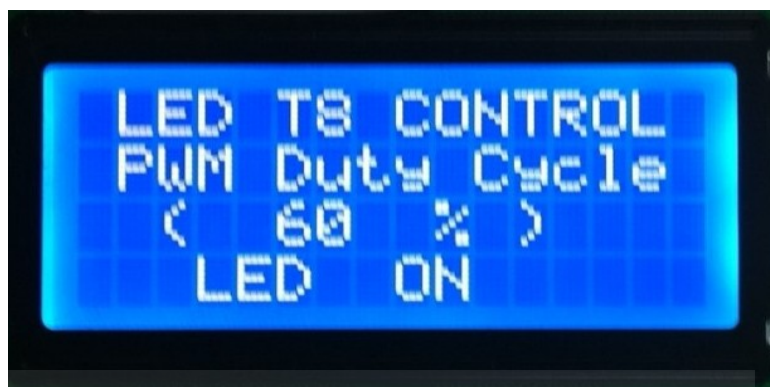
รูปที่ 4.10 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 70%



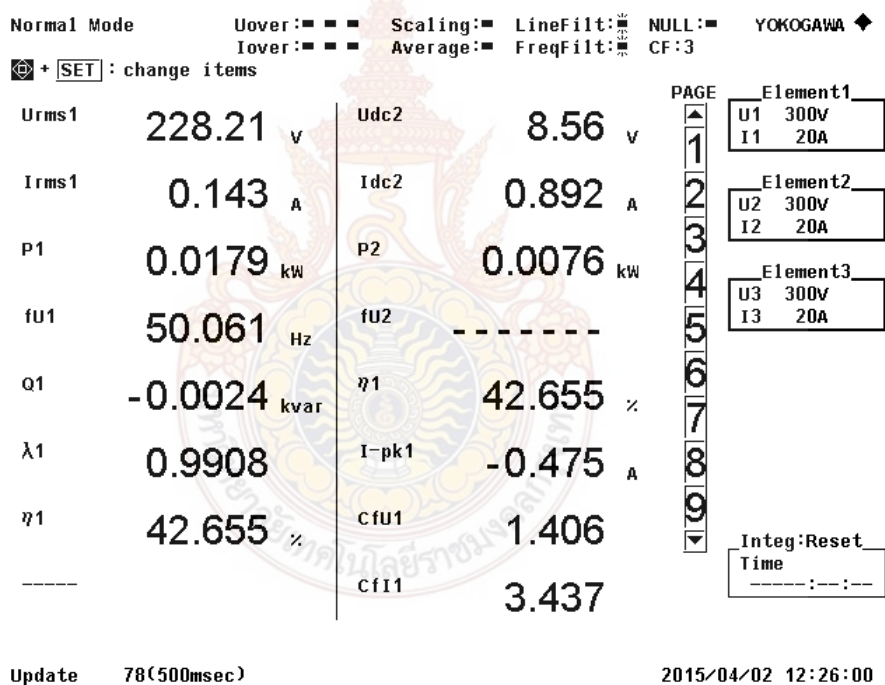
รูปที่ 4.11 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักรอยู่ที่ 70%



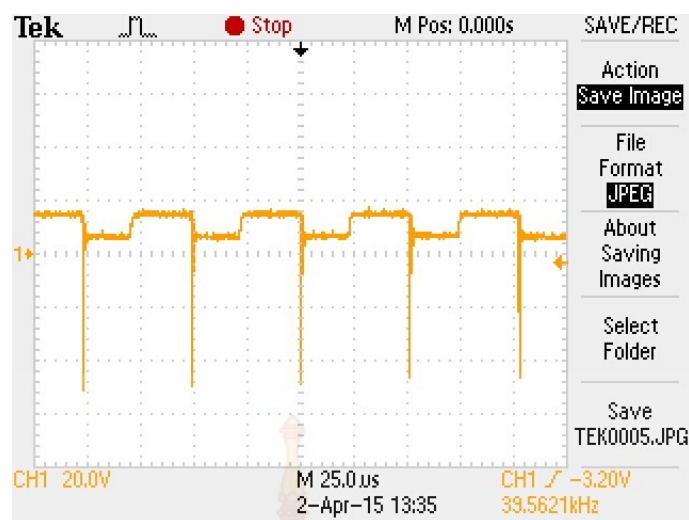
รูปที่ 4.12 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุต ค่าวัฏจักร 70%



