สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เรื่อง

เครื่องควบคุมแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย DMX-512

(DMX-512 Lighting & Appliance Controller)

โดย

นายอุทัย ศรีธีระวิโรจน์

RCH
TJ
223
.P76
อ821ค

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....84554
วัน,เดือน,ปี.....13 ต.ค. 2551

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b 11994599
i

รายงานการวิจัย

เรื่อง

เครื่องควบคุมแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย DMX-512

(DMX-512 Lighting & Appliance Controller)

โดย

นายอุทัย ศรีธีระวิโรจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัย

เรื่อง **เครื่องควบคุมแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย DMX-512**

(DMX-512 Lighting & Appliance Controller)

ผู้วิจัย **นายอุทัย ศรีธีระวิโรจน์ (Mr.U-thai Sritheeravirojana)**

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารของโปรโตคอล DMX-512 มาใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ระบบแสงสว่างและและเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้ 512 ช่อง แต่ในงานวิจัยนี้ได้ทำเครื่องต้นแบบเครื่องควบคุมหลัก หรือเครื่องมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ขนาด 32 ช่อง และเครื่องควบคุมรองหรือเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ขนาด 8 ช่อง สามารถจ่ายกำลังได้ช่องละ 1000 วัตต์ 2 เครื่อง การส่งสัญญาณควบคุมเป็นแบบอนุกรมชนิดสมดุลตามมาตรฐาน RS-485 ผ่านทางสายคู่ตีเกลียวความยาวไม่เกิน 1000เมตร การทำงานของเครื่องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ของบริษัทATMEL เป็นหลัก โดยใช้ภาษา AVRASM ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

ABSTRACT

This report is present the applying of digital communication technology DMX-512 protocol to control lighting systems and electrical equipment. The DMX-512 can control up to 512 channels. This project aim to make prototype of the 32 Channel DMX-512 Multiplexer Master Control and two of 8 Channels DMX-512 De-multiplexer Slave Control. The DMX-512 is serial transmission balance type as RS-485 standard. It can transmit by 2 core twist wire up to 1000 meters. The AVR by ATMEL are used to control DMX-Transceiver. The code is written in AVRASM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูปภาพ	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 คุณสมบัติและรายละเอียดการทำงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีมาตรฐาน DMX -512	
2.1 โปรโตคอลของ DMX -512	4
2.2 DMX -512 PACKET	5
2.3 DMX – 512 ทางกายภาพ(PHYSICALS)	7
2.4 มาตรฐานการสื่อสารข้อมูล	9
2.5 มาตรฐานที่ใช้ในการส่งสัญญาณ DMX – 512	9
2.6 การประยุกต์ใช้งานของมาตรDMX-512	10
2.7ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVRs กับ DMX	11
2.8 การส่งผ่าน(Transmission)สัญญาณ DMX ด้วย AVRs	11
2.9 การรับ(Reception)สัญญาณ DMX ด้วย AVRs	14
บทที่ 3 เครื่องควบคุมหลัก(Master Control)มัลติเพล็กซ์ DMX-512 (Multiplex DMX-512)	
3.1 บทนำ	17
3.2 การออกแบบและการทำงาน	18
3.3 วงจรมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง	19
3.4 วงจรมัลติเพล็กซ์ 32 ช่อง	19
3.5 วงจร A to D Converter	21
3.6 วงจรไมโครคอนโทรลเล่อร์ AVR	22
3.7 วงจร RS-485	22
3.8 วงจรภาคจ่ายไฟ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 4 เครื่องควบคุมรอง (Slave Control) ดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512 (De-multiplex DMX-512)

4.1 บทนำ 25

4.2 การออกแบบและการทำงานของวงจรดีมัลติเพล็กซ์DMX-512 26

4.3 วงจรภาคอินพุท DMX-512 27

4.4 วงจรไมโครคอนโทรลเล่อร์ 27

4.5 วงจรภาคจ่ายกำลัง 29

4.6 วงจรภาคจ่ายไฟ 30

บทที่ 5 การทดสอบและการใช้งาน

5.1 วัตถุประสงค์ 31

5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ 31

5.3 การต่อเครื่องและการทดสอบ 32

5.4 การทดสอบและผลการทดสอบ 33

5.5 ผลการวัดรูปคลื่นของเครื่องมัลติเพล็กซ์ 36

5.6 ผลการวัดรูปคลื่นของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ 40

5.7 ผลการวัดรูปคลื่นคร่อมโหลดเมื่อปรับหรี่ 42

บทที่ 6 บทสรุปและแนวทางการพัฒนา

6.1 บทสรุป 46

6.2 ปัญหาที่พบ 46

6.32 แนวทางการพัฒนา 46

ภาคผนวก

วงจรเครื่องมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ขนาด 32 ช่อง 48

ลายแผ่นปริ้นท์ด้านล่าง ด้านบน และตำแหน่งอุปกรณ์ 49

วงจรเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ขนาด 8 ช่อง 50

ลายแผ่นปริ้นท์ด้านล่าง ดีมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง 51

ตำแหน่งอุปกรณ์ด้านบนของแผ่นปริ้นท์ดีมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปภาพ	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบของ DMX-512	1
รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมเครื่องควบคุมแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย DMX-512	2
บทที่ 2 ทฤษฎีมาตรฐาน DMX -512	
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของสัญญาณข้อมูล DMX -512	4
รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณ DMX -512 แพคเกต	6
รูปที่ 2.3 คอนเนคเตอร์สำหรับ DMX-512 มีใช้ทั้งแบบ 3 ขา และ 5 ขา	7
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะสัญญาณทางกายภาพเมื่อเอาท์พุทเป็น 1	8
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะสัญญาณทางกายภาพเมื่อเอาท์พุทเป็น 0	8
รูปที่ 2.6 Flow Chart การส่งผ่าน DMX ด้วย AVR	13
รูปที่ 2.7 Flow Chart การรับ DMX ด้วย AVR	15
บทที่ 3 เครื่องควบคุมหลัก(Master Control)มัลติเพล็กซ์ DMX-512 (Multiplex DMX-512)	
รูปที่ 3.1 เครื่องควบคุมหลัก ขนาด 32 ช่อง	17
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรม วงจรมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ขนาด 32 ช่อง	18
รูปที่ 3.3 วงจรมัลติเพล็ก 8 ช่อง จากทั้งหมด 32 ช่อง	19
รูปที่ 3.4 รูปแสดงปุ่มปรับหรี่ไฟ, LED และ สวิทช์เลือกการทำงาน	19
รูปที่ 3.5 วงจรมัลติเพล็ก 32 ช่อง	20
รูปที่ 3.6 รูปแสดงการประกอบอุปกรณ์ควบคุมทั้ง 32 ช่อง	20
รูปที่ 3.7 วงจร A to D Converter	21
รูปที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์วงจรมัลติเพล็กซ์ 32 ช่อง เมื่อประกอบลงปริ้นซ์แล้ว	21
รูปที่ 3.9 วงจรไมโครคอนโทรลเล่อร์ AVR	22
รูปที่ 3.10 วงจร RS-485	22
รูปที่ 3.11 วงจรภาคจ่ายไฟ	23
รูปที่ 3.12 หม้อแปลงภาคจ่ายไฟ	23
รูปที่ 3.13 แสดงการต่อสายแพร์เข้าแผงมัลติเพล็กซ์ 32 ช่อง	24
รูปที่ 3.14 อุปกรณ์ด้านหลังของเครื่อง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

บทที่ 4 เครื่องควบคุมรอง (Slave Control) ดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512 (De-multiplex DMX-512)

รูปที่ 4.1 เครื่องควบคุมรองช่องละ1000วัตต์ 8 ช่อง 25

รูปที่ 4.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมเครื่องควบคุมรองหรือวงจรดีมัลติเพล็กซ์ 26

รูปที่ 4.3 แสดงอุปกรณ์บางส่วนประกอบลงปริ้นท์ 26

รูปที่ 4.4 วงจรภาคอินพุทของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ 27

รูปที่ 4.5 แสดงรูปดิพสวิทช์ 27

รูปที่ 4.6 วงจรไมโครคอนโทรลเล่อร์ใช้ AVR 28

รูปที่ 4.7 วงจร Zero Cross Detect 28

รูปที่ 4.8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ลงในกล่อง 29

รูปที่ 4.9 วงจรภาคจ่ายกำลังใช้ไตรแอค 29

รูปที่ 4.10 วงจรภาคจ่ายไฟ 30

รูปที่ 4.11 แสดงอุปกรณ์ภาคจ่ายไฟ 30

บทที่ 5 การทดสอบและการใช้งาน

รูปที่ 5.1 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบ 31

รูปที่ 5.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการต่อวงจรดีมัลติเพล็กซ์ 4 ชุด 32

รูปที่ 5.3 แจ๊คแคนนอนตัวเมียต่อที่เอาท์พุทของเครื่องมัลติเพล็กซ์ 33

รูปที่ 5.4 ใช้สายโทรศัพท์ยาว 50 เมตรในการต่อทดสอบ 33

รูปที่ 5.5 แสดงด้านหลังของเครื่องมัลติเพล็กซ์ 34

รูปที่ 5.6 แสดงด้านหน้าของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ 34

รูปที่ 5.7 แสดงด้านหลังของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ 34

รูปที่ 5.8 หลอดไฟขนาด 100 วัตต์ ใช้ต่อเป็นโหลดช่อง 1-8 35

รูปที่ 5.9 หลอดไฟขนาด 500 วัตต์ ใช้ต่อเป็นโหลดช่อง 9-16 35

รูปที่ 5.10 รูปคลื่นที่ออกจาก AVR มาเข้า ไอซี RS-485 และDATA+ 36

รูปที่ 5.11 รูปคลื่นที่ออกจาก AVR มาเข้า ไอซี RS-485 และDATA- 36

รูปที่ 5.12 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ และ DATA- ที่ออกจากมัลติเพล็กซ์ 37

รูปที่ 5.13 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ ที่ออกจากเครื่องมัลติเพล็กซ์ 37

รูปที่ 5.14 รูปคลื่นสัญญาณ DATA- ที่ออกจากเครื่องมัลติเพล็กซ์ 38

รูปที่ 5.15 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ ที่ออกจากเครื่องมัลติเพล็กซ์ช่อง 1 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ 5.16 รูปคลื่นสัญญาณ DATA- ที่ออกจากเครื่องมัลติเพล็กซ์ช่อง1 39

รูปที่ 5.17 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ เทียบกับ DATA- ช่อง 1 39

รูปที่ 5.18 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ที่ออกจากเครื่อง มัลติเพล็กซ์ขณะที่มีการ ส่งข้อมูลช่อง 1 เทียบกับเมื่อเดินทางผ่านสายยาว 50 เมตรจะเห็นว่า มีโอเว่อร์ชูทและอันเดอร์ชูทแต่ขนาดไม่ตก 40

รูปที่ 5.19 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ ที่ป้อนเข้าอินพุท IC1 ของเครื่องดีมัลติ-เพล็กซ์และเอาท์พุท จาก IC1 จะกลับเฟส 180 องศาและรูปคลื่น สวยงามขึ้น 40

รูปที่ 5.20 เทียบรูปคลื่นสัญญาณ DATA+ ที่ป้อนเข้าอินพุท IC1 ของเครื่องดี-มัลติเพล็กซ์และเอาท์พุท ที่ออกจาก IC2 ไปป้อนเข้าอินพุทของ AVR จะมีเฟสเหมือนกันขนาดก็สูงขึ้นเป็น 5V 41

รูปที่ 5.21 แสดงรูปพัลซ์ที่ได้จากวงจร Zero Cross Detect จะตรงกันกับ ตำแหน่งศูนย์ของรูปคลื่นไฟเอซี 50Hz การสวิทช์จึงเริ่มที่ศูนย์ ช่วยลดการเกิด EMI 41

รูปที่ 5.22 แสดงรูปพัลซ์ที่ได้จากวงจร Zero Cross Detect หลายลูก จะเห็นว่าตรงกันกับตำแหน่งศูนย์ของรูปคลื่นไฟเอซี 50Hz 42

รูปที่ 5.23 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ10 % 42

รูปที่ 5.24 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ25 % 43

รูปที่ 5.25 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ35 % 43

รูปที่ 5.26 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ50 % 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ 5.27 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ไฟ80 % 44

รูปที่ 5.28 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ไฟ90 % 45

รูปที่ 5.29 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ไฟ100 % 45

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1 ค่าตัวเลขแทนตำแหน่งดิฟสวิทช์ 27

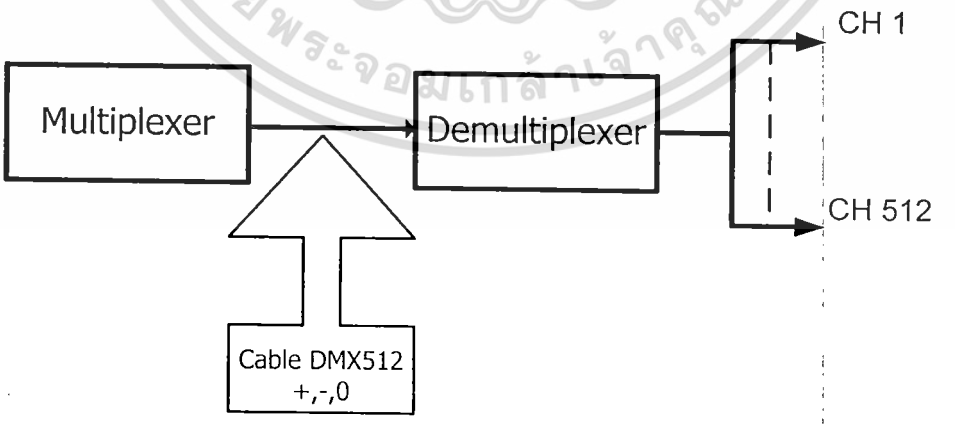
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วมาก โดยเฉพาะเทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องมือวัดและเทคโนโลยีในการควบคุมระบบไฟฟ้าต่างๆ โดยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เทคโนโลยีต่างๆเหล่านี้ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราทุกคน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องศึกษาเรียนรู้ เพื่อที่จะประยุกต์และนำเทคโนโลยีใหม่ๆไปใช้งานให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาและนำโปรโตคอล DMX-512 มาใช้ในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ภายในหรือภายนอกอาคาร จากศูนย์ควบคุมด้วยเครื่องควบคุมที่อยู่ระยะไกล

ประโยชน์ที่เห็นได้อย่างเป็นรูปธรรมก็คือความประหยัดและความสะดวกในการเดินสายควบคุม กล่าวคือในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆในสมัยก่อนนั้นหากต้องการควบคุมอุปกรณ์จำนวน 512 ชิ้น ก็ต้องใช้สายควบคุมเท่าจำนวนอุปกรณ์ ยิ่งถ้าหากเป็นการควบคุมจากระยะไกล หรือในอาคารขนาดใหญ่ เช่น อพาร์ทเมนท์ หรือ คอนโดมิเนียม ที่มีห้องมากๆ จะสิ้นเปลืองสาย รวมทั้งยุ่งยากในการวางสาย แต่ถ้าใช้ DMX-512 สัญญาณควบคุมเป็นชนิดอนุกรมเดินไปในสายเพียง 2 หรือ3 เส้น ต้องการควบคุมตรงไหนก็แท็ปไปได้เลย โดยการต่อพ่วงและเพียงแต่เลือกกำหนดแอดเดรสไม่ให้ซ้ำกันเท่านั้น



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบของ DMX-512
ประกอบด้วยชุดมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

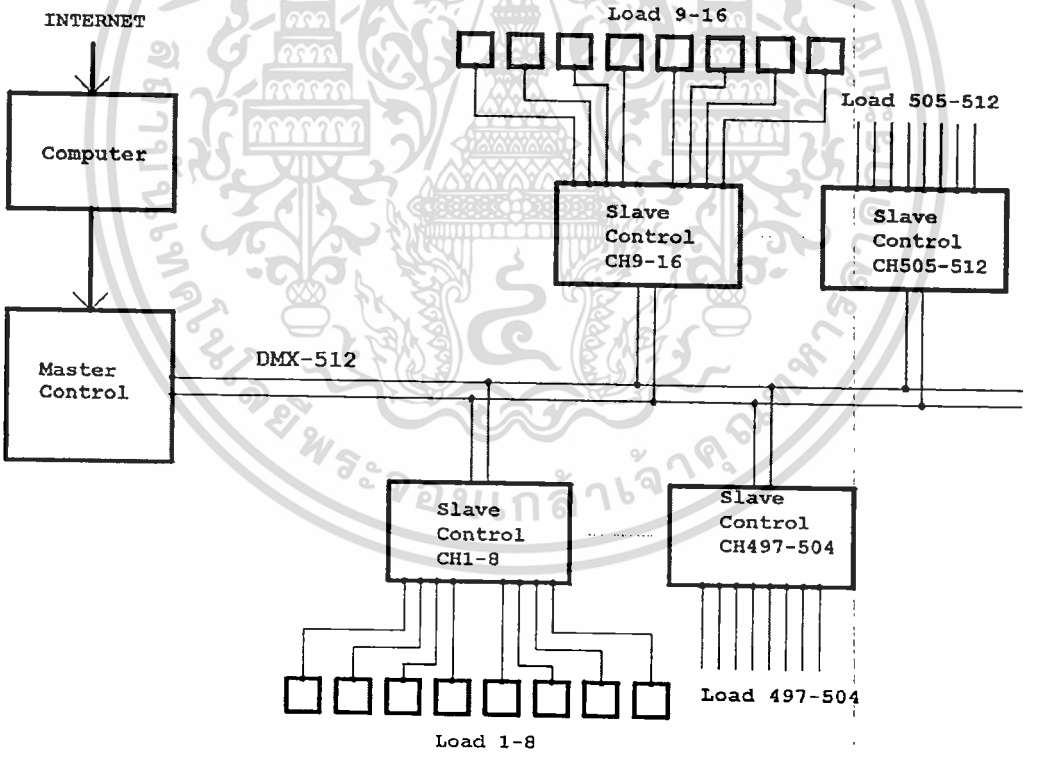
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อทำการวิจัยและสร้างเครื่องต้นแบบการใช้ DMX-512 ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า รวมทั้งการการปรับแสงสว่างและปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า ภายในหรือภายนอกอาคาร จากศูนย์ควบคุมด้วยเครื่องควบคุมเฉพาะหรือคอมพิวเตอร์ที่อยู่ไกลออกไป ที่สะดวกและประหยัด

1.3 คุณสมบัติและรายละเอียดการทำงาน

DMX-512 เป็นโปรโตคอล ที่ใช้สำหรับการควบคุมแบบอนุกรม สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายตีเกลียว 2 เส้น ได้ถึง 512 ช่อง ด้วยระยะทางไกลถึง 1 กิโลเมตร โดยเครื่องควบคุมแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย DMX-51 นี้ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1. เครื่องควบคุมหลัก(Master Control)ทำหน้าที่ Multiplex DMX-512
2. เครื่องควบคุมรอง(Slave Control) ทำหน้าที่ De-multiplex DMX-512



รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมเครื่องควบคุมแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย DMX-512 (DMX-512 Lighting & Appliance Controller)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมหลัก(Master Control) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เป็นหัวใจในการทำงานของเครื่อง ทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์และสร้างโปรโตคอล DMX-512 โดยสามารถรับสัญญาณอนาลอกได้ไม่น้อยกว่า 32 ช่อง สัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่ได้ถูกส่งแบบอนุกรมผ่านสายตีเกลียว 2 เส้นไปยังเครื่องควบคุมรอง(Slave Control) ซึ่งเป็นดีมัลติเพล็กซ์ ถอดรหัสสัญญาณ DMX-512 เป็นสัญญาณอนาลอก เพื่อควบคุมโหลดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

เครื่องควบคุมรอง ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เป็นหัวใจในการทำงานเช่นเดียวกัน โดยกำหนดให้ควบคุมโหลดเครื่องละ 8 ช่อง สามารถรับโหลดได้ 1000 วัตต์ต่อช่อง สามารถกำหนดแอดเดรส เลือกรับช่องเริ่มต้นใดๆได้ 512 ช่อง เช่น ในเครื่องควบคุมรองเครื่องหนึ่ง ถูกกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นในช่องที่ 9 ก็จะสามารถรับสัญญาณการควบคุม ตั้งแต่ช่อง 9 ถึง ช่อง 16 ดังนั้นหากต่อเครื่องควบคุมรอง 4 เครื่อง จะควบคุมโหลดได้รวม 32 ช่อง ระยะการติดตั้งไกลสุด 1 กิโลเมตร

ในการควบคุมกำหนดให้สัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณอนาลอก ระดับดีซี 0-5 โวลท์ (หรือ0-10 โวลท์) ดังนั้นจึงสามารถใช้งานในลักษณะปิด-เปิด(ON-OFF) หรือปรับหรี่ไฟได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์กำลังทางภาคควบคุมรองว่าใช้เป็นรีเลย์ หรือ อิเล็กทรอนิกส์สวิทช์หรือวงจรดิมเมอร์

นอกจากนี้สำหรับเครื่องควบคุมหลักที่ออกแบบสร้างในงานวิจัยนี้ สามารถแทนที่ได้ด้วยการควบคุมผ่านซอฟแวร์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ ต่อสัญญาณควบคุมผ่านออกทางอุปกรณ์อินเตอร์เฟส จะเป็นทางพอร์ทขนาน พอร์ทอนุกรม หรือ USB พอร์ท ก็ได้ และยังสามารถพัฒนาไปถึงการควบคุมออนไลน์ผ่านระบบเครือข่ายและอินเตอร์เน็ตได้ด้วย

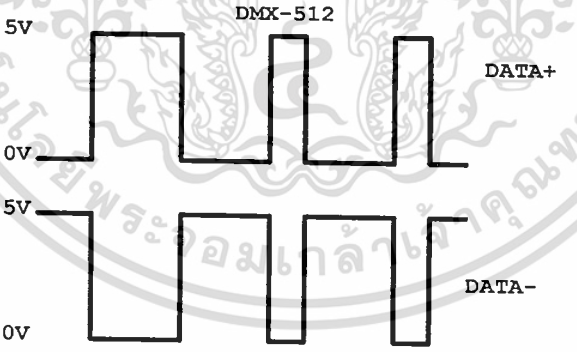
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีมาตรฐาน DMX -512

2.1 โปรโตคอลของ DMX -512

ในระยะต้นๆ DMX-512 ถูกออกแบบไว้ใช้เป็นมาตรฐานในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทางด้านแสงสว่าง แต่ในการใช้งานจริงเราสามารถนำสัญญาณ DMX -512 ไปใช้งานในด้านต่างๆ อีกมากมายได้ โดยเพียงแต่ต้องออกแบบการใช้งานในส่วนของโปรแกรมให้เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานหรือส่วนที่จะไปใช้ควบคุม การทำงานของวงจรส่วนควบคุมปลายทางทำหน้าที่เป็นวงจรดีมัลติเพล็กสัญญาณ ซึ่งข้อมูลแต่ละช่องจะถูกแยกตามแอดเดรสออกไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทั้งหมด 512 ช่อง

การส่งสัญญาณ DMX-512 จะถูกส่งในรูปแบบการสื่อสารอนุกรม(Serial)ชนิดสมดุล(Balance)ไปบนสาย 3 เส้น หรือ 2 เส้นตีเกลียวก็ได้ ลักษณะและคุณสมบัติของสัญญาณ DMX -512 มาตรฐานจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป สำหรับสัญญาณชนิดสมดุลของ DMX -512 จะประกอบด้วยสัญญาณข้อมูลบวก(DATA+) และสัญญาณข้อมูลลบ(DATA-) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.1 เมื่อระดับแรงดันสูงเท่ากับ 5 โวลท์



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของสัญญาณข้อมูล DMX -512

ภาคส่งจะส่งสัญญาณ 2 ชนิด คือ สัญญาณข้อมูลด้านบวกและสัญญาณข้อมูลด้านลบ เมื่อสัญญาณถูกส่งเข้ามาถึง ทางด้านภาครับส่วนหน้าจะเป็นวงจรขยายแบบแตกต่าง(Differential Amplifier)ซึ่งโดยปกติมักใช้ออปแอมป์(Op–Amp)ในการทำงาน มีอินพุท 2 อินพุท คือนอน-อินเวอร์ทติ้ง(Non-Inverting) กับอินเวอร์ทติ้ง(Inverting)อินพุท สัญญาณที่ป้อนเข้าทางอินเวอร์ทติ้งอินพุทจะถูกกลับเฟส180องศา และถูกนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณจากอินเวอร์ทติ้งอินพุท หากมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟสตรงกันก็จะถูกขยายเป็นรหัสสัญญาณดิจิตอลออกไป แต่ในขณะเดียวกันหากบังเอิญมีสัญญาณรบกวนเหนี่ยวนำเข้ามาปนระหว่างการเดินทางมาตามสาย สัญญาณรบกวนจะถูกหักล้างหมดไปในวงจรขยายแบบแตกต่าง และไม่มีผลต่อสัญญาณ DMX-512 ทั้งนี้เพราะว่าสัญญาณรบกวนที่เหนี่ยวนำเข้ามาระหว่างทางจะมีเฟสตรงกันในสายทั้งสองเส้น และเมื่อสัญญาณที่เข้าทางอินเวอร์ทติ้งอินพุทถูกกลับเฟส 180 องศาแล้วนำไปเทียบกับสัญญาณจากนอนอินเวอร์ทติ้งอินพุท จึงเกิดการหักล้างกันหมดคงเหลือแต่สัญญาณ DMX-512 และนี่ก็เป็นข้อดีที่ทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ไกล ถูกต้องแม่นยำ ปราศจากการรบกวน

อุปกรณ์ทางด้านรับจะมีวงจรดีมัลติเพล็กซ์ที่ทำหน้าที่เลือกแยกสัญญาณข้อมูลออกมาให้ข้อมูลไหนออกตำแหน่งใดและข้อมูลมีค่าเท่าใด

2.2 DMX -512 PACKET

มาตรฐานไทมิ่งไดอะแกรม DMX -512 แพคเกต ดังแสดงในรูปที่ 2.2 DMX -512 แพคเกต จะมีอัตราการส่งของข้อมูลที่ 250 KBit/Sec ซึ่งแต่ละบิต (Bits) ของสัญญาณ DMX -512 ก็จะมีความกว้าง 4 μs แต่ละบิตจะมีหน้าที่ในการทำงานที่แตกต่างกันดังนี้

2.2.1. IDLE หรือ NO DMX

DMX แพคเกต ในสภาวะ IDLE จะมีระดับสูง หรือเอาท์พุท ของสาย DMX จะส่งสัญญาณระดับสูง ก่อนที่จะส่งสัญญาณข้อมูลในแพคเกต แรกของการส่งสัญญาณ

2.2.2. BREAK

เป็นการเริ่มสัญญาณข้อมูล DMXแพคเกต โดยที่เอาท์พุทมีสัญญาณระดับต่ำสำหรับช่วงเวลา(Period) ต่ำสุดประมาณ 88 μs หรือถ้าคิดเป็นจำนวนบิตเท่ากับ 22 บิต ในสัญญาณระดับต่ำ และค่าเวลาที่มากที่สุดที่เวลา 1 μs (BREAK >88 μs or 22 pulse)

2.2.3. MARK AFTER BREAK (MAB)

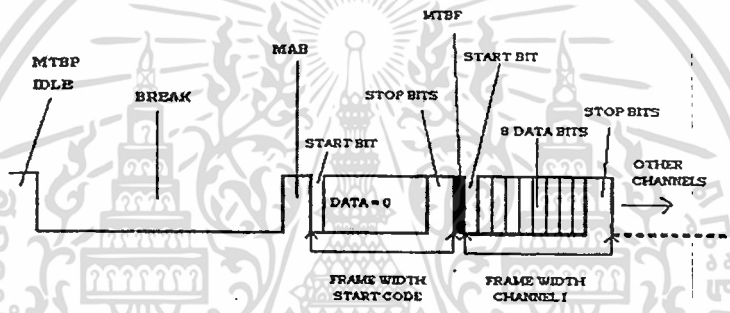
บิต MAB จะถูกส่งต่อเนื่องกับบิต BREAK โดยที่เอาท์พุทมีสัญญาณระดับสูง สำหรับค่าช่วงเวลา (period) ประมาณเท่ากับ 8 μs หรือ 2 pulse บิต MAB จะมีปัญหาในเรื่องการออกแบบที่แตกต่างกับค่าช่วงเวลาคือ ในการออกแบบครั้งแรก บิต MAB ของ DMX จะใช้ 4 μs หรือ 1 พัลซ์ ต่อมา ในปี 1990 ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยออกแบบไว้ที่ 8 μs หรือ 2 พัลซ์ จะมีปัญหาในการใช้เครื่องควบคุมแบบเก่าจะทำให้มีการทำงานผิดพลาดเมื่อเปลี่ยนวงจรทางภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMX512 (1990) timing chart

Description	MIN	TYP	MAX	UNIT
BREAK	88	88	1000000	usec
MAB		4		usec
FRAME WIDTH		44		usec
START/DATA/STOP BITS		4		usec
MTBF	0	NS	1000000	usec
MTBP	0	NS	1000000	usec

Note: NS means Not Specified and is designer definable



DMX512 TIMING DIAGRAM

รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณ DMX -512 แพคเกต

2.2.4. START CODE (SC)

FRAME WIDTH ของ START CODE จะมี SC จำนวน 8 บิต มี DATA = 0 เสมอ มี START 1 บิต และ STOP 10 บิต รวมเป็น 11 บิต หรืออาจจะกำหนดให้ SC เป็น CHANNEL 0 ในส่วนของ CHANNEL 1- 512 จะมี FRAME จำนวน 11 พัลซ์ หรือ 11 บิต เหมือนกับ START CODE จะแตกต่างตรงที่ SC = 0 เสมอ ส่วน CHANNEL ที่ 1 -512 จะสามารถกำหนดข้อมูลได้ 0 -255 สถานะหรือจำนวน 11 บิตข้อมูล

2.2.5. MARK TIME BETWEEN FRAMES (MTBF)

บิต MTBF จะมีคาบเวลาอยู่ระหว่าง 0 – 1 μs เป็นค่าบิตอยู่ระหว่างแต่ละ CHANNEL ถ้าในการใช้งานควรกำหนดไว้น้อยๆ จะมีลักษณะของสัญญาณแรงดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6. MARK TIME BETWEEN PACKETS (MTBP)

บิต MTBP จะมีคาบเวลาอยู่ระหว่าง 0 – 1 μs เป็นบิตอยู่ระหว่างแต่ละแพคเกต จะเกิดขึ้นเมื่อทำการส่ง แพคเกตแรกเสร็จสมบูรณ์

2.2.7. DATA

ในการส่งสัญญาณข้อมูลของ DMX – 512 จะสามารถส่งสัญญาณข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 250,000 บิตต่อวินาที ที่อัตราเร็วการส่งสัญญาณข้อมูลสูงสุดสามารถส่งได้สูงสุดได้ถึง 44.11เฟรมในหนึ่งวินาที แต่ถึงอย่างไรก็ตามปกติมาตรฐานของ DMX -512 ไม่จำเป็นที่จะต้องส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงสุด โดยที่แผงควบคุมจะส่งข้อมูลด้วยอัตราส่ง 250,000 บิตต่อวินาที ในการส่งสัญญาณข้อมูลของ DMX -512 จะส่งในรูปของ แพคเกต ข้อมูล DMX ซึ่งในการส่งแต่ละ แพคเกต จะส่งด้วยอัตราข้อมูล 1 แพคเกต ต่อวินาที

2.3 DMX – 512 ทางกายภาพ(PHYSICALS)

รูปแบบสัญญาณ DMX-512 จะส่งสัญญาณข้อมูลระหว่างวงจรภาคส่งและวงจรภาครับรูปแบบในการส่งได้อธิบายไว้ในเนื้อหา DMX -512 แพคเกต แต่ในทางกายภาพ เพื่อให้เข้าใจวิธีการรับส่งสัญญาณ DMX -512 จำเป็นจะต้องมีความรู้พื้นฐาน ELA 485 ซึ่งส่วนมากเราจะคุ้นเคยในชื่อRS 485 มากกว่า ELA 485 แต่จะมีความแตกต่างกับพอร์ต RS 232 ที่พวกเรารู้จัก ซึ่งอยู่ด้านหลังของ เครื่องคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามลักษณะทางกายภาพไม่เหมือนกันอย่างแน่นอน

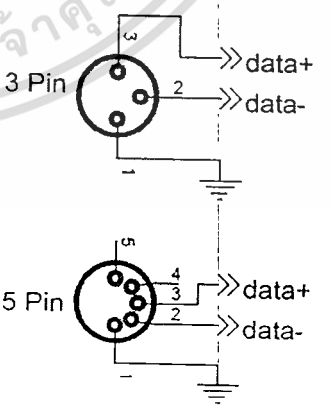
ในมาตรฐาน DMX-512 เหมือนกับ RS 485 คือจะใช้สายไฟ 2 หรือ 3 เส้น ในการส่งสัญญาณดิจิตอล เป็นระดับสูง(+)และระดับต่ำ(-)คือ

1) สายสัญญาณบวก (data+, +S)

2) สายสัญญาณลบ (data-,- S)

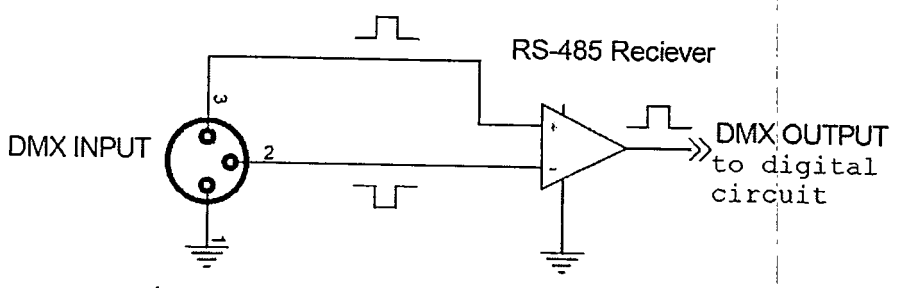
3) สายสัญญาณ 0 หรือสายสัญญาณ GND (0 V)

สัญญาณที่เอาท์พุทจะเป็น 1 ได้ ก็ต่อเมื่อ สายสัญญาณบวก มีระดับสูงกว่าสายสัญญาณลบ

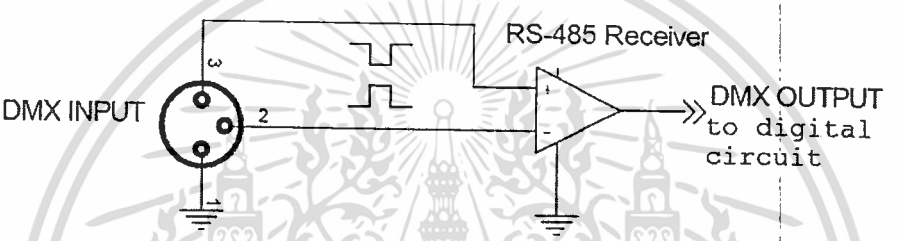


รูปที่ 2.3 คอนเนคเตอร์สำหรับ DMX-512 มีใช้ทั้งแบบ 3 ขา และ 5 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะสัญญาณทางกายภาพเมื่อเอาท์พุทเป็น 1
สัญญาณที่เอาท์พุทจะเป็น 0 เมื่อต่อ สายสัญญาณบวกมีระดับต่ำกว่าสายสัญญาณลบ



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะสัญญาณทางกายภาพเมื่อเอาท์พุทเป็น 0

ความสำคัญที่น่าสนใจระหว่างสัญญาณข้อมูล 2 สัญญาณ คือ จะไม่มีความแตกต่างระหว่างของสัญญาณ เมื่อนำกราวด์เป็นจุดอ้างอิง ดังนั้นสายกราวด์อาจจะไม่ต้องใช้ในการติดตั้ง ELA 485 คือสายสองเส้นแบบตีเกลียวก็ใช้ได้ ระดับความต่างศักย์สูง (Hi) หรือ ต่ำ(Low)ในการเชื่อมต่อแบบ RS 485 ของสายสัญญาณทั้ง 2 เส้นสามารถใช้ได้สูงถึง +12 โวลท์(เทียบกับกราวด์) หรือต่ำลงมาที่ -7 โวลท์ (เทียบกับกราวด์)

สำหรับระดับแรงดันที่ถือว่าอยู่ในช่วงต่ำ(Low)ของ ELA 485 จะใช้ระดับแรงดันต่ำที่ 200 mV ลงมา หรือ 1 ใน 5 ของแรงดันสูง การปฏิบัติการเกี่ยวกับโหนดร่วมจะใช้ความสัมพันธ์ของความแตกต่างของแรงดันระหว่างสาย 2 เส้นเป็นสำคัญ ดังนั้นส่วนมากในทางปฏิบัติ การใช้งานสายกราวด์จะใช้เป็นสายชิลด์เท่านั้น และจะใช้เช่นเดียวกันในการส่งสัญญาณ DMX -512 ซึ่งทำให้เกิดข้อดีที่เป็นประโยชน์ 2 อย่างคือ