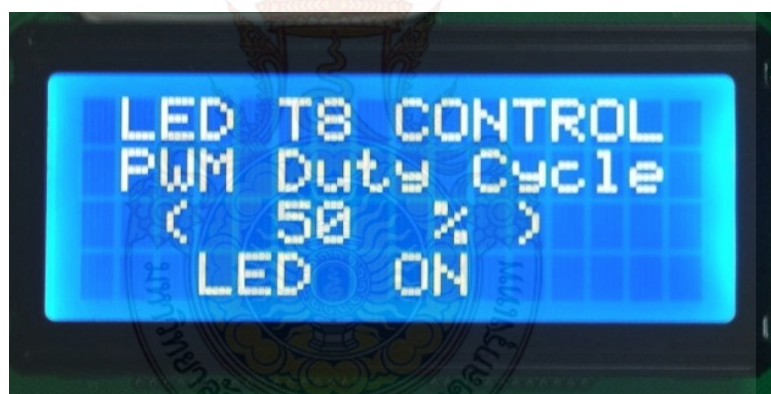
รูปที่ 4.13 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 60%



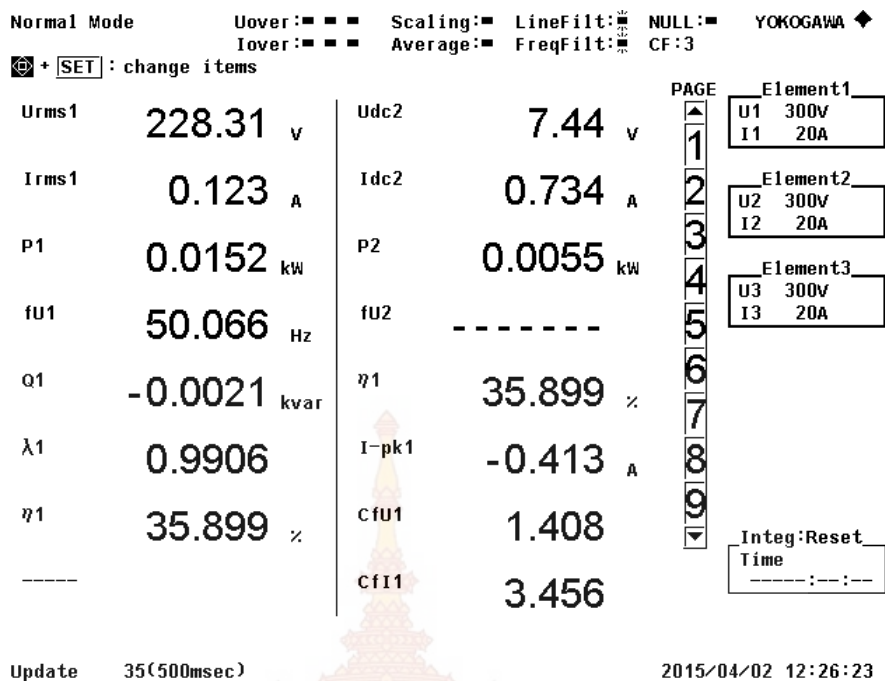
รูปที่ 4.14 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักรอยู่ที่ 60%



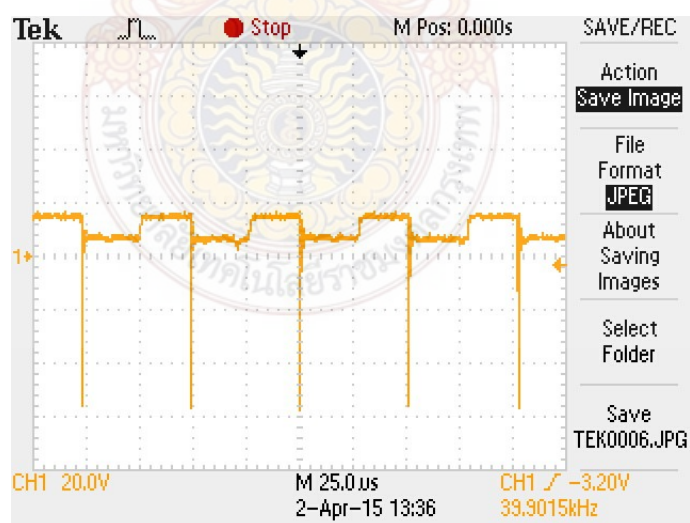
รูปที่ 4.15 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุต ค่าวัฏจักร 60%



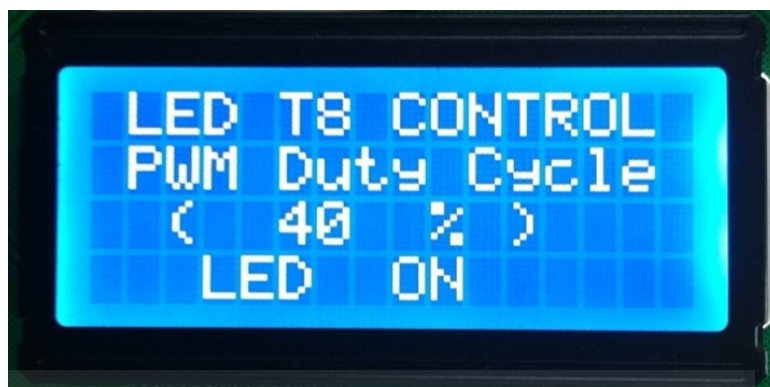
รูปที่ 4.16 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 50%



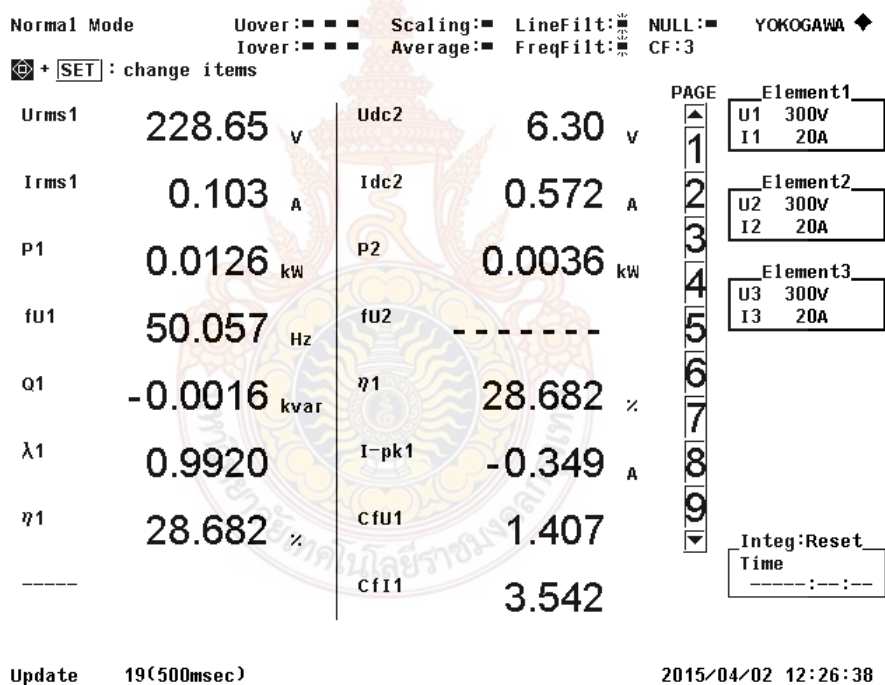
รูปที่ 4.17 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักรอยู่ที่ 50%



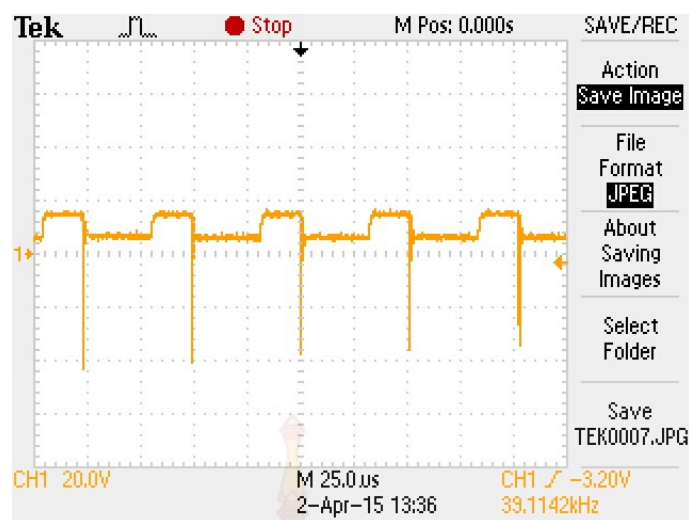
รูปที่ 4.18 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุต ค่าวัฏจักร 60%



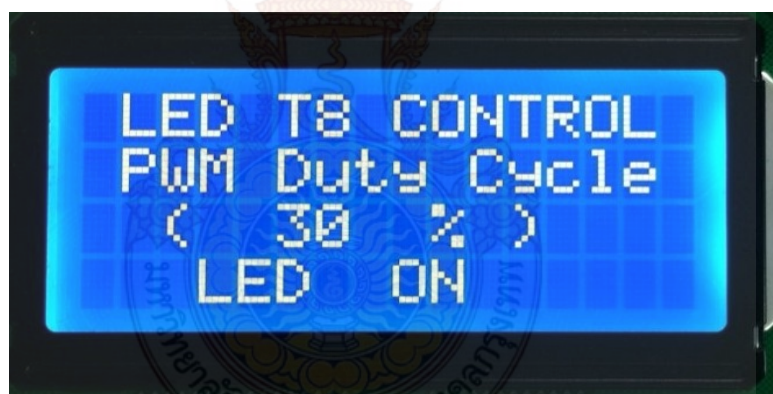
รูปที่ 4.19 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 40%