1. สัญญาณรบกวน(Noise)ที่เกิดขึ้นระหว่างทางจะมีค่าเท่ากันและเฟสเหมือนกัน
2. ถ้าสัญญาณที่ส่งออกจากวงจรด้านส่งกำหนดให้มีขนาด +/- 5 โวลท์ แต่เมื่อผ่านเข้ามาในสายที่มีความต้านทานสูงทำให้เกิดการสูญเสียและเมื่อมาถึงวงจรภาครับ สมมุติสัญญาณลดลงเหลือ +/-100mV เหมือนกับข้อมูลเกิดความผิดพลาดกลายเป็นระดับต่ำ แต่สำหรับ RS-485 เมื่อทางวงจรขยายความแตกต่างทำงาน เปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณข้อมูล จะมีระดับแรงดันที่ 200 mV ซึ่งยังเป็นระดับสูงที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 มาตรฐานการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลมีรูปแบบที่ใช้กันอยู่หลายแบบ แต่มาตรฐานที่มักพบบ่อยๆมีดังนี้

2.4.1 มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบ RS -232

ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS 232 จะใช้สายเพียงคู่เดียวในการส่งสัญญาณ โดยสามารถส่งสัญญาณทิศทางเดียว อัตราเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลเท่ากับ 20 กิโลบิตต่อวินาที และระยะทางในการส่งข้อมูลไม่ควรเกิน 15 เมตร (50 ฟุต) แต่ในทางปฏิบัติ ถ้าต้องการส่งข้อมูลมากกว่า 20 กิโลบิตต่อวินาที ก็สามารถทำได้ แต่ต้องใช้สายเคเบิลสั้นกว่า 15 เมตร สำหรับการส่งข้อมูลจะใช้ระดับแรงดันแทนค่าทางตรรก (Logic) ของข้อมูลโดยระดับแรงดันที่มีค่าระหว่าง -3 โวลต์ ถึง -25 โวลต์จะแทนค่าสถานะ 0 (Low)และระดับแรงดันที่ +3 โวลต์ ถึง +25 โวลต์ แทนสถานะ 1 (Hi)

2.4.2 มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบ RS -422A

การพยายามที่จะออกแบบให้การสื่อสารข้อมูลให้ได้เร็วยิ่งขึ้นและมีระยะทางในการสื่อสารข้อมูลที่ไกลขึ้น ซึ่งที่ผ่านมาการสื่อสารข้อมูลตาม มาตรฐาน RS-232 ได้ออกแบบมาเพื่อใช้เชื่อมโยงกับโมเด็ม จึงไม่ได้คำนึงถึงความเร็วและระยะทางในการสื่อสาร แต่ปัจจุบันมีการออกแบบมาเพื่อรองรับความต้องการของการใช้งาน ที่ต้องการให้รับ–ส่งข้อมูลได้ไกลขึ้น คือ มาตรฐาน RS–422A ซึ่งจะใช้สัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียล คือ สัญญาณที่รับและส่งจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณ 2 เส้น ซึ่งในการสื่อสารในระยะทางไกลๆ เมื่อมีการลดทอนของสัญญาณจะมีการลดทอนสัญญาณทั้งสองสายด้วยค่าที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผลการลดทอนต่อสัญญาณที่ระยะการสื่อสารไกลมีผลต่อสัญญาณดิฟเฟอเรนเชียลน้อยมาก การสื่อสารข้อมูลแบบนี้จึงสามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่าและมีอัตราเร็วในการส่งข้อมูลสูงกว่า RS - 232

2.4.3 มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบ RS -485

เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนามาจากมาตรฐาน RS–422 ให้มีประสิทธิภาพในการสื่อสารเพิ่มขึ้น โดยมีการพัฒนาให้วงจรของตัวขับสัญญาณเป็นแบบ 3 สถานะ (Tri State) ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้สองทิศทางบนสายคู่เดียวและสามารถต่อเครือข่ายแบบ Multi-drop คือ สามารถสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทั้งการรับและการส่งได้สูงสุดถึง 32 ตัว ซึ่งเป็นการรับและส่งข้อมูลแบบ (Half – duplex) บนสายสัญญาณคู่เดียว

2.5 มาตรฐานที่ใช้ในการส่งสัญญาณ DMX–512

ในการส่งสัญญาณ DMX-512 ใช้มาตรฐาน RS-485 (EIA-485) เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง (Data Terminal Equipment : DTE) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Data Circuit–terminating Equipment : DCE) เพื่อใช้ในการส่งผ่านข้อมูลไบนารี (binary) แบบอนุกรม (Serial) เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณแบบสมดุล ซึ่งแต่ละสัญญาณที่ส่งไปบนสายนำสัญญาณจะมีความสมบูรณ์ของวงจรไฟฟ้า จะมีกระแสไฟฟ้าในสายนำสัญญาณไหลสวนทางกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายกราวด์ ทำให้สามารถใช้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้สูงถึงประมาณ 10 เมกะบิตต่อวินาที และส่งข้อมูลได้ไกลที่สุดถึง 1,200 เมตร (4,000 ฟุต) ซึ่งสามารถใช้ได้ดีกับมาตรฐาน DMX -512 ที่มีการส่งสัญญาณข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุดถึง 250 กิโลบิตต่อวินาที และ RS 485 ยังสามารถต่อใช้งานในภาครับ (receiver) ได้ถึง 32 ชุด ซึ่งเราจะต้องนำ Splitter หรือตัวแยกสัญญาณมาใช้งาน โดยที่ตัวแยกสัญญาณจะประกอบไปด้วยคอนเนคเตอร์อินพุทและคอนเนคเตอร์เอาท์พุท และค่าของความต้านทานที่ต่อคร่อมระหว่างคู่สายสัญญาณมีค่า 60โอห์มหรือมากกว่า (ประมาณ 120โอห์ม) ในการส่งสัญญาณข้อมูล สามารถส่งได้ทั้งสองทิศทาง คือทั้งส่งและรับไปบนสายคู่ตีเกลียว(twist pair) ซึ่งมีสายชิลด์ทำหน้าที่เสมือนเป็นกราวด์ของสายสัญญาณ มีคุณสมบัติช่วยป้องกันการเกิดสัญญาณรบกวนที่อาจเกิดขึ้น ในขณะส่งสัญญาณข้อมูลทั้งสองเส้น และเมื่อส่งในระยะทางไกลๆ จะทำให้การส่งมีประสิทธิภาพ ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ การเชื่อมต่อแต่ละจุดสามารถติดต่อสื่อสารได้อย่างเป็นอิสระต่อกัน สัญญาณตามมาตรฐานของ DMX -512 นั้นจะมีส่วนประกอบทางไฟฟ้าอยู่ในย่านความถี่วิทยุ คุณลักษณะในสายเคเบิลของระบบ DMX -512 นั้น ควรจะมีคุณลักษณะอิมพิแดนซ์(Characteristic Impedance) ที่มีค่าเท่ากับ 120 โอห์ม (ในมาตรฐาน DMX -512 ค่าความต้านทานที่ใช้ควรอยู่ในระหว่าง 100-120 โอห์ม) ซึ่งโดยปกติที่ปลายทางของสายสัญญาณที่ว่างต้องต่อด้วยตัวต้านทาน 120โอห์ม

2.6 การประยุกต์การใช้งานของมาตรฐาน DMX-512

2.6.1 ใช้ในการปรับควบคุมแสงในสตูดิโอ(Studio Lighting)

2.6.2 ใช้ในการปรับควบคุมเกี่ยวกับแสงทางด้านสถาปัตยกรรม

2.6.3 DMX-512 ที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นแผงควบคุม

2.6.4 ใช้ในระบบควบคุมในตู้สาขาในชุมสายโทรศัพท์(PABX/Telephone)

2.6.5 ใช้เชื่อมต่อกันภายในพื้นที่ และเครือข่ายพื้นที่ที่กว้าง(Wide Area Network) ตัวอย่างเช่น ในระบบเครือข่ายของอีเทอร์เนต (Ethernet) และโทเคนริง (Token ring)

2.6.6 สามารถใช้ในการเชื่อมไปสู่ระบบแลน (LAN: Local Area Network) แบบที่ไร้สาย ตัวอย่างเช่น เอส-อโลฮา(S-Aloha) และ สเปคตรัม (Spectrum)

2.6.7 ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ซึ่งสามารถทำการควบคุมด้วยความถูกต้องและแม่นยำ

2.6.8 ใช้ในการควบคุมร่วมกับอุปกรณ์มัลติมิเดียวีอาร์(Multi-media VR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVRs กับ DMX

หัวใจในการทำงานของวงจรมัลติเพล็กซ์และวงจรดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ก็คือไมโครคอนโทรลเล่อร์ โดยปรกติแล้วสามารถนำมาใช้ได้หลายตระกูล เช่น ตระกูล PIC ของบริษัท MICROCHIP ตระกูล AVR ของบริษัท ATMEL เป็นต้น แต่ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ AVR ด้วยเหตุผลคือ สามารถหาอุปกรณ์ได้ง่าย ราคาไม่แพง สะดวกในการลงหรือลบโปรแกรมด้วยวิธีที่ไม่ยุ่งยาก และสามารถลงโปรแกรมในวงจร ISP (In System Programming)ได้

2.8 การส่งผ่าน(Transmission)สัญญาณ DMX ด้วย AVRs

2.8.1 บทนำ (Introduction)

ในหัวข้อนี้จะแนะนำโปรแกรมการส่งสัญญาณ DMX ด้วยไมโครคอนโทรลเล่อร์ ตระกูล AVR ด้วยการเขียนรหัสในภาษา AVRASM สำหรับการส่งสัญญาณ DMX ด้วย AVRs ทำงานที่ความถี่ 8MHz

2.8.2 โปรโตคอล DMX 512

DMX512 เป็นโปรโตคอลการสื่อสาร อนุกรม(Serial)ชนิดสมดุล(Balance) เช่นเดียวกันกับ RS-485 มีอัตราบอด(Baud Rate)ขนาด250 Kbit/sec ในหนึ่งระบบบัสมี 1 แม่(Master)สามารถต่อลูก(Slave)ได้ 32 และจำนวนลูกสามารถเพิ่มได้โดยการใช้สปลิทเตอร์หรือบูสเตอร์ต่อพ่วง ในหนึ่งยูนิเวอร์ส(Universe) ประกอบด้วย 512 เฟรม (ช่อง) ภาวะเริ่มต้นการส่งผ่านโดย เบรค (Break) ระดับต่ำ(LO) เวลา >88μs และมาร์คอัฟเตอร์เบรก(Mark After Break MAB) ระดับสูง (HI) เวลา >8μs และสตาร์ทไบท์(บางทีเรียกว่าสตาร์ทโค๊ด)ปรกติเป็น 0 ใน 1 เฟรม ประกอบด้วย 1 สตาร์ทบิท 8 ดาต้าบิท และ 2 สต๊อปบิท(8n2)

2.8.3 Description of the code

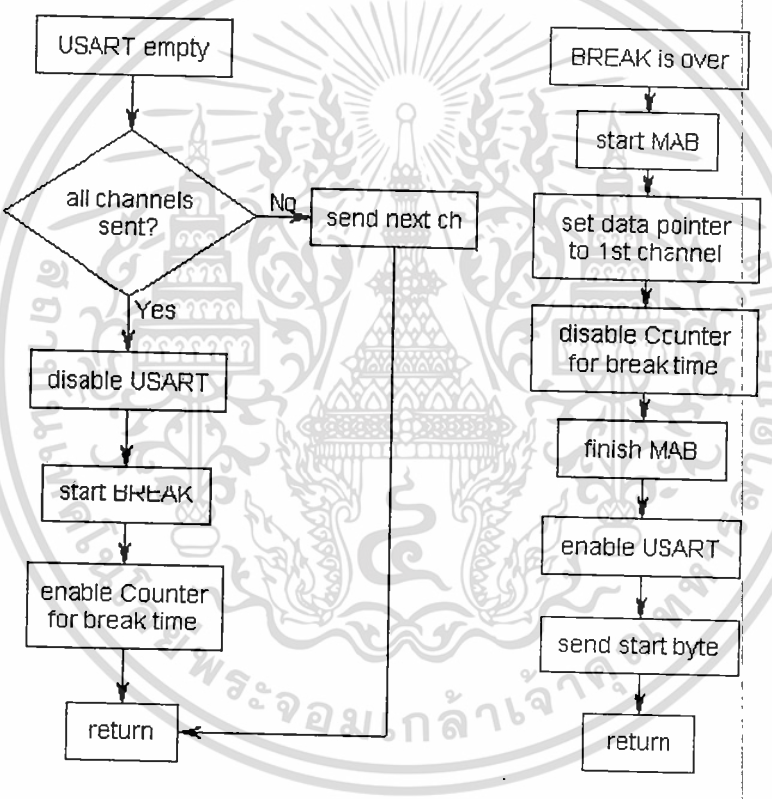
รหัส(Code)ประกอบด้วยการเริ่มต้นของไทเมอร์และ USART และสอง ISRs ส่วน "USART ดาต้ารีจิสเตอร์เอมพ์ตี้" จะขัดจังหวะรูทีนบริการ โดยเลื่อนดาต้าของช่องในดาต้ารีจิสเตอร์ จนกว่าจะเสร็จสิ้นการส่งครบหมดทุกช่อง และแล้ว USART จึงดิสเอเบิล ต่อขาTxD ลง GND นาน 90μs อันนี้จะจำว่าเป็นการเบรกโดยเครื่องรับ เพื่อปรับปรุงการกระทำจึงต้องใช้เวลาการดีเลย์เพื่อการนี้เท่ากับ 0 โดยใช้ไทเมอร์เพื่อคอย 90μs เพื่อให้จบการเบรค รูทีน 'Overflow0' จะถูกเรียก ทำให้ขาTxD ต่อเข้ากับ VCC นาน 8μs เพื่อส่ง MAB สุดท้าย USART จะเอนาเบิลอีกครั้งและสตาร์ทบิท(=0) จะชิฟ UDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับส่วนใหญ่ต้องการ ยูนิเวอร์สที่มากกว่า 50 ช่อง (มิฉะนั้นแล้วอัตราการรีเฟรสจะสูงเกินไป) แต่หากเราต้องการช่องน้อยกว่านี้ ก็ต้องใช้วิธีส่งค่าศูนย์ในช่องไปบ้าง ต้องคำนึงเสมอว่า USART ดิสเอเบิลหลังจากดาต้าทั้งหมดถูกส่งออกไป ด้วยเหตุนี้จึงมีเบรคดีเลย์ที่ยาวกว่า

ค่าคงที่ต่อไปนี้ใช้ในกรณี คล๊อค 8MHz:

```
;***constants
#define     BREAK_LENGTH 133        ;Timer-val for 89µs BREAK
#define     MARK_LENGTH 20          ;val for 8µs MARK
```



รูปที่ 2.6 Flow Chart การส่งผ่าน DMX ด้วย AVR

2.8.4 การเริ่มต้น (Initialization)

รหัสต่อไปนี้เริ่มต้น USART ถึง 8n2 :

```
ldi     temp, 0x01                  ;set USART to 250 kbaud @ 8Mhz
out     UBRRL, temp
ldi     temp, 0x00
out     UBRRH, temp
ldi     temp, (1<<URSEL)|(3<<UCSZ0) |(1<<USBS)     ;8n2
out     UCSRC, temp
sbi     UCSRB, UDRIE                ;enable UDR empty IRQ
sbi     UCSRB, TXEN                 ;enable USART transmitter
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสต่อไปนี้เริ่มต้น ไทเมอร์ 0 ถึง 1μs/tick :

```
clr     temp
out     TIMSK, temp                 ;disable all timer irqs
sbr     temp, (1<<CS01)             ;set T0 to clk/8
out     TCCR0, temp
```

ดาต้าฟิลด์ท้ายและพอยเตอร์จะต้องรีเซท:

```
clr     temp
ldi     YH, high(RAMSTART)          ;set pointer to base address of DMX field
ldi     YL, low(RAMSTART)
ldi     tempH, (high(CHANNELS) +1)
ldi     tempL, low(CHANNELS)

data_loop:
st      Y+, temp                    ;clear ch
dec     tempL
brne    data_loop
dec     tempH
brne    data_loop
```

2.8.5 UDR Empty ISR

รูทีนต่อไปนี้จะต้องถูกเรียกทันทีเมื่อ UDR พร้อมสำหรับดาต้าบิทอื่นๆ:

```
cpi     YL, low(RAMSTART +CHANNELS)     ;test if all ch already sent
brne    sb1
cpi     YH, high(RAMSTART +CHANNELS)
brne    sb1


;**** send BREAK
cbi     UCSRB, TxEN                 ;disable transmitter
cbi     UCSRB, UDRIE                ;disable UDR empty irq (this)
cbi     PortD, PD1                  ;pull TxD pin down
ldi     temp, BREAK_LENGTH
com     temp                        ;calc T0 offset
out     TCNT0, temp
in      temp, TIFR
sbr     temp, (1<<TOV0)             ;clear overflow flag
out     TIFR, temp
in      temp, TIMSK
sbr     temp, (1<<TOIE0)            ;enable T0 overflow interrupt
out     TIMSK, temp
rjmp    sb_finish

sb1: ;send new ch
ld      temp, Y+                    ;load data from SRAM
out     UDR,temp                    ;send data

sb_finish:
reti
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.6 Timer 0 Overflow ISR

เพื่อที่จะเสร็จสิ้น เบรก(Break) จะต้องดำเนินการต่อไปนี้:

```
;**** send MARK AFTER BREAK
sbi     PortD, PD1              ;pull TxD pin up
ldi     YH, high(RAMSTART)      ;reset data pointer
ldi     YL, low(RAMSTART)
in      temp, TIMSK
cbr     temp, (1<<TOIE0)        ;disable T0 overflow interrupt (this)
out     TIMSK, temp
ldi     temp, MARK_LENGTH       ;wait till MAB has finished

MAB_loop:
dec     temp
brne    MAB_loop
sbi     UCSRB,TXEN              ;enable USART TxD
sbi     UCSRB, UDRIE            ;enable data empty irq
clr     temp                    ;send start byte (=0)
out     UDR, temp

reti
```

2.9 การรับ(Reception)สัญญาณ DMX ด้วย AVRs

2.9.1 บทนำ(Introduction)

ในหัวข้อนี้จะแนะนำโปรแกรมการรับสัญญาณ DMX ด้วยไมโครคอนโทรลเล่อร์ ตระกูล AVR ด้วยการเขียนรหัสในภาษา AVRASM สำหรับการรับสัญญาณ DMX ด้วย AVRs ทำงานที่ความถี่ 8MHz

2.9.2 โปรโตคอล DMX 512

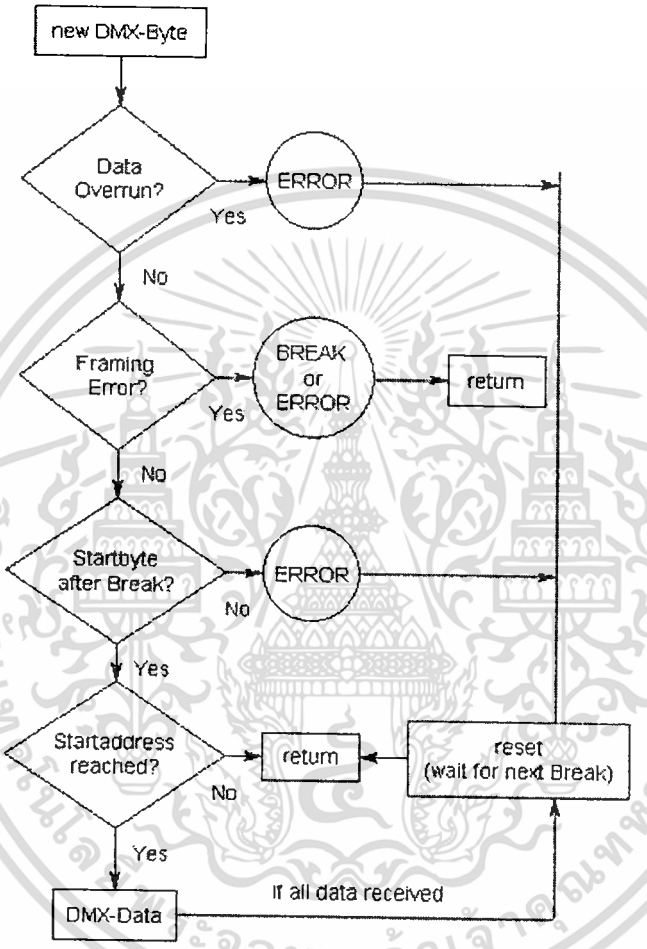
DMX512 เป็นโปรโตคอลการสื่อสาร อนุกรม(Serial)ชนิดสมดุล(Balance) เช่นเดียวกันกับ RS-485 มีอัตราบอด(Baud Rate)ขนาด250 Kbit/sec ในหนึ่งระบบบัสมี 1 แม่(Master)สามารถต่อลูก(Slave)ได้ 32 และจำนวนลูกสามารถเพิ่มได้โดยการใช้สปลิทเตอร์หรือบูสเตอร์ต่อพ่วง ในหนึ่งยูนิเวอร์ส(Universe) ประกอบด้วย 512 เฟรม (ช่อง) ภาวะเริ่มต้นการส่งผ่านโดย เบรค (Break) ระดับต่ำ(LO) เวลา >88μs และมาร์คอัฟเตอร์เบรก(Mark After Break MAB) ระดับสูง (HI) เวลา >8μs และสตาร์ทไบท์(บางทีเรียกว่าสตาร์ทโค๊ด)ปรกติเป็น 0 ใน 1 เฟรม ประกอบด้วย 1 สตาร์ทบิท 8 ดาต้าบิท และ 2 สต๊อปบิท(8n2)

2.9.3 Description of the code)

การรับสัญญาณที่ปราศจากความผิดพลาดควรมีลักษณะดังนี้:

หลังจากที่ได้รับดาต้าไบท์และสภาวะจาก USART เรารู้ว่าเฟรมที่ผิดพลาดสามารถเบรกเชื่อว่าต้องเบรค เราเบรคมันไว้ในสภาวะ DMX และย้อนกลับ หากมีเบรกก่อน ไบท์ต่อไปจะต้องเป็นสตาร์ทไบท์ (=0) หากไบท์เป็น 0 จริง เราเพิ่มสถานะ DMX ได้แอดเดรสเริ่มต้นและรีเซทเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 Flow Chart การรับ DMX ด้วย AVR

2.9.4 การเริ่มต้น(Initialization)

รหัสต่อไปนี้เอนาเบิล USART และตั้งไปถึง 8n2:

```
ldi     temp, 0x01                  ;set USART to 250 kbaud @ 8Mhz
out     UBRRL, temp
ldi     temp, 0x00
out     UBRRH, temp
ldi     temp, (1<<URSEL)|(3<<UCSZ0)|(1<<USBS) ; 8n2
out     UCSRC, temp ;
clr     dmx_status                  ;set DMX state to 'wait for reset'
in      dmx_Byte, UDR               ;clr Rx IRQ
out     UCSRA, dmx_status           ;clr err flags
sbi     UCSRB, RXCIE                ;enable Rx complete IRQ
sbi     UCSRB, RXEN                 ;enable USART receiver
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.5 Interrupt Service Routine

เสตทแมชชีนต่อไปนี้จะต้องถูกเรียกใน "UART Receive Complete Interrupt" -ISR:

```
get_byte:
        in      temp,UCSRA              ;get USART state
        in      dmx_Byte,UDR            ;get data
        sbrc    temp,DOR                ;check for overrun -> wait for reset
        rjmp    overrun
        sbrc    temp,FE                 ;check for framing error -> got reset
        rjmp    frame_error
        inc     dmxcountL               ;count incoming frames
        brne    gb_1
        inc     DMXcountH
    gb_1:
        cpi     dmx_status, 1           ;check start byte (else framing error -> reset)
        breq    startbyte
        cpi     dmx_status, 2           ;check start address
        breq    startadr
        cpi     dmx_status, 3           ;handle your data!
        breq    handle_byte
        reti
startbyte:
        cpi     dmx_byte, 0             ;if 0 -> got start byte
        brne    overrun
        inc     dmx_status              ;wait for start address of device
        clr     dmxcountH               ;reset frame counter
        clr     dmxcountL
        in      adresseL, PinC          ;get start address from DIPs
        com     adresseL
        clr     adresseH
        sbis    PinE, BIT9              ;9th bit
        inc     adresseH
        reti
startadr:
        clc
        cp      dmxcountL, adresseL
        cpc     dmxcountH, adresseH
        brne    gb_exit
        inc     dmx_status              ;further bytes should be handled
handle_byte:
        clr     dmx_status
        ...                             ;work with your data...
        reti
frame_error:
        inc     dmx_status              ;got possible break -> check start byte next
        cbi     UCSRA,FE                ;clear flag
        reti
overrun:
        clr     dmx_status              ;wait for next break
gb_exit:
        reti
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

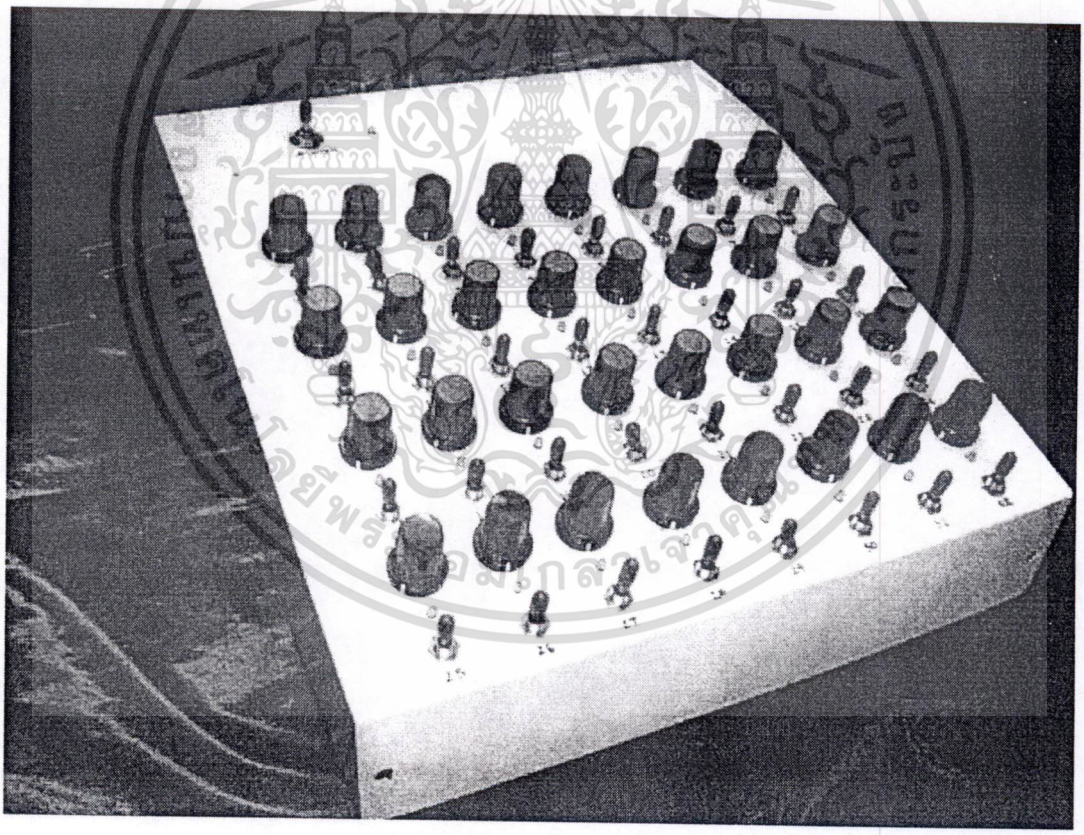
บทที่ 3

เครื่องควบคุมหลัก(Master Control)

มัลติเพล็กซ์ DMX-512 (Multiplex DMX-512)

3.1 บทนำ

เครื่องควบคุมหลัก หรือ วงจรมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณควบคุมซึ่งในการออกแบบนี้กำหนดเป็นสัญญาณอนาลอก ระดับดีซี 0-5 โวลท์ (หรือ 0-10 โวลท์) มีทั้งหมด 32 ช่อง ให้เป็นโปรโตคอล DMX-512 ซึ่งก็คือสัญญาณในรูปแบบอนุกรม สำหรับส่งไปควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางเครื่องควบคุมรอง(De-multiplex DMX-512) หัวใจในการทำงานของวงจรมัลติเพล็กซ์ก็คือ ไมโครคอนโทรลเล่อร์ตระกูล AVR ของบริษัท ATMEL



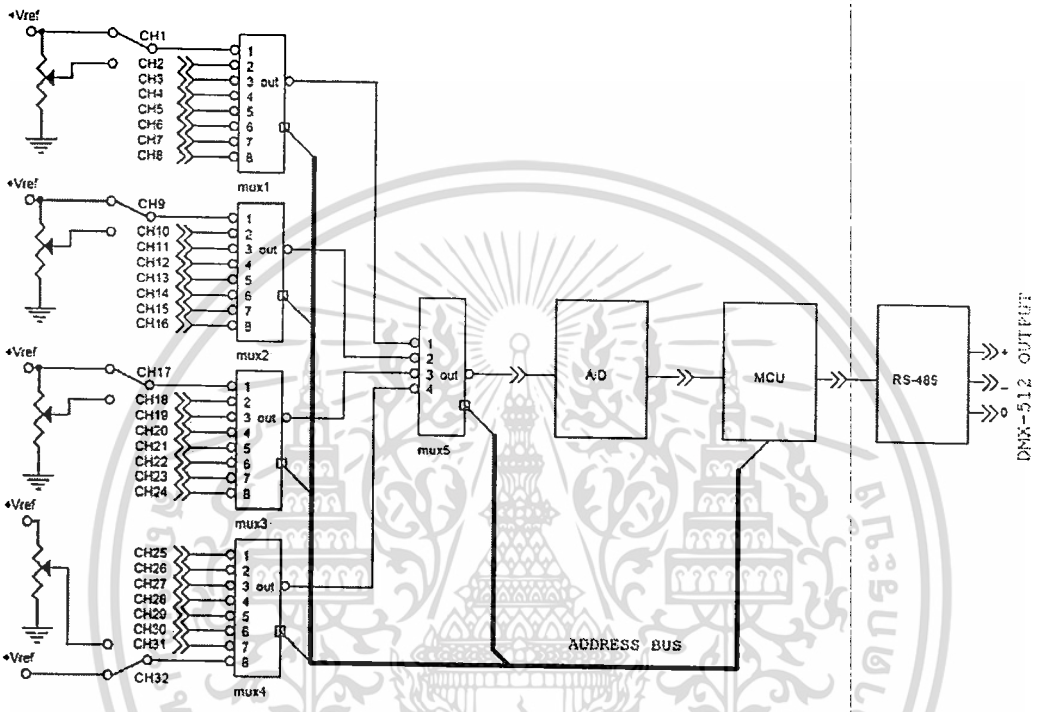
รูปที่ 3.1 เครื่องควบคุมหลัก ขนาด 32 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

84554

3.2 การออกแบบและการทำงาน

วงจรมัลติเพล็ก DMX-512 ที่ออกแบบและใช้งานเป็นเครื่องควบคุมหลัก ขนาด 32 ช่อง ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรม วงจรมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ขนาด 32 ช่อง

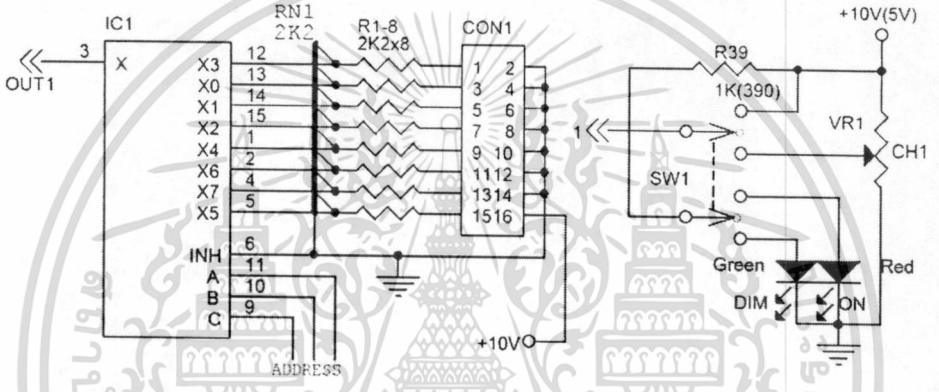
จำนวนช่องในการควบคุมมี 32 ช่อง สัญญาณควบคุม Vref มาจากไฟดีซีคงที่ 5 โวลท์ เมื่อต่อไฟบวก 5 โวลท์เข้าโดยตรงเป็นการเปิด(ON)อุปกรณ์ไฟฟ้าทางเครื่องควบคุมรอง และหากปรับระดับไฟดีซีผ่านตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ก็เป็นการควบคุมด้วยการหรี่ไฟให้กับอุปกรณ์ทางเครื่องควบคุมรอง สัญญาณควบคุมทั้ง 32 ช่องถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 8 ช่อง ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะกับอุปกรณ์ที่นำมาใช้ ซึ่งในที่นี้เป็นไอซี อนาลอกมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง 4 ตัว โดยกำหนดแอดเดรสเลือกช่องเรียงตามลำดับตั้งแต่ช่องที่ 1 ถึง ช่อง 32 และเอาท์พุทของ ไอซี อนาลอกมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง ทั้ง4 ตัวถูกป้อนเข้าไปยัง ไอซี อนาลอกมัลติเพล็กซ์ ตัวที่ 5 ดังนั้นสัญญาณอนาลอกทั้ง 32 ช่อง จะถูกเรียงลำดับเพื่อป้อนเข้าวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล(A to D) ก่อนป้อนเป็นดาต้าอินพุทเข้าไอซีไมโครคอนโทรลเล่อร์ ซึ่งใช้ไอ.ซี.ตระกูล AVR ของบริษัท ATMEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเล่อร์ ทำงานที่ความถี่คล็อค 8 MHz ถูกโปรแกรมให้จัดการกระบวนการโปรโตคอล DMX-512 โดยสัญญาณ DMX-512 ที่ได้ออกมาจะถูกปรับเปลี่ยนเป็นรูปแบบสัญญาณสื่อสารอนุกรมชนิดสมดุลในแบบของ RS-485 ทั้งนี้จะทำให้สัญญาณ DMX-512 สามารถส่งได้ไกลเป็นกิโลเมตรและเกิดการรบกวนต่ำ

3.3 วงจรมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง

ในส่วนวงจรอนาลอกมัลติเพล็กซ์ 8 ช่องทั้ง 4 ชุด มีลักษณะวงจรเหมือนกันดังรูปที่ 3.2 ประกอบด้วยไอซีอนาลอกมัลติเพล็กซ์ 8 ช่องและแผงหน้าปัดควบคุมทั้ง 8 ช่อง รวมทั้งสิ้นสามารถ

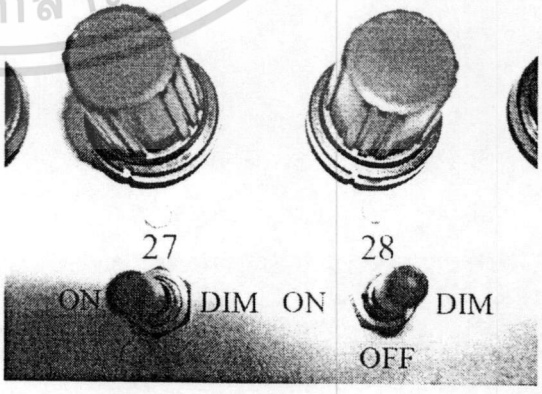


รูปที่ 3.3 วงจรมัลติเพล็ก 8 ช่อง จากทั้งหมด 32 ช่อง

ควบคุมได้ 32 ช่อง ซึ่ง SW1 จะเป็นตัวเลือกการควบคุมด้วยการเปิด(ON) หรือ การปรับหรี่(DIM) ในกรณีเปิด ตัวสวิทช์จะต่อไฟดีซีโดยตรงเข้าวงจรและ LED สีแดงจะติด เมื่อเลือกปรับหรี่ ไฟดีซีจะผ่านการปรับด้วย VR1 ก่อนป้อนเข้าวงจร และ LED สีเขียวจะติด สำหรับในวงจรนี้ใช้ไฟควบคุม 10V แต่หากจะใช้ 5V ต้องไม่ใช้ R1-R8

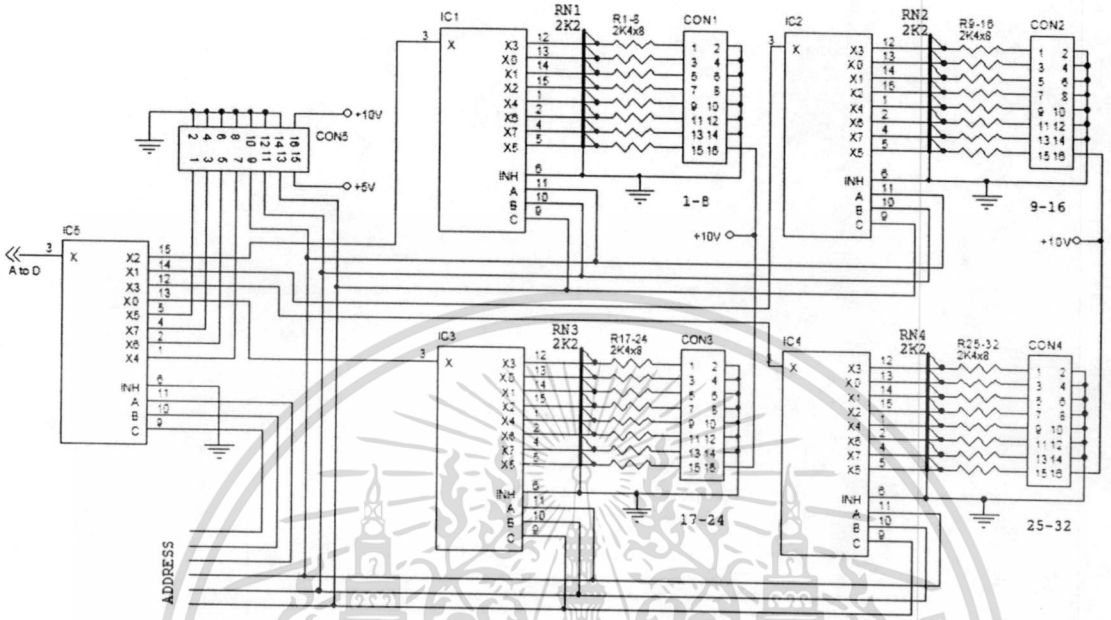
3.4 วงจรมัลติเพล็กซ์ 32 ช่อง

เอาท์พุทจากวงจรอนาลอกมัลติเพล็กทั้ง 4 ถูกป้อนเข้าอนาลอกมัลติเพล็กซ์ตัวที่ 5 เพื่อให้เหลือเอาท์พุทชุดเดียว โดยสัญญาณอนาลอกจากช่อง 1 ถึง 32 ถูกจัดเรียงเป็นอนุกรมด้วย แอดเดรสบัสจาก AVR เพื่อป้อนเข้าไปสู่วงจร A to D คอนเวอเตอร์