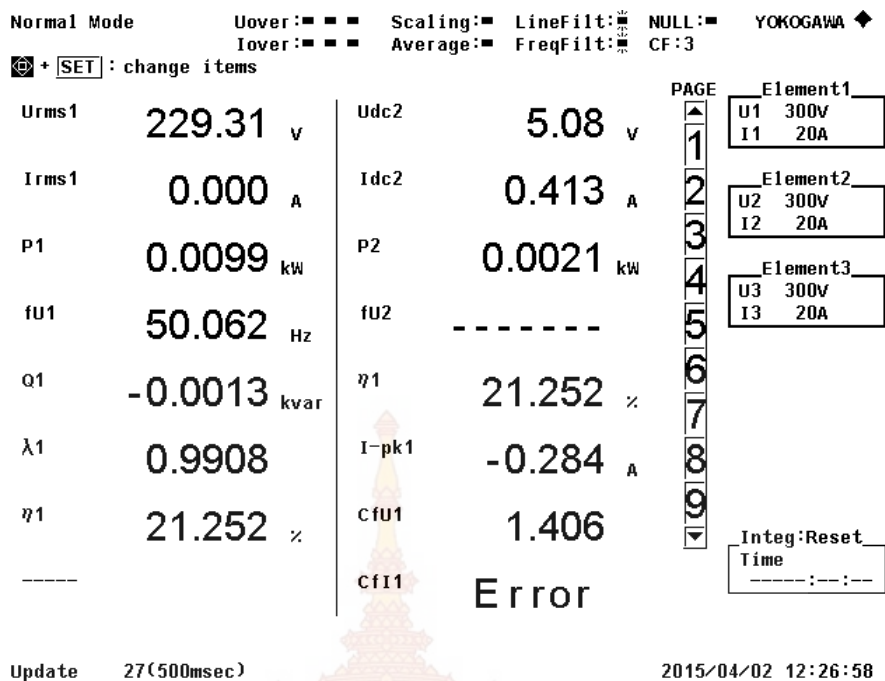
รูปที่ 4.20 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักรอยู่ที่ 40%



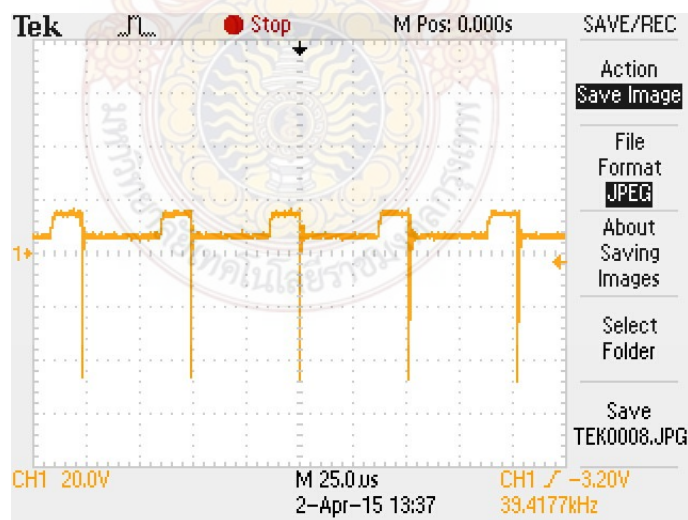
รูปที่ 4.21 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุต ค่าวัฏจักร 40%



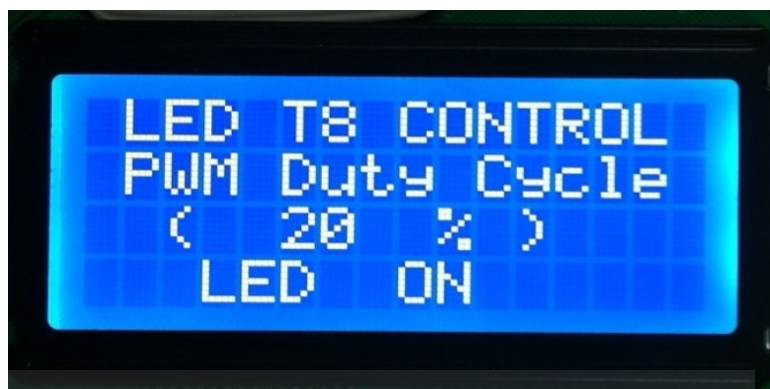
รูปที่ 4.22 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 30%



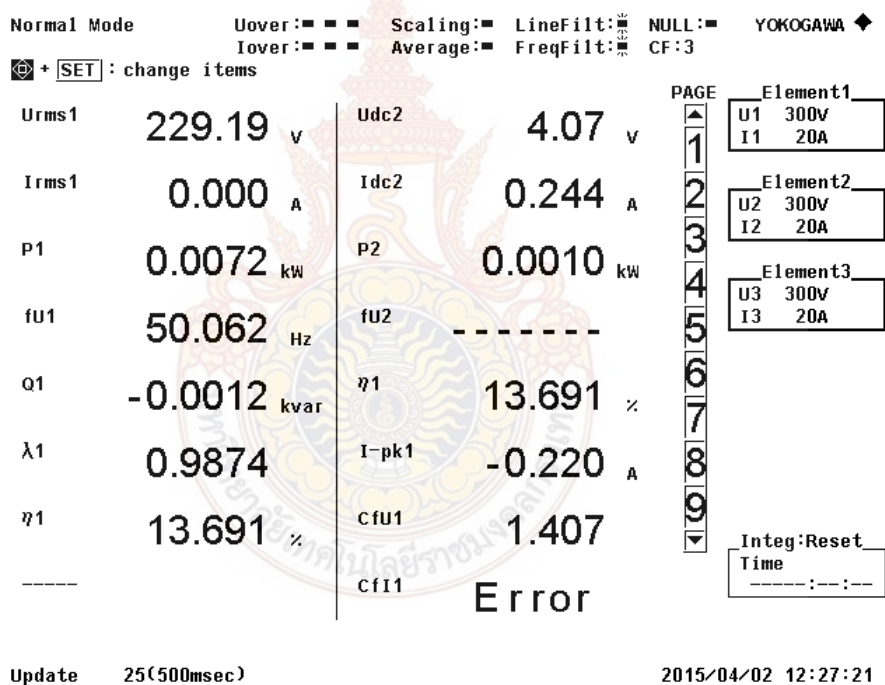
รูปที่ 4.23 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักรอยู่ที่ 30%



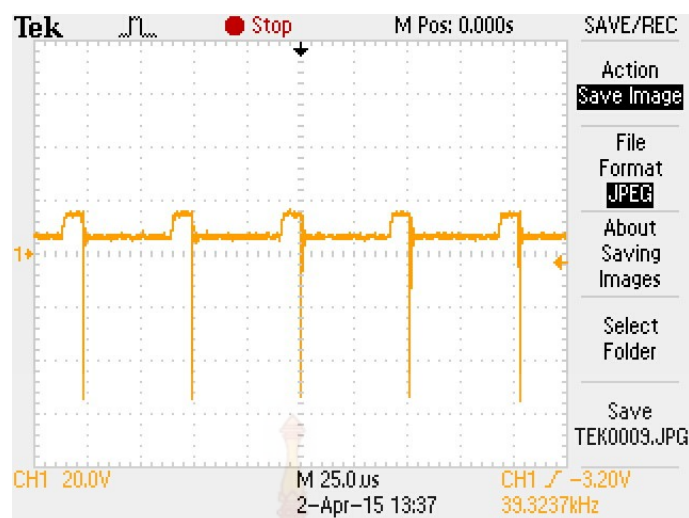
รูปที่ 4.24 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุต ค่าวัฏจักร 30%



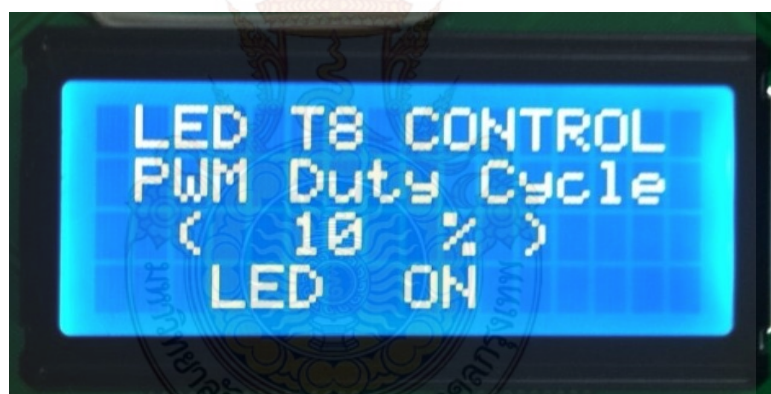
รูปที่ 4.25 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 20%