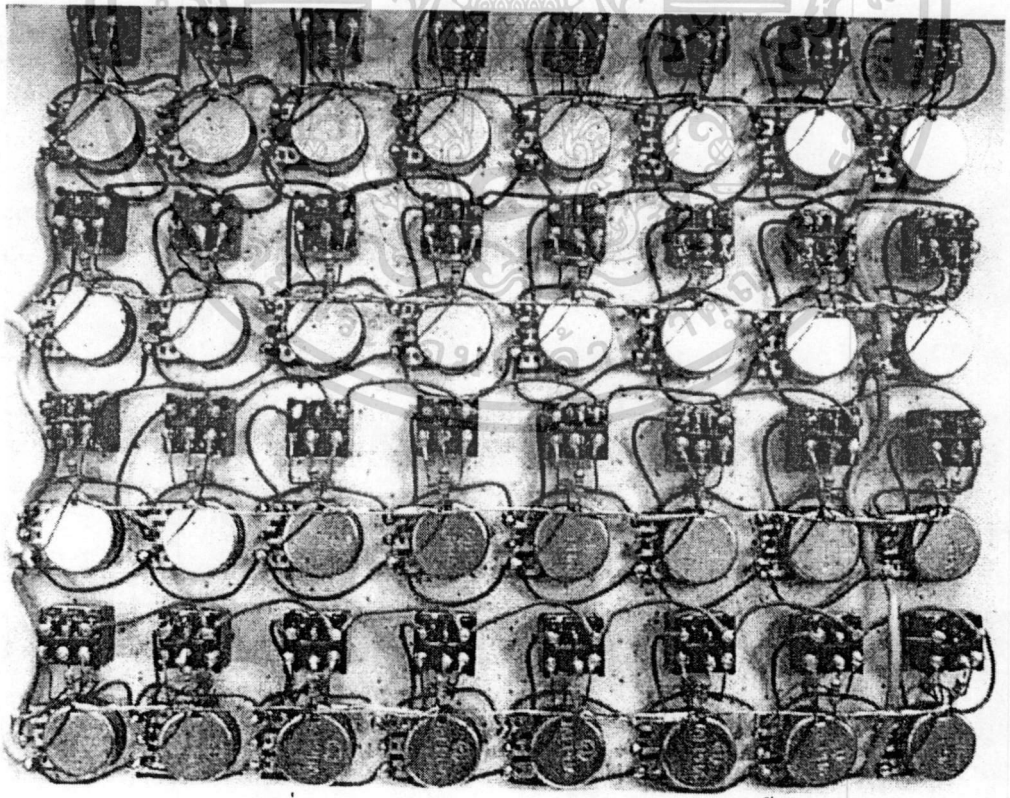


รูปที่ 3.4 รูปแสดงปุ่มปรับหรี่ไฟ. LED และ สวิทช์เลือกการทำงานของช่อง 27 และ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรมัลติเพล็ก 32 ช่อง

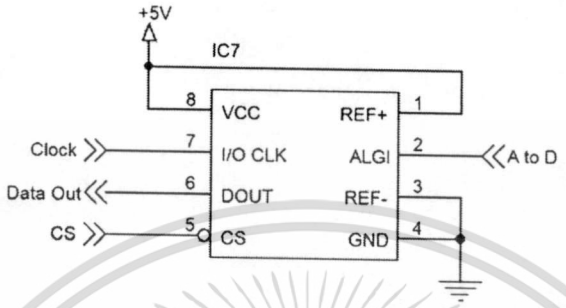


รูปที่ 3.6 รูปแสดงการประกอบอุปกรณ์ควบคุมทั้ง 32 ช่อง

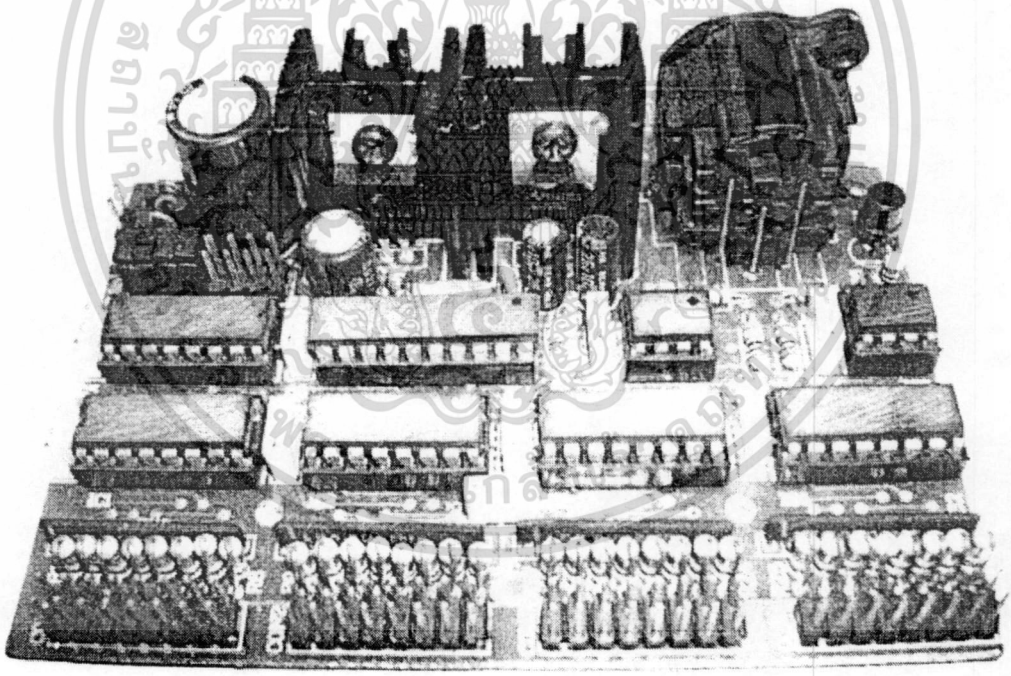
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจร A to D Converter

วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเลือกใช้ไอซี A to D ชนิด 8Bit Serial Control



รูปที่ 3.7 วงจร A to D Converter

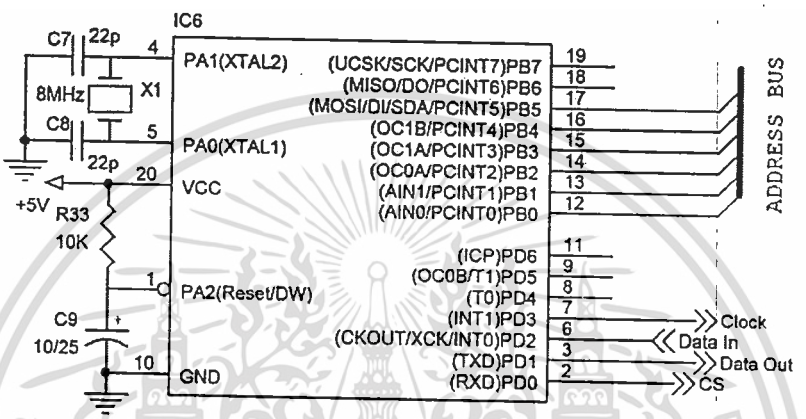


รูปที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์วงจรมัลติเพล็กซ์ 32 ช่อง เมื่อประกอบลงปริ้นซ์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรไมโครคอนโทรลเล่อร์ AVR

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นAVR ของบริษัท ATMELทำงานที่ความถี่คล็อค 8 MHz โดยมีคริสตอลต่อประกอบเป็นออสซิลเลเตอร์จากภายนอก R33 และ C9 ทำหน้าที่รีเซทเมื่อเปิดเครื่องตอนแรก พอร์ท PB0 ถึง PB5 ถูกใช้เป็นแอดเดรสบัส ไปควบคุมวงจรอนาลอกมัลติเพล็กซ์



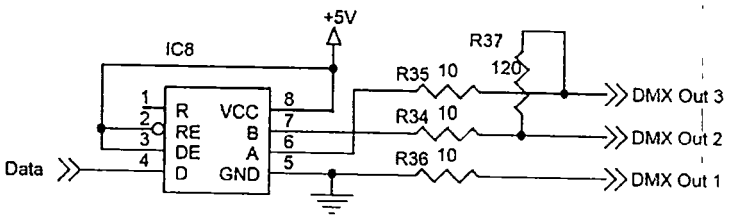
รูปที่ 3.9 วงจรไมโครคอนโทรลเล่อร์ AVR

สัญญาณ Clock จาก PD3 และสัญญาณ CS จาก PD0 ต่อไปเข้าวงจรไอซี A to D Converter สำหรับสัญญาณควบคุมที่ถูกแปลงเป็นดิจิตอลแล้วจาก A to D Converter จะป้อนเป็น Data In เข้าทาง PD2

AVR ถูกโปรแกรมให้ดำเนินการและจัดการ Data In เป็นโปรโตคอลมาตรฐาน DMX-512 ได้สัญญาณออกทาง PD1 ไปเข้าวงจร RS-485

3.7 วงจร RS-485

สัญญาณ DMX-512 ที่ออกมาจากไมโครคอนโทรลเล่อร์ เป็นสัญญาณไม่สมดุล(Un-balance) จึงต้องทำให้เป็นสัญญาณสมดุล(Balance) ด้วยวงจรไอซี RS-485 สัญญาณออก DMX Out1 คือสัญญาณ 0V สัญญาณออก DMX Out2 คือ data- และสัญญาณออกDMX Out3 คือdata+

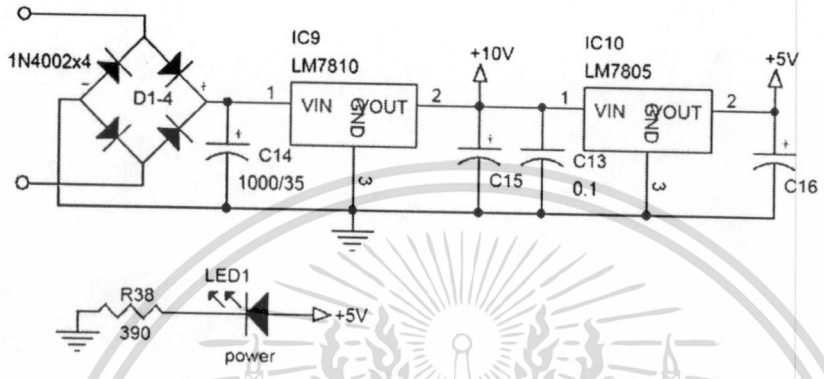


รูปที่ 3.10 วงจร RS-485

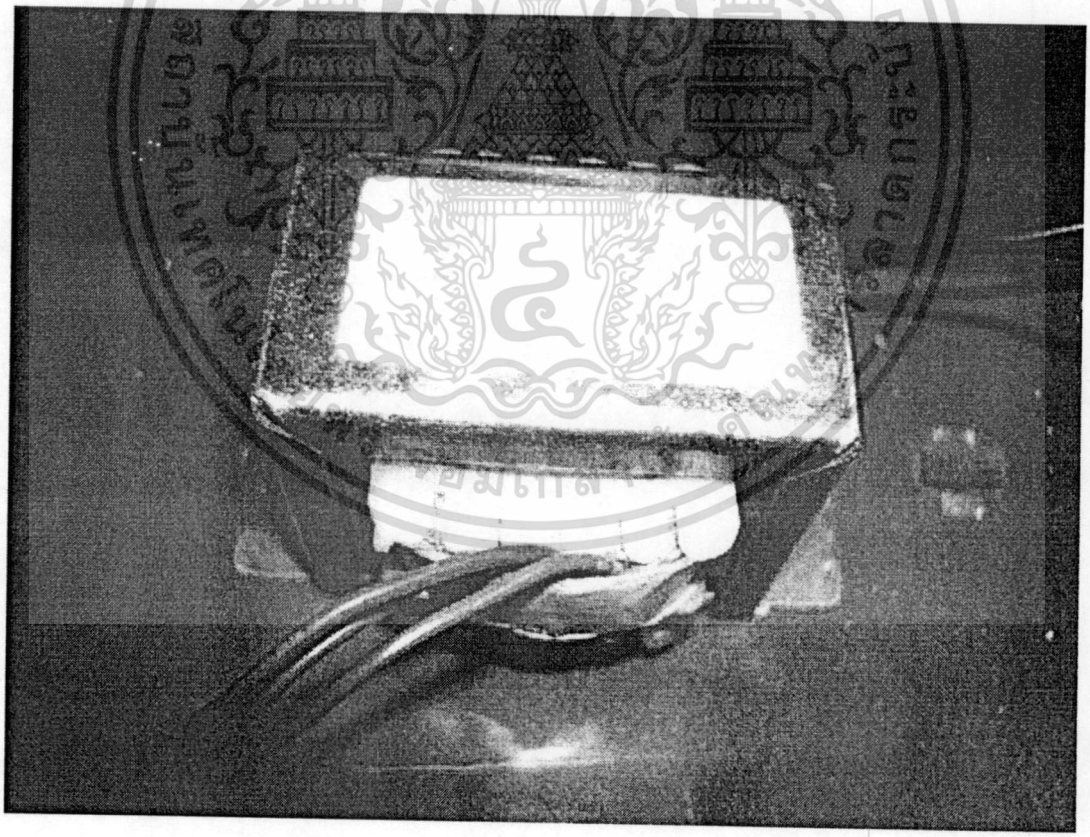
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 วงจรภาคจ่ายไฟ

ใช้หม้อแปลง 12V 500mA เร็กติไฟร์ด้วยบริดจ์ไดโอด และใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ ชนิดค่าคงที่ 3 ขา ได้ไฟ +10V และ +5V ไปเลี้ยงวงจรต่างๆ

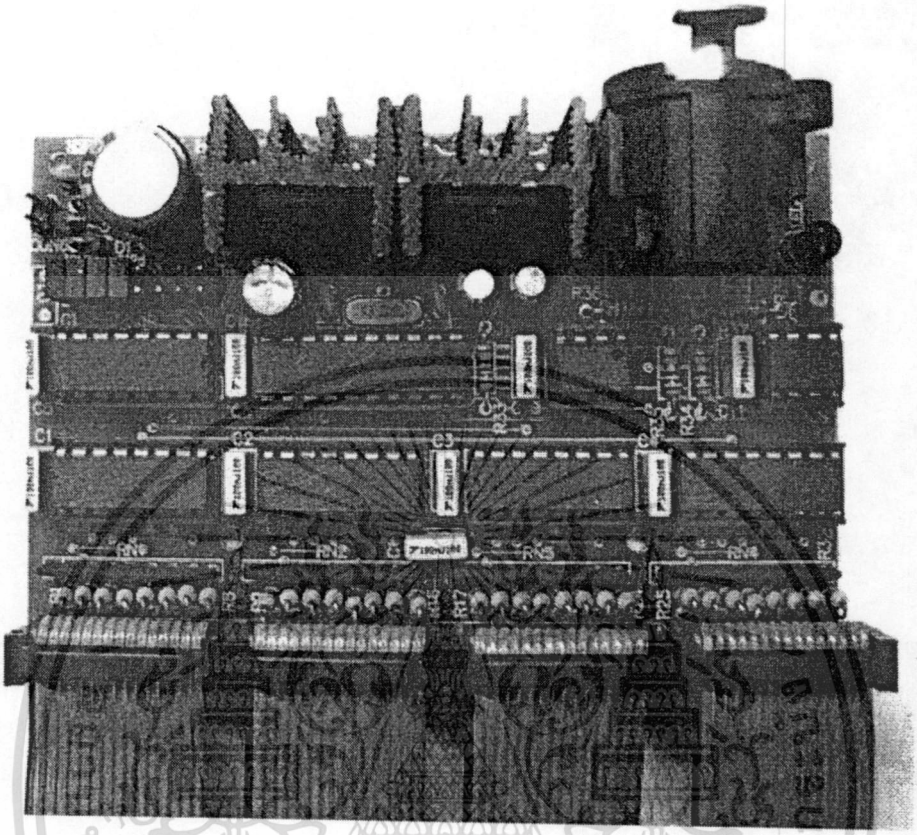


รูปที่ 3.11 วงจรภาคจ่ายไฟ

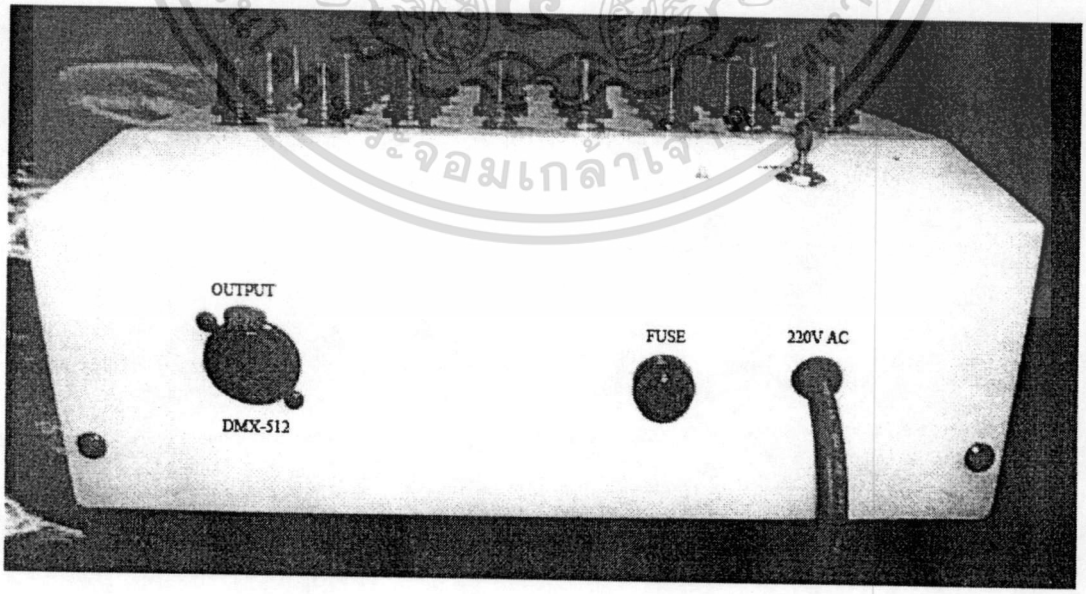


รูปที่ 3.12 หม้อแปลงภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงการต่อสายแพร์เข้าแผงมัลติเพล็กซ์ 32 ช่อง



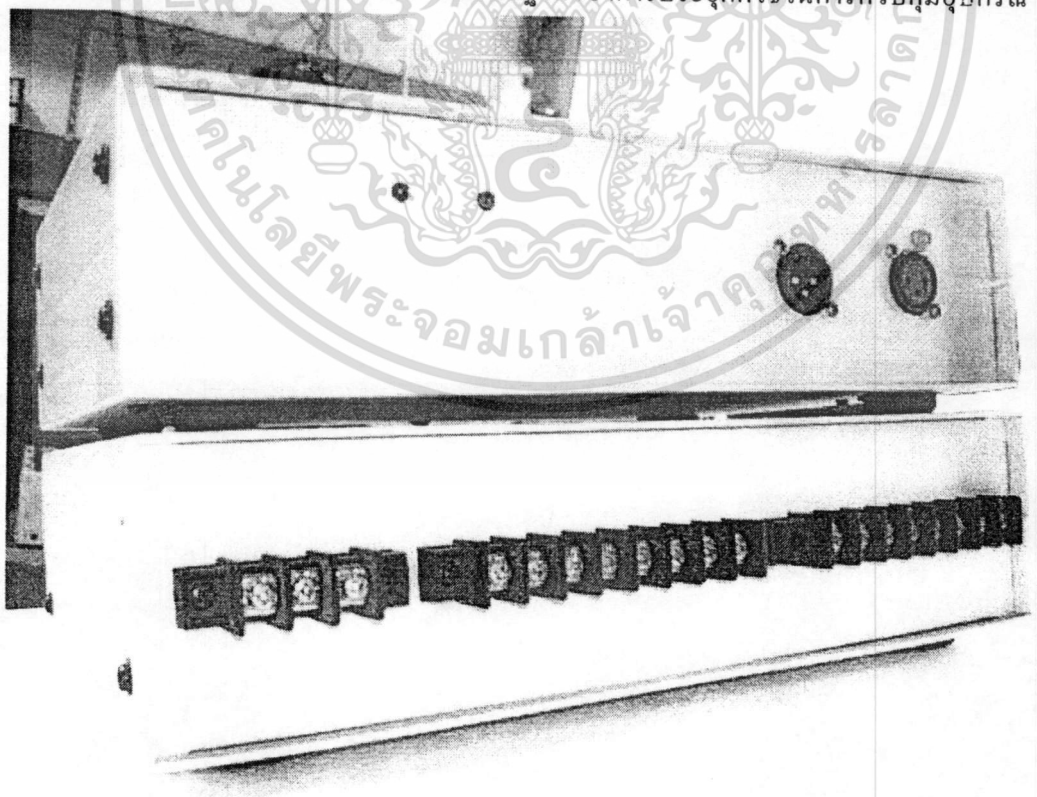
รูปที่ 3.14 อุปกรณ์ด้านหลังของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
เครื่องควบคุมรอง (Slave Control)
ดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512 (De-multiplex DMX-512)

4.1 บทนำ

ในการออกแบบภาคดีมัลติเพล็กซ์นี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยว(Microcontroller Unit; MCU) ตระกูล AVR ผลิตโดยบริษัท ATMEL มาเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของวงจรดีมัลติเพล็กซ์ สำหรับ MCU นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวดีโค้ด (Decode)สัญญาณ DMX-512 ที่ส่งมาจากด้านมัลติเพล็กซ์ โดยที่วงจรดีมัลติเพล็กซ์นี้ถูกออกแบบเพื่อสามารถใช้งานได้สูงสุด 8 ช่อง และสามารถกำหนดช่องเริ่มต้นที่รับสัญญาณ โดยการตั้งแอดเดรสเริ่มต้นด้วยดิพสวิทช์ การควบคุมทางด้านไฟฟ้ากำลังแต่ละช่องสามารถนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆได้ขนาด 1000 วัตต์ เหมาะสำหรับใช้งานหลายประเภท เช่น การควบคุมเปิดปิดหรือหรี่อุปกรณ์แสงสว่าง เปิดปิดเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น สำหรับในรายงานฉบับนี้ ขอกล่าวถึงการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยการเปิด-ปิดหรือหรี่ เป็นพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์

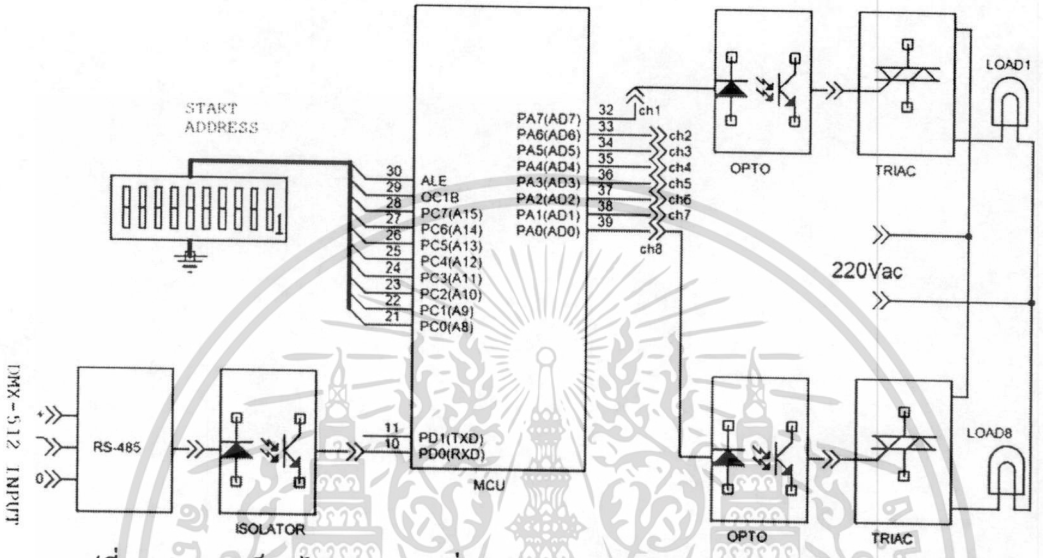


รูปที่ 4.1 เครื่องควบคุมรองช่องละ1000วัตต์ 8 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

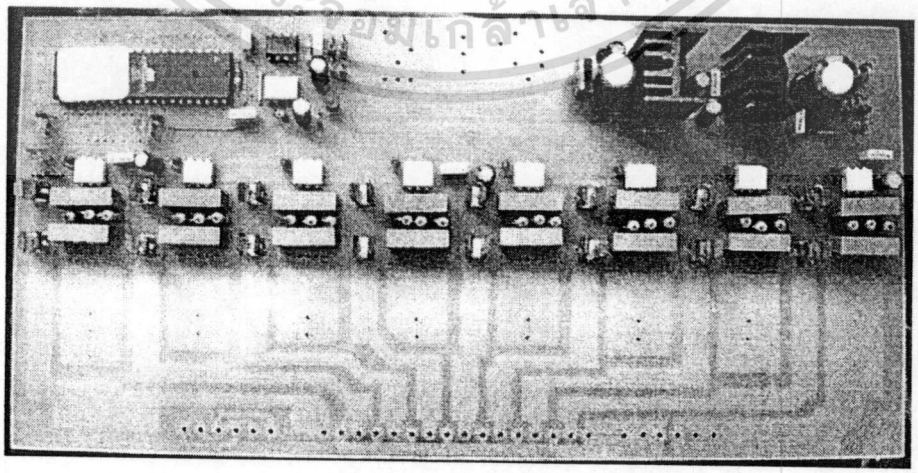
4.2 การออกแบบและการทำงานของวงจรดีมัลติเพล็กซ์DMX-512

ข้อกำหนดก็คือเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512 จำนวน 8 ช่อง จ่ายกำลังไฟ 220 โวลท์ ช่องละ 1000 วัตต์ โดยต้องสามารถเลือกช่องเริ่มต้นได้



รูปที่ 4.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมเครื่องควบคุมรองหรือวงจรดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512

จากบล็อคไดอะแกรมในรูปที่ 4.2 สัญญาณ DMX-512 ที่ได้รับเข้ามาถูกเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณแบบไม่สมดุลก่อนเข้าวงจรไอโซเลเตอร์ด้วย ออปโตคับเปล่อร์ ทั้งนี้เพื่อแยกกราวด์ลูปและช่วยตัดการรบกวน หลังจากนั้นสัญญาณแบบดิจิตอลนี้ก็ป้อนเข้าตัวไมโครคอนโทรลเล่อร์ซึ่งทำหน้าที่เลือกช่องเริ่มต้นตามที่ถูกเลือกตั้งไว้และถอดรหัสสัญญาณ DMX-512 แต่ละช่องเป็นสัญญาณพัลซ์วิดธ์มอด (PWM) ทั้ง 8 ช่องออกไปป้อนออปโตไดแอคซึ่งเป็นตัวขับไตรแอคที่ทำหน้าที่จ่ายกำลังให้กับโหลด

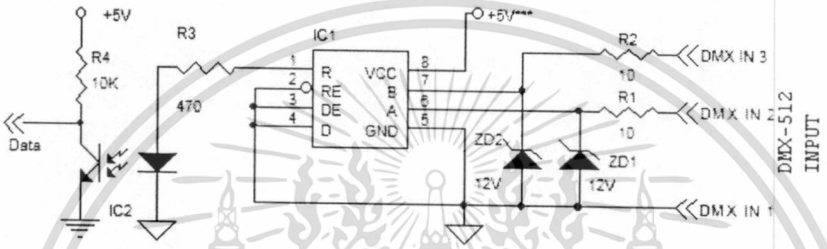


รูปที่ 4.3 แสดงอุปกรณ์บางส่วนประกอบลงปริ้นท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรภาคอินพุท DMX-512

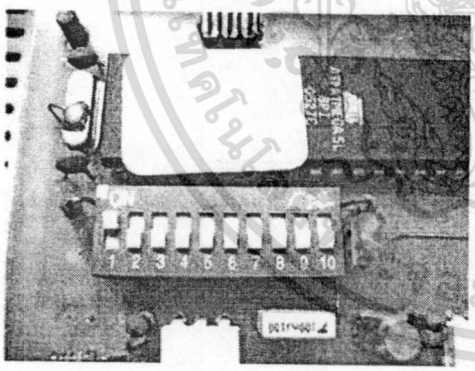
ซีเนอร์ไดโอด ZD1 ZD2 ทำหน้าที่ป้องกันสไปรท์หรือแรงดันเกินที่แปลกปลอมเข้ามาตามสายอันอาจจะสร้างความเสียหายให้กับอุปกรณ์ และเนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาเป็นแบบสมดุล จึงต้องเปลี่ยนสัญญาณให้เป็นแบบไม่สมดุลด้วย IC1 ก่อนผ่านเข้าวงจรไอโซเลเตอร์ IC2 สำหรับออปโตคัปเปล่อร์ตัวนี้ต้องเลือกใช้ชนิดความถี่สูง การใช้วงจรไอโซเลเตอร์จะช่วยลดการรบกวนทางด้านกราวด์ลูปและได้รูปสัญญาณที่ดี



รูปที่ 4.4 วงจรภาคอินพุทของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์

4.4 วงจรไมโครคอนโทรลเล่อร์

ไมโครคอนโทรลเล่อร์ เลือกใช้ตระกูล AVR ของ ATMEL ทำงานด้วยความถี่คล็อค 8MHz โดยมีคริสตอลต่อภายนอกเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ AVR ถูกโปรแกรมให้ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณ DMX-512 และอื่นๆคือ การเลือกช่องเริ่มต้นของสัญญาณที่เข้ามาทาง PD0 โดยการกำหนดแอดเดรสด้วยดิพสวิทช์ DS1 ที่ต่อกับ PC0 ถึง PC7 และ OC1B รวม 9 ตำแหน่ง ซึ่งการกำหนดช่องเริ่มต้นสามารถทำได้โดยการเลือก ON หรือ OFF สวิทช์ทั้ง 9 ตำแหน่ง เมื่อสวิทช์อยู่ตำแหน่ง ON จะแทนตัวเลขตามหมายเลขตำแหน่งดังนี้



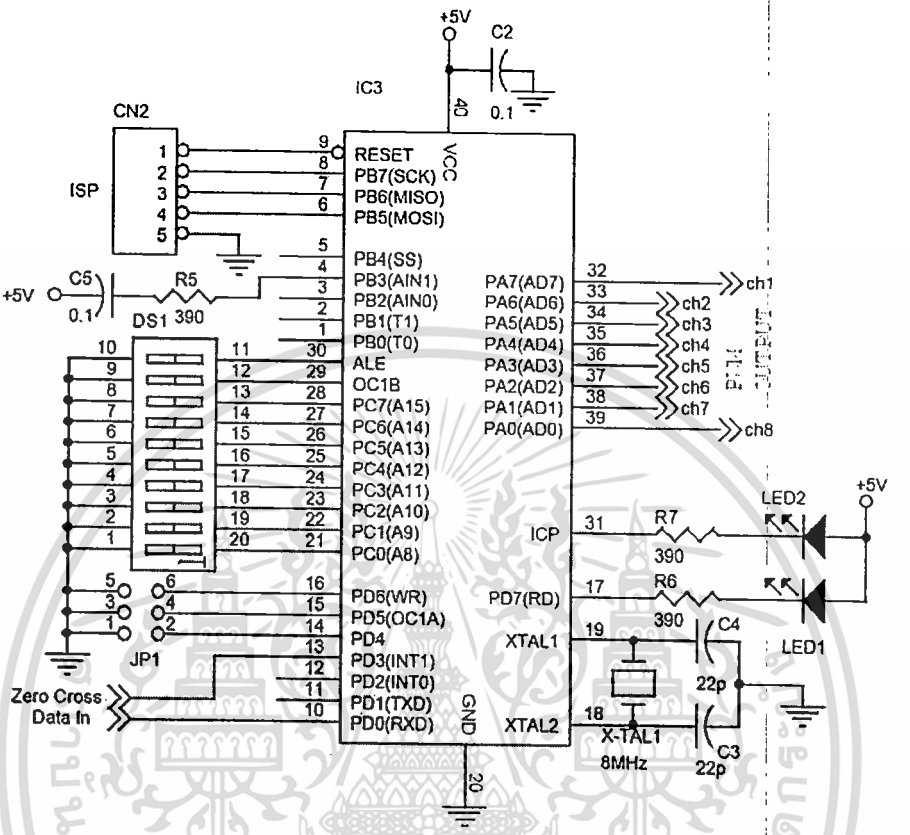
รูปที่ 4.5 แสดงรูปดิพสวิทช์

ตารางที่ 1 ค่าตัวเลขแทนตำแหน่งดิฟสวิทช์

DS. NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ตัวเลข	1	2	4	8	16	32	64	128	256

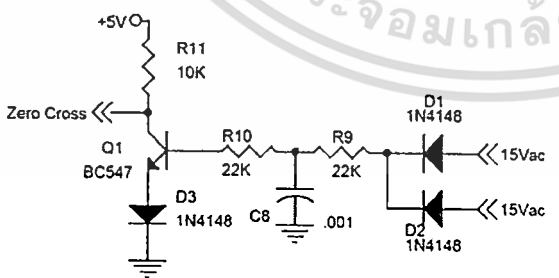
เมื่อ ON สวิทช์กี่ตัว ให้นำตัวเลขที่แทนทุกตัวมารวมกัน ก็จะได้ช่องเริ่มต้น โดยช่องถัดไปก็จะเรียงตามลำดับจนครบ 8 ช่อง ตัวอย่างเช่น ต้องการเริ่มต้นเป็นช่อง 16 ก็ให้กด ON สวิทช์หมายเลข 5 เพียงตัวเดียว หรือ ถ้า ON สวิทช์หมายเลข 3 และ 7 จะได้ผลรวม 4+64 = 68 เป็นช่องเริ่มต้น ช่องถัดไปก็คือช่อง 69,70,71,72,73,74, และช่อง 75 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 วงจรไมโครคอนโทรลเล่อร์ใช้ AVR

ส่วนดิพสวิทช์หมายเลข 10 ซึ่งต่อกับขาALE ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานให้เป็นดิมเมอร์หรือเป็นอิเล็คทรอนิคส์สวิทช์ ในการทำงานของไตรแอคที่ทำหน้าที่จ่ายกำลังให้โหลด และการทำงานต้องเริ่มที่ตำแหน่ง 0(Zero) ของสัญญาณซายน์ไฟเอซีเพื่อลดการเกิด EMI รบกวน ดังนั้นจึงต้องมี



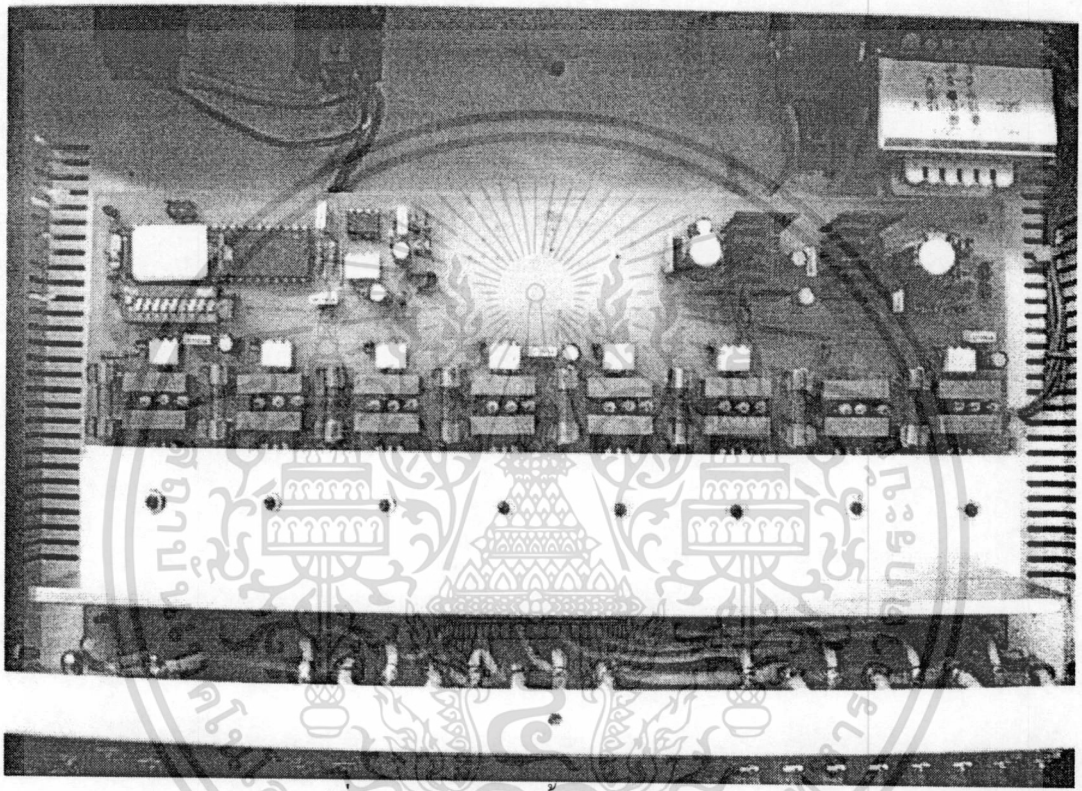
รูปที่ 4.7 วงจร Zero Cross Detect

วงจร Zero Cross Detect ดังวงจรในรูปที่ 4.7 เพื่อดีเทคเอาพัลซ์ที่ตำแหน่ง 0(Zero)ของไฟเอซีป้อนเข้าขา PD3