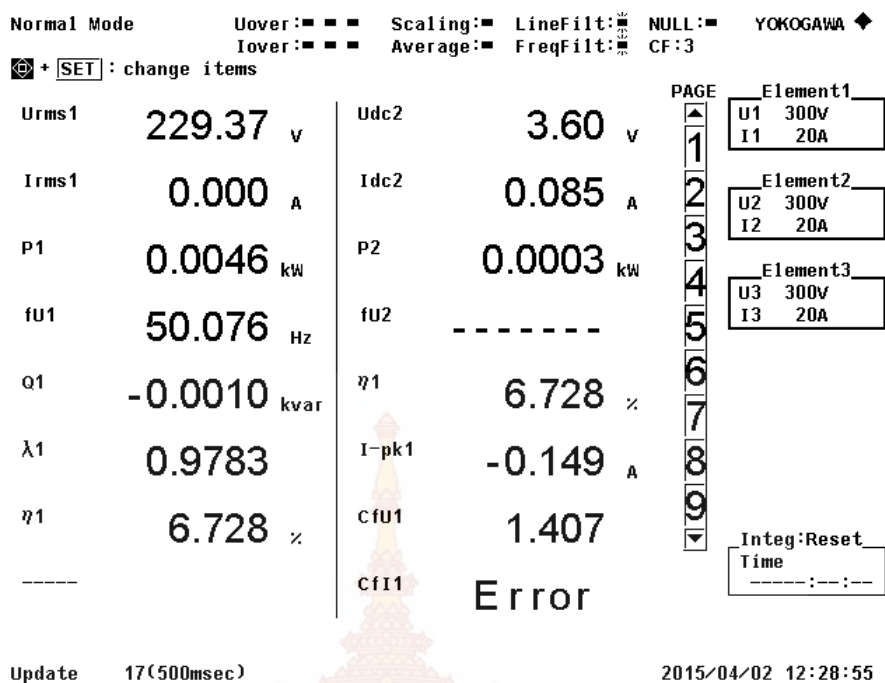
รูปที่ 4.26 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักรอยู่ที่ 20%



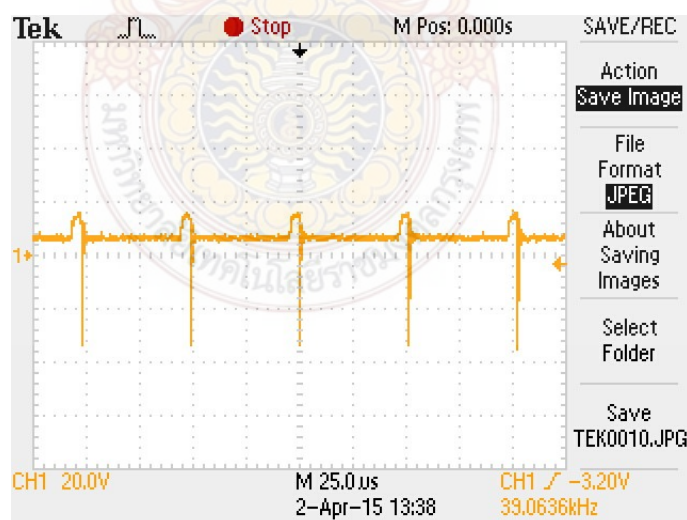
รูปที่ 4.27 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุต ค่าวัฏจักร 20%



รูปที่ 4.28 ทดสอบจ่ายไฟให้กับหลอดแอลอีดี ค่าวัฏจักร 10%



รูปที่ 4.29 วัดค่าแรงดันที่เอาต์พุต ค่าวัฏจักรอยู่ที่ 10%



รูปที่ 4.30 รูปคลื่นแรงดันทางด้านเอาต์พุต ค่าวัฏจักร 10%

4.1.2 ทำการทดลองเมื่อไฟดับ

ทดสอบโดยการเปิดใช้งานของชุดปรับความสว่างค่าวัฏจักรอยู่ที่ 80% แรงดันเอาต์พุต 10.73 โวลต์ กระแสเอาต์พุต 1.23 แอมป์ ทำการตัดแหล่งจ่ายไฟออกทำให้วงจรทั้งหมดหยุดการทำงาน แล้วทำการจ่ายแหล่งจ่ายไฟเข้าไปใหม่จะเห็นว่าหน้าจอแสดงผลแอลซีดียังเป็นค่าที่แสดงออกมาก่อนหน้านี้นั่นก่อนที่จะทำการจ่ายแหล่งจ่ายไฟเข้าไปใหม่อีกที เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทำการบันทึกค่าเดิมก่อนที่จะไฟจะดับ แล้วพอจ่ายแหล่งจ่ายไฟเข้าไปใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ยังบันทึกค่าเดิมไว้แล้วแสดงผลหน้าจอแอลซีดีโดยไม่ต้องไปเริ่มใหม่



รูปที่ 4.31 ทดสอบโดยการเปิดใช้งานของชุดปรับความสว่างค่าวัฏจักรอยู่ที่ 80%
แรงดันเอาต์พุต 10.73 โวลต์ กระแสเอาต์พุต 1.23 แอมป์

ในการสร้างชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรล นี้ ได้ผลการดำเนินงานตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ได้แก่ สามารถที่จะ ปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 ในเวลาการทำงานที่ค่าวัฏจักรตั้งแต่ 10% - 100% ได้ แสดงสถานะปิดเปิดและค่าวัฏจักรปัจจุบันผ่านจอแอลซีดีสั่งงานจากรีโมทได้และเมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องหยุดการทำงานของหลอดไฟแอลอีดี T8 เมื่อไม่ใช้งานแต่ถ้าจะกลับมาใช้งานอีกครั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะบันทึกค่าสุดท้ายไว้แล้วเปิดใช้งานตามเดิมได้เลย

บทที่ 5

สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรลนี้ได้สร้างมาเพื่อใช้งานจริง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้หลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์ จากพฤติกรรมการใช้หลอดไฟแอลอีดี T8 ที่มีใช้เพื่อการทำงานหรือกิจกรรมทางสถาบันการศึกษา จึงก่อให้เกิดความสับสนเปลี่ยนทางด้านพลังงานไฟฟ้า

5.1 สรุปผล

หลังจากการนำชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรลไปใช้ในสถานที่จริงแล้วพบว่า สามารถเปิดปิดและปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 18 วัตต์ได้ตามที่กำหนดไว้ในการป้อนค่าวัฏจักร 0% - 100% ในการเปิดปิดและปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 นั้น สามารถทำได้โดยการป้อนข้อมูลผ่านรีโมทเพื่อ กำหนดช่วงเวลาปิด เปิดและปรับความสว่าง โดยควบคุมการเพิ่มลดของสัญญาณพัลส์ทำให้กำลังไฟฟาลดลงช่วยประหยัดพลังงานที่สิ้นเปลืองได้ ตามนโยบายประหยัดพลังของมหาวิทยาลัยได้

นอกจากนี้หากเกิดเหตุไฟดับชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรลก็จะปิดชุดปรับความสว่าง โดยจะไม่เปิดชุดปรับความสว่างใหม่อีกครั้งจนกว่าจะได้รับสัญญาณเปิดจากรีโมท ซึ่ง ฟังก์ชัน ต่างๆที่ได้กล่าวมาจะสามารถช่วยลดพลังงานไฟฟ้าในส่วนของการเปิดใช้หลอดไฟแอลอีดี T8 ที่มีใช้เพื่อการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรล ถือเป็นเครื่องควบค้นแบบที่จะสามารถพัฒนาเป็นการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ได้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรล ยังพบข้อบกพร่อง คือ เนื่องจาก

1. เนื่องจากหลอดไฟแอลอีดี T8 ที่ไม่ใช่ไคร้เวอร์ภายในหลอด ส่วนใหญ่ในท้องตลาดไม่ มีวางจำหน่าย
2. ชุดส่งสัญญาณได้ไกลประมาณ 100 เมตร มีสัญญาณรบกวนจึงเหมาะกับการส่งข้อมูลที่ไม่ต้องการความถูกต้องรวดเร็ว

3. ชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรลนั้น มีค่าสิ้นเปลืองคือพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นควรจะหาพลังงานที่จะนำมาเป็นพลังงานไฟฟ้าร่วมกันเป็นพลังงานสะอาดจะดีกว่าเช่นพลังงานแสงอาทิตย์เพราะพื้นที่ ตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภายนอกมีแสงแดดส่องอยู่มากพอสมควร

4. การติดตั้งชุดปรับความสว่างหลอดไฟแอลอีดี T8 โดยใช้รีโมทคอนโทรลต้องทำการติดตั้งให้หลอดได้ใช้งานปริมาณแสงสว่างที่ใช้ในห้องมีความเหมาะสม และติดตั้งชุดรับสัญญาณรีโมทคอนโทรลให้สะดวกกับการใช้งานภายในพื้นที่ห้อง