LED1สีแดง ต่อที่ขา PD7 สำหรับแสดงสภาวะการผิดปรกติของการทำงาน กล่าวคือ กระพริบซ้ำ 1 ครั้งหมายถึงไม่มีสัญญาณ DMX-512 กระพริบซ้ำ 2 ครั้ง หมายถึงเลือกแอดเดรส

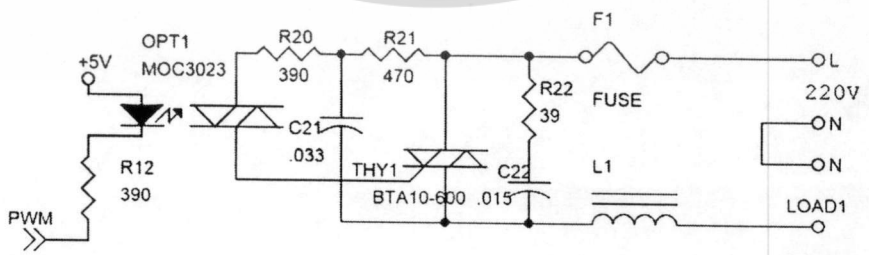
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณของช่องเริ่มต้นที่ถูกเลือกและช่องถัดไปเรียงตามลำดับรวมทั้งหมด 8 ช่อง ถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณ PWM ขนานกันออกทาง PA7 ถึง PA0



รูปที่ 4.8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ลงในกล่อง

4.5 วงจรภาคจ่ายกำลัง



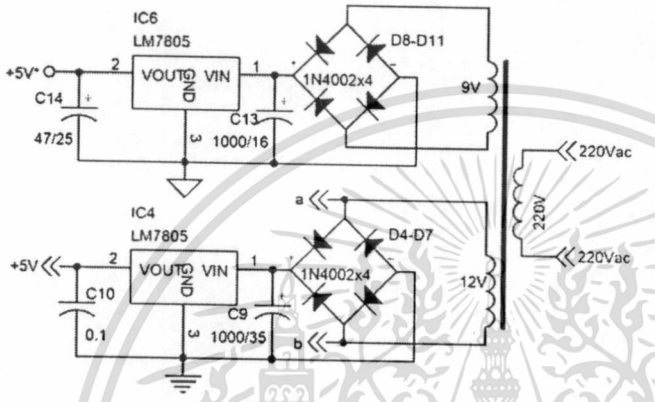
รูปที่ 4.9 วงจรภาคจ่ายกำลังใช้ไตรแอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

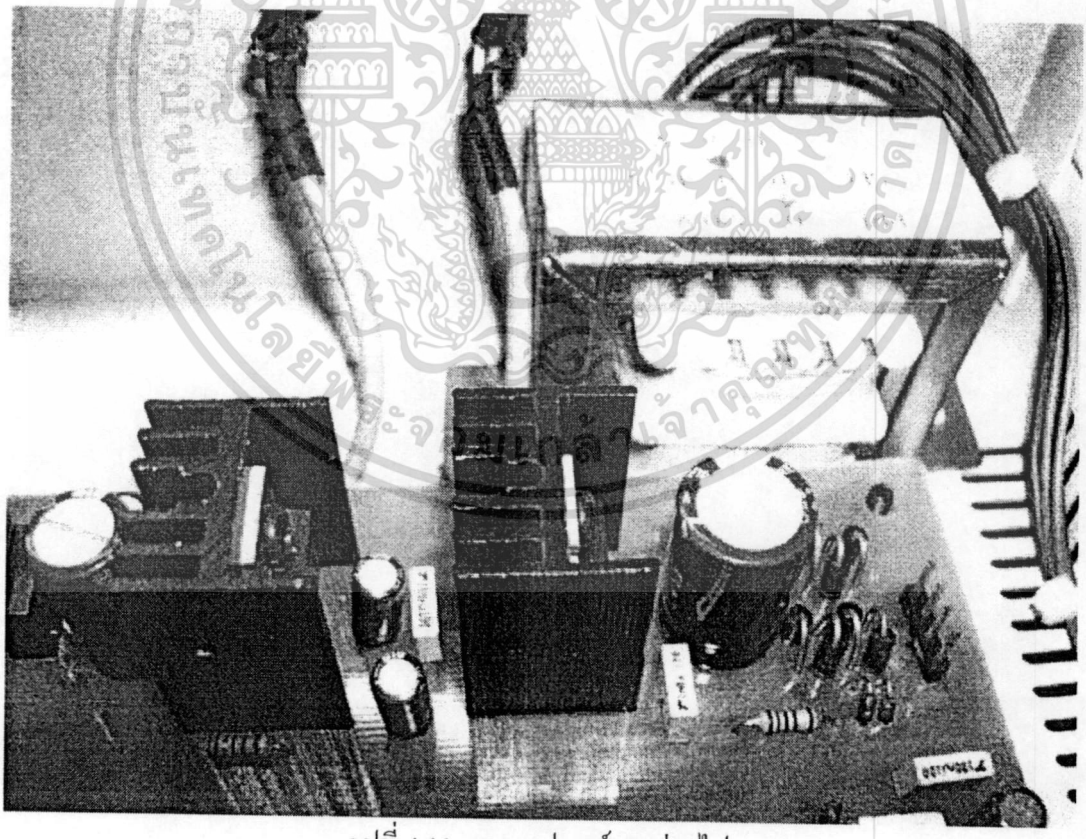
สัญญาณ PWM ป้อนเข้าออปโตไดแอคซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวไอโซเลเตอร์และขับให้กับเกทของไตรแอคเพื่อจ่ายกำลังไฟ 220 โวลท์เอซีให้กับโหลด ได้ทั้งรีซิสตีฟและอินดัคตีฟโหลด

4.6 วงจรภาคจ่ายไฟ

ภาคจ่ายไฟแยกเป็น 2 วงจร โดย +5V* จะแยกกราวด์เพื่อเลี้ยงเฉพาะด้านอินพุทของวงจรทั้งนี้เพื่อไอโซเลทวงจร และ+5V อีกวงจรหนึ่งใช้เลี้ยงวงจรส่วนอื่นๆทั้งหมด ทั้งสองวงจรใช้ไอซีเร็กกูเลทแบบคงที่ จุด a,b ต่อไปวงจร Zero Cross Detect



รูปที่ 4.10 วงจรภาคจ่ายไฟ



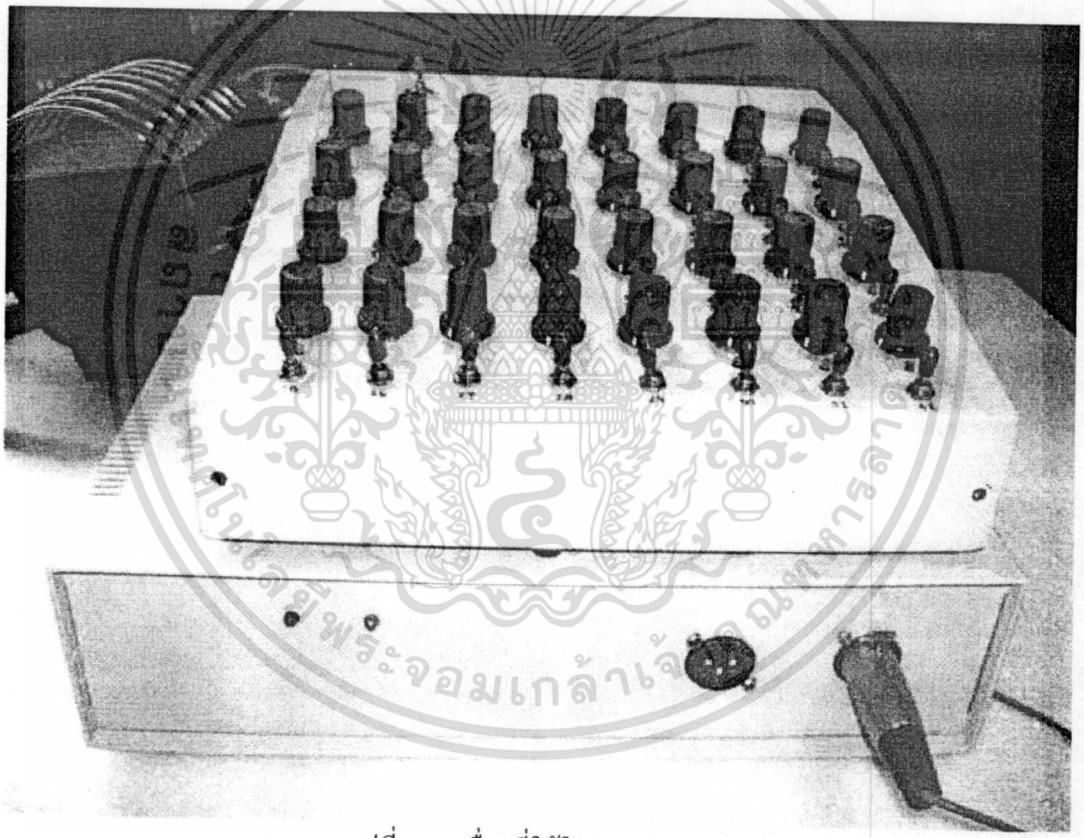
รูปที่ 4.11 แสดงอุปกรณ์ภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบและการใช้งาน

5.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบการทำงานของเครื่องและวัดสัญญาณตามจุดต่างๆในวงจรมัลติเพล็กซ์และวงจรดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512 แล้วนำผลที่ได้ทางปฏิบัติไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับทางทฤษฎี โดยจะทำการวัดสัญญาณตั้งแต่สัญญาณทางเข้า สัญญาณตามของขาไอซีต่างๆในวงจร ไปจนถึงรูปสัญญาณแรงดันไฟกระแสสลับที่โหลดของเครื่อง



รูปที่ 5.1 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบ

5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องควบคุมหลัก(มัลติเพล็กซ์ 32CH DMX-512) 1 เครื่อง
2. เครื่องควบคุมรอง(ดีมัลติเพล็กซ์ 8 CH DMX-512) 2 เครื่อง
3. ออสซิลโลสโคป 1 เครื่อง
4. มัลติมีเตอร์ 1 เครื่อง
5. โหลด(หลอดไฟ 500W และ 100W)

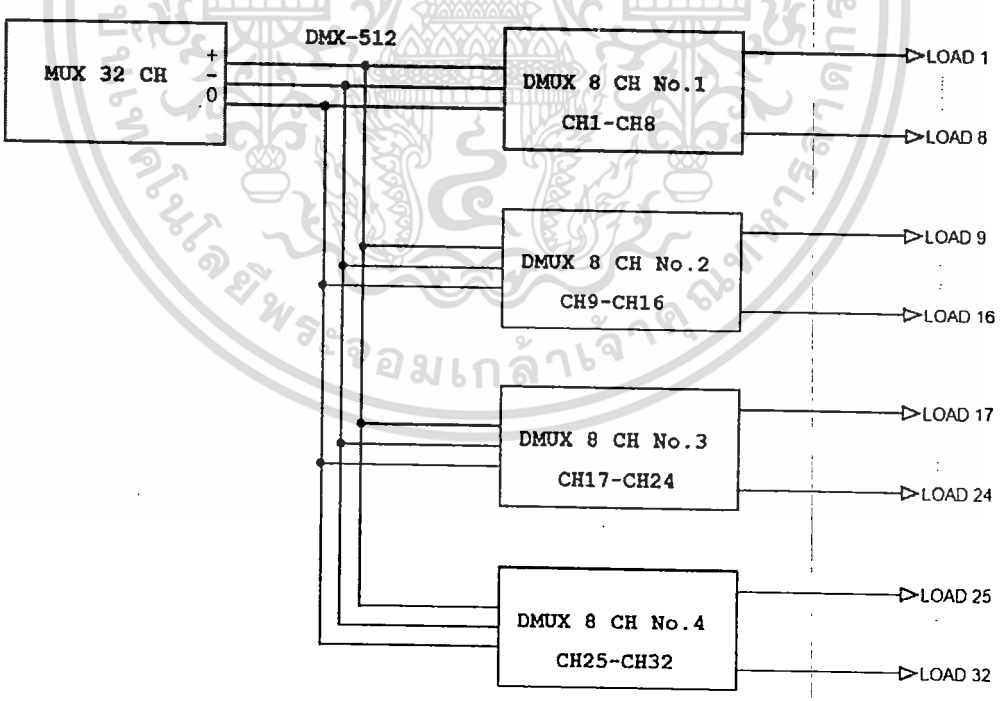
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การต่อเครื่องและการทดสอบ

ตามมาตรฐานเครื่องมัลติเพล็กซ์ DMX-512 สามารถนำเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ต่อพวงเพื่อรับสัญญาณได้ไม่เกิน 32 เครื่อง ถ้าต้องการต่อพ่วงเครื่องมากกว่านี้ต้องใช้สปลิทเตอร์ บูสเตอร์ร่วมด้วย ฉะนั้นในกรณี เครื่องดีมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง เมื่อต่อ 32 เครื่องก็ใช้งานได้ 256 ช่อง และถ้าเป็นเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ 16 ช่อง หากต่อ 32 เครื่องก็ใช้งานได้ 512 ช่องพอดี อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการใช้งานจริงในงานเสตทไลท์ติ้งใหญ่ๆอาจใช้มากถึง 1024 ช่องหรือ 2048ช่องก็มี เนื่องจากอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมบางชนิดเพียงเครื่องเดียวต้องใช้ถึง 20-30 ช่อง

จากรูปที่ 5.2 แสดงการต่อมัลติเพล็กซ์ 32 ช่อง และดีมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง ของเรา ซึ่งหากให้ครบ 32 ช่อง ต้องใช้ ดีมัลติเพล็กซ์ 8 ช่องจำนวน 4 เครื่อง ทำการต่อแบบขนาน แล้วกำหนดตั้งแอดเดรสเลือกช่องเริ่มต้นเรียงกันไปตลอด 4 เครื่อง

แต่ในการทดลองจริงเราใช้ดีมัลติเพล็กซ์ 8 ช่องเพียง 2 เครื่องเท่านั้น และใช้สายโทรศัพท์ความยาว 50 เมตร ในการต่อเชื่อมระหว่างเครื่องมัลติเพล็กซ์กับเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ตัวที่ 1 ส่วนตัวที่ 2 ก็ต่อพ่วงไปจากตัวที่ 1 ระยะสายประมาณ 5 เมตร

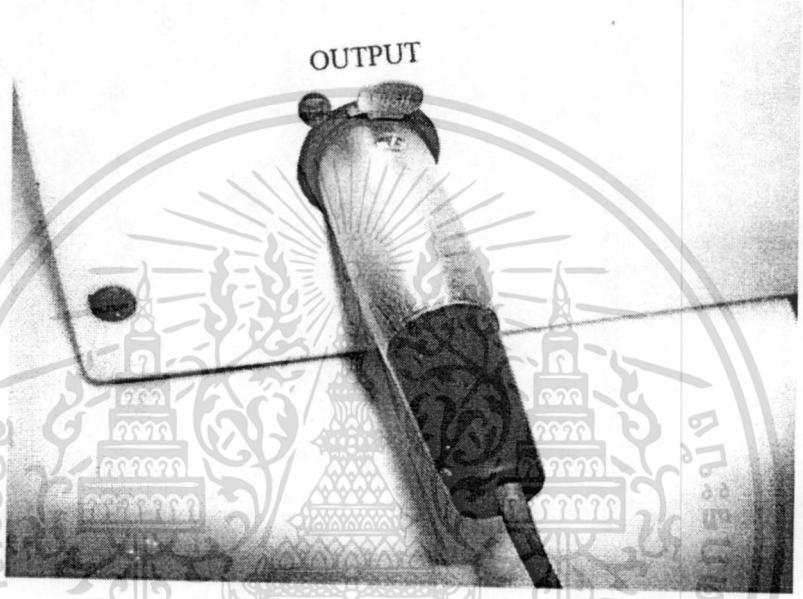


รูปที่ 5.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการต่อวงจรดีมัลติเพล็กซ์ 4 ชุด จำนวน 32 ช่อง

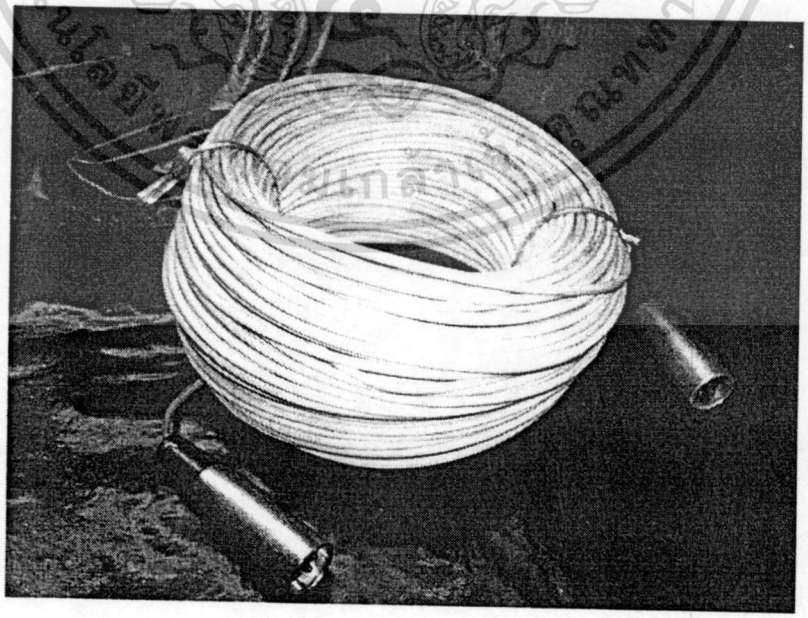
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การทดสอบและผลการทดสอบ