รายการอ้างอิง

1. Y. C. Chuang, "High-Efficiency ZCS Buck Converter for Rechargeable Batteries," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 7, pp.2463 - 2472, July 2010.
2. B. R. Lin and J. J. Chen, "Analysis of an integrated flyback and zeta converter with active clamping technique," *IET Proc. – Power Electron.*, vol. 2, no. 4, pp. 355-363, 2009.
3. Phatiphat Thounthong, Stephane Rael and Bernard Davat, "DC Bus voltage regulation supplied by fuel cell/supercapacitor hybrid source," *ECTI trans. Electrical Eng., Electronics, and communications*, vol. 4, NO. 2, August 2006
4. Atsushi Okuno, Hitoshi Kawano, Junming Sun, Manabu Kurokawa, Akira Kojina, and Mutsuo Nakaoka, "Feasible Development of Soft-Switched SIT Inverter with Load-Adaptive Frequency-Tracking Control Scheme for Induction Heating," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*, VOL. 34, NO. 4, JULY/AUGUST 1998
5. M. K. Kazimierczuk and D. Czarkowski, "Phase control of series resonant converter," in *Proc. IEEE Power Electron. Spec. Conf. (PESC)*, 1993, pp. 1002–1008
6. F. Z. Peng, H. Li, G.-J. Su, and J. S. Lawler, "A new ZVS bidirectional DC–DC converter for fuel cell and battery application," *IEEE Trans Power Electron.*, vol. 19, no. 1, pp. 54–65, Jan. 2004.
7. Pascual, C., Krein, P.T., 'Switched capacitor system for automatic series battery equalization', *IEEE Applied Power Electronics Conf.*, 1997, Vol. 2, pp. 848–852
8. Zhang, F., Yan, Y.: 'Novel forward–flyback hybrid bidirectional DC–DC converter', *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 2009, 56, (5), pp. 1578–1584
9. Schuch, L., Rech, C., Hey, H.L., Grunding, H.A., Pinheiro, H., Pinheiro, J.R.: 'Analysis and design of a new high-efficiency bidirectional integrated ZVT PWM converter for DC-bus and battery-bank interface', *IEEE Trans. Ind. Appl.*, 2006, 42, (5), pp. 1321–1332
10. Chan, H.L., Cheng, K.W.E., Sutanto, D.: 'ZCS-ZVS bi-directional phase-shifted DCDC converter with extended load range', *IEE Proc. Electr. Power Appl.*, 2003, 150, (3), pp. 269–277
11. Chen, G., Lee, Y.S., Hui, S.Y.R., Xu, D.H., Wang, Y.S.: 'Actively clamped bidirectional flyback converter', *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 2000, 47, (4), pp. 770–779

12. Zhu, L.: 'A novel soft-commutating isolated boost full-bridge ZVSPWM DCDC converter for bidirectional high power applications', *IEEE Trans. Power Electron.*, 2006, 21, (2), pp. 422–429
13. Lee, J., Jo, J., Choi, S., Han, S.B.: 'A 10-kw SOFC low-voltage battery hybrid power conditioning system for residential use', *IEEE Trans. Energy Converter*, 2006, 21, (2), pp. 575–585
14. Chiu, H.J., Lin, L.W.: 'A bidirectional DCDC converter for fuel cell electric vehicle driving system', *IEEE Trans. Power Electron.*, 2006, 21, (4), pp. 950–958
15. Zhao, Q., Lee, F.C.: 'High-efficiency, high step-up DCDC converters', *IEEE Trans. Power Electron.*, 2003, 18, (1), pp. 65–73
16. Jianwen Shao; "Improving current regulation for offline LED driver" in *Proc. IEEE Applied Power Electronics Conf.* 2009, pp:601 - 604
17. Jianwen Shao; "Single Stage Offline LED Driver" in *Proc. IEEE Applied Power Electronics Conf.* 2009, pp: 582 - 586
18. Tzuen-Lih Chern; Li-Hsiang Liu; Ping-Lung Pan; Yi-Jie Lee; "Single- Stage Flyback Converter for Constant Current Output LED Driver with Power Factor Correction", in *Proc. IEEE of ICIEA'2009*, pp: 2891 - 2896
19. Jae-Eul Yeon; Dong-Soo Kim; Kyu-min Cho; Hee-Jun Kim; "A single stage flyback power supply unit for LED lighting applications", in *Proc. IEEE of ELECO'2009*, pp: I-288 - I-292
20. S. Rao, Q. Khan, S. Bang, D. Swank, A. Rao, W. McIntyre, and P. K. Hanumolu, "A 1.2 A buck-boost LED driver with 13% efficiency improvement using error-averaged SenseFET-Based current sensing," in *Proc. ISSCC Dig. Tech. Papers*, Feb. 2011, pp. 238–239
21. H.-J. Chiu, Y.-K. Lo, J.-T. Chen, S.-J. Cheng, C.-Y. Lin, and S.-C. Mou, "A high-efficiency dimmable led driver for low-power lighting applications," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 2, pp. 735–743, Feb. 2010.
22. Hung-Liang Cheng, and Cheng-Wei Lin, "Design and Implementation of a High-Power Factor LED Driver with Zero-Voltage Switching-On Characteristics," *IEEE Trans. Power. Electron.*, vol. 9, no. 9, pp. 4949–4958, Sep. 2014.