สำหรับการทดลองนั้นเริ่มด้วยการต่อสายสัญญาณเข้าด้วยกัน และต่อหลอดไฟ100วัตต์ 8 หลอดเป็นโหลดให้เครื่องดีมัลติเพล็กซ์เครื่องที่ 1 ช่อง1-8 และต่อหลอด 500 วัตต์ 8 หลอดเป็นโหลดให้เครื่องดีมัลติเพล็กซ์เครื่องที่ 2 ช่อง 9-16 จ่ายไฟให้กับทุกเครื่องแล้วเปิดเครื่อง มัลติเพล็กซ์

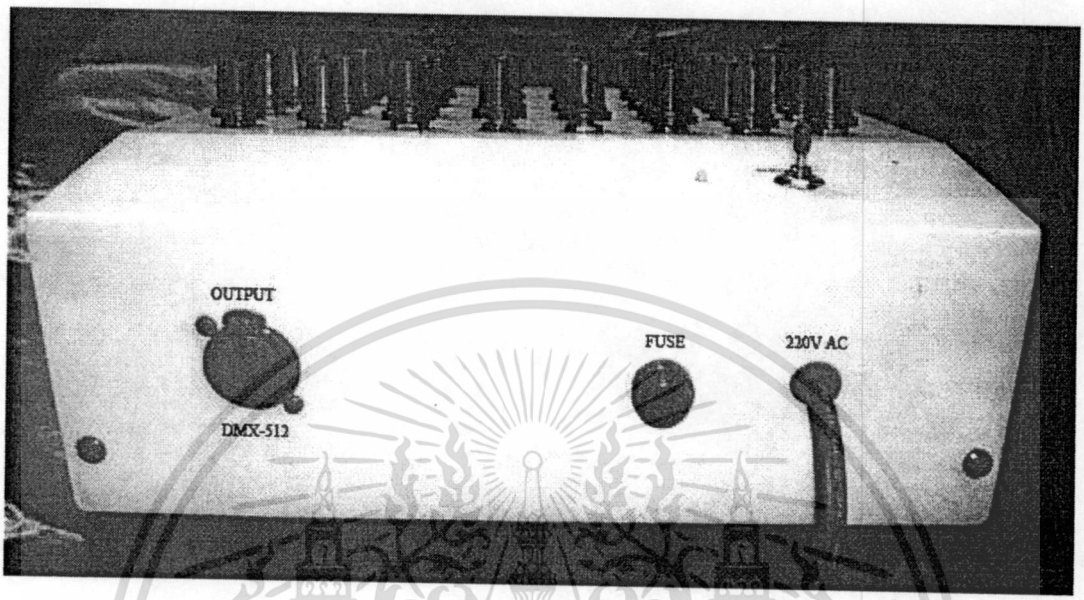


รูปที่ 5.3 แจ๊คแคนนอนตัวเมียต่อที่เอาท์พุทของเครื่องมัลติเพล็กซ์



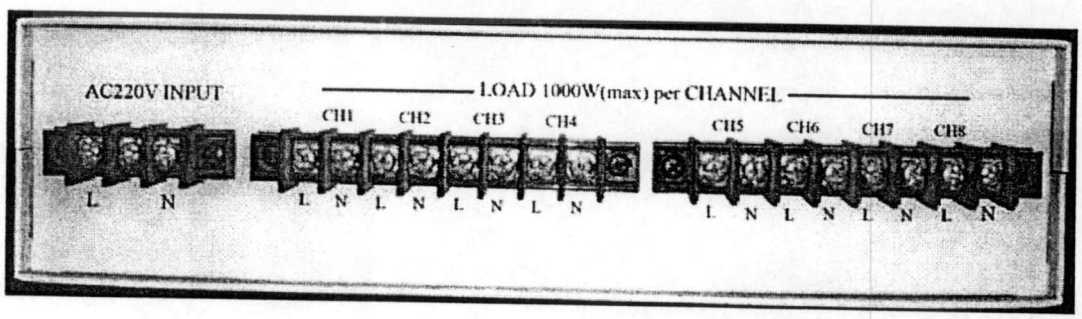
รูปที่ 5.4 ใช้สายโทรศัพท์ยาว 50 เมตรในการต่อทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



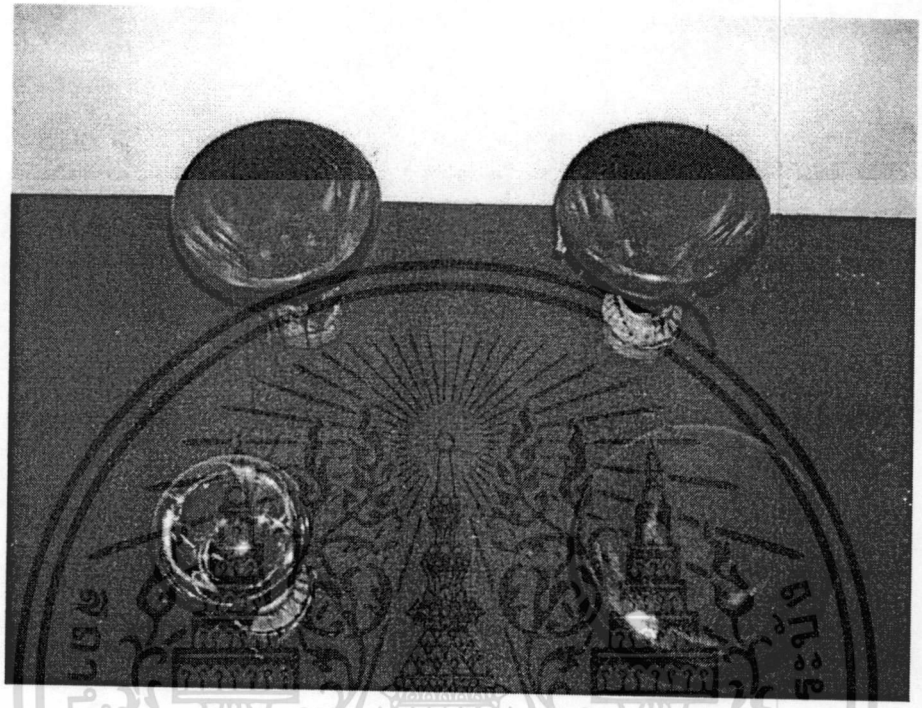
รูปที่ 5.5 แสดงด้านหลังของเครื่องมัลติเพล็กซ์

รูปที่ 5.6 แสดงด้านหน้าของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์



รูปที่ 5.7 แสดงด้านหลังของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



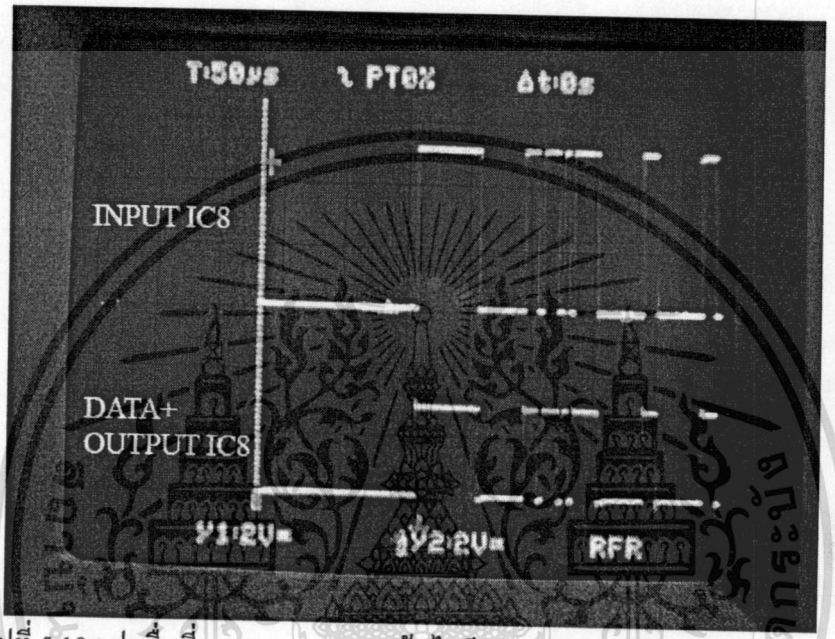
รูปที่ 5.8 หลอดไฟขนาด 100 วัตต์ ใช้ต่อเป็นโหลดช่อง 1-8

รูปที่ 5.9 หลอดไฟขนาด 500 วัตต์ ใช้ต่อเป็นโหลดช่อง 9-16

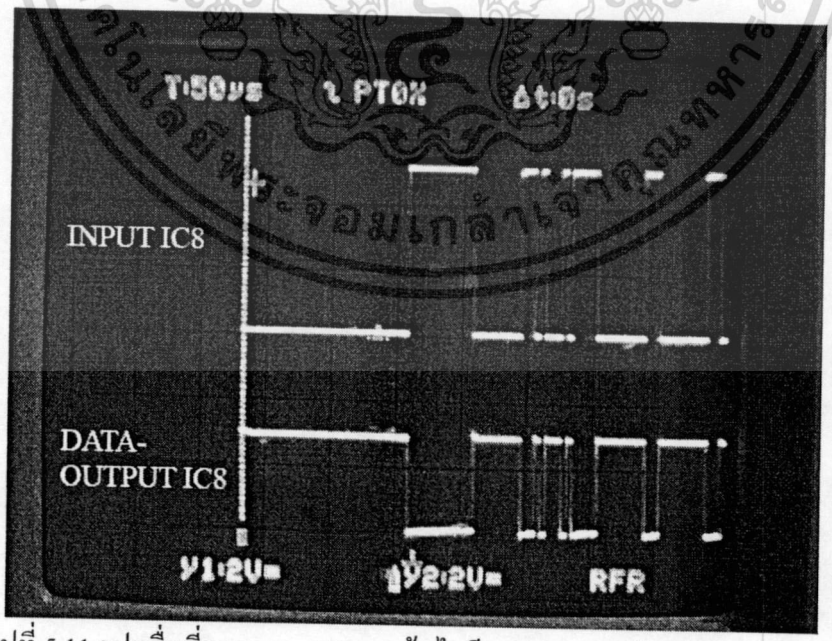
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลองช่อง 1 ก่อนโดยการเปิดปิดและปรับหรี่ จากนั้นก็ลองทดสอบช่องอื่นๆอีกทั้ง 16 ช่อง ปรากฏว่าการทำงานถูกต้องปรกติทั้งหมดทุกฟังชั่นการทำงาน ต่อไปจึงทำการวัดรูปคลื่นที่จุดต่างของวงจร

5.5 ผลการวัดรูปคลื่นของเครื่องมัลติเพล็กซ์

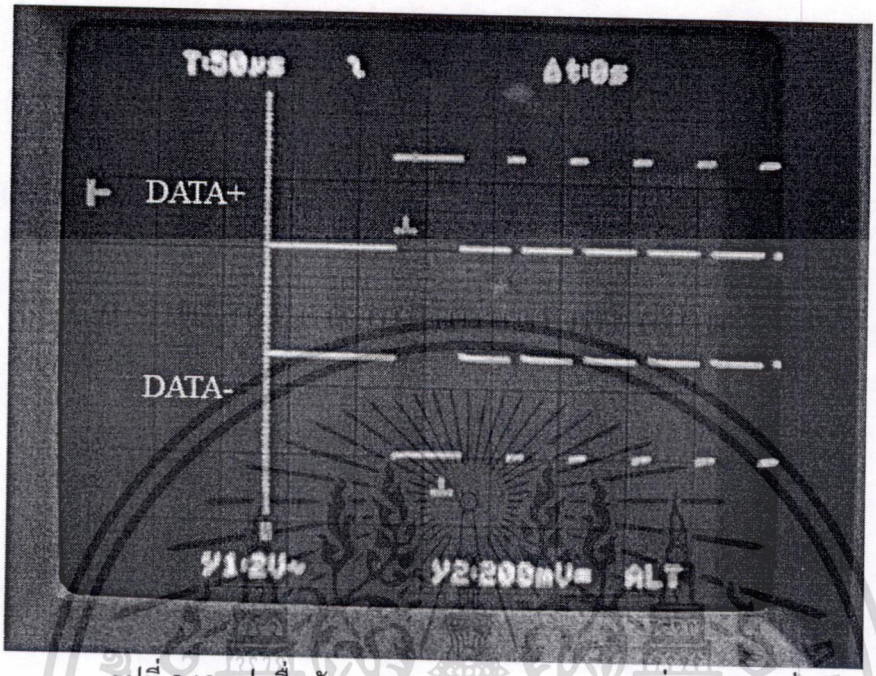


รูปที่ 5.10 รูปคลื่นที่ออกจาก AVR มาเข้า ไอซี RS-485 และสัญญาณออก DATA+

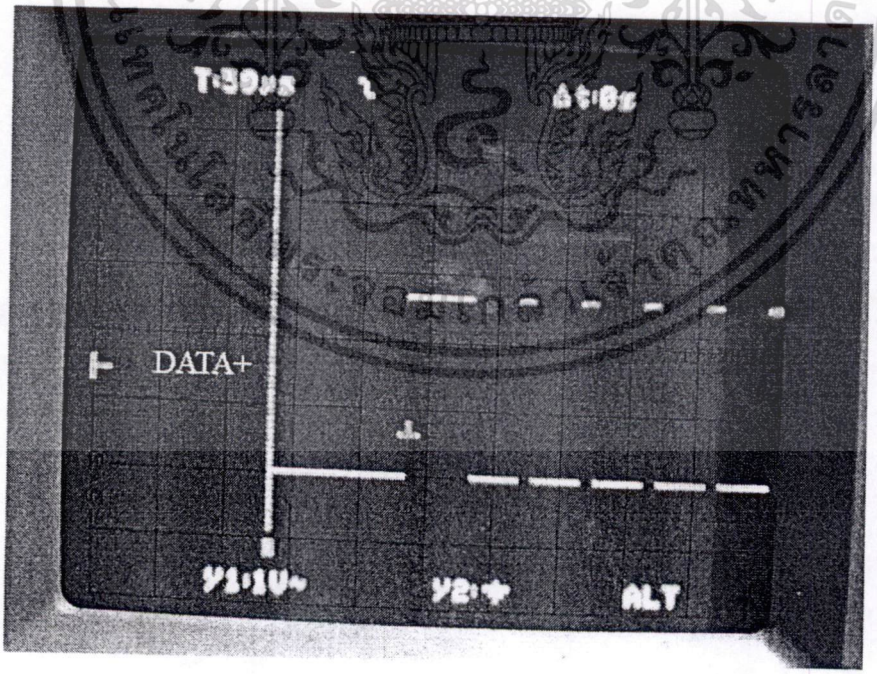


รูปที่ 5.11 รูปคลื่นที่ออกจาก AVR มาเข้า ไอซี RS-485 และสัญญาณออก DATA-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

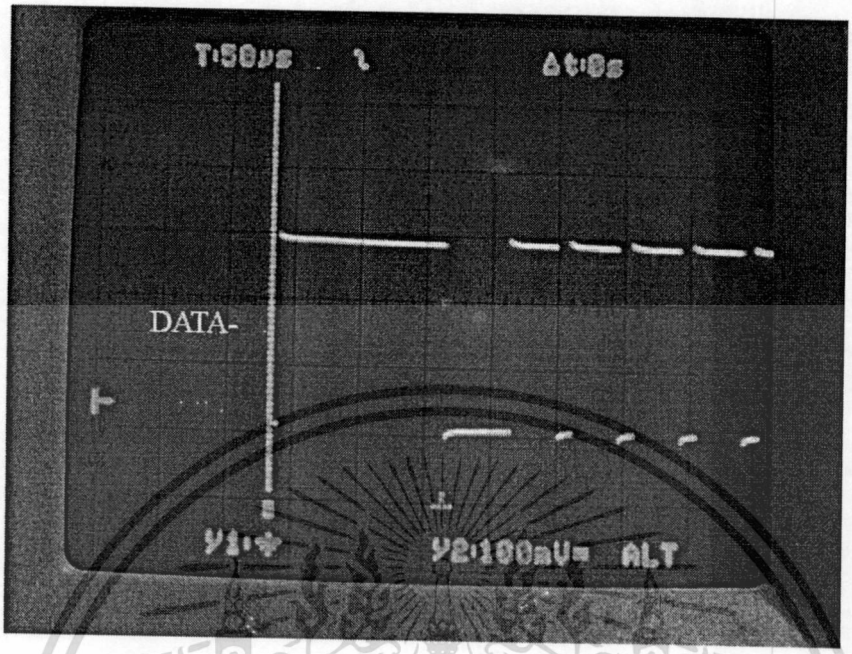


รูปที่ 5.12 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ และ DATA- ที่ออกจากเครื่อง
มัลติเพล็กซ์ในขณะที่ไม่มีการส่งข้อมูลทุกช่อง

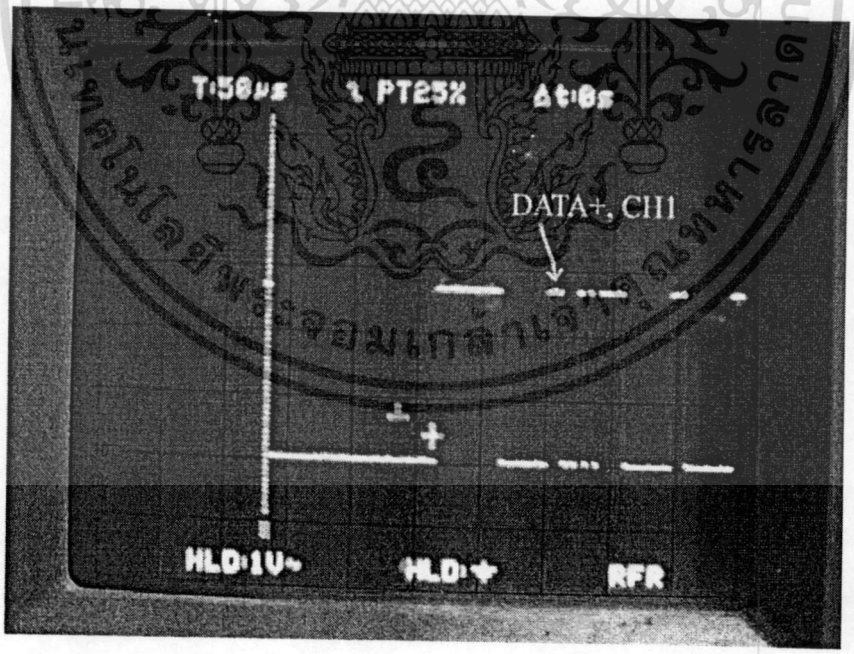


รูปที่ 5.13 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ ที่ออกจากเครื่อง
มัลติเพล็กซ์ในขณะที่ไม่มีการส่งข้อมูลทุกช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

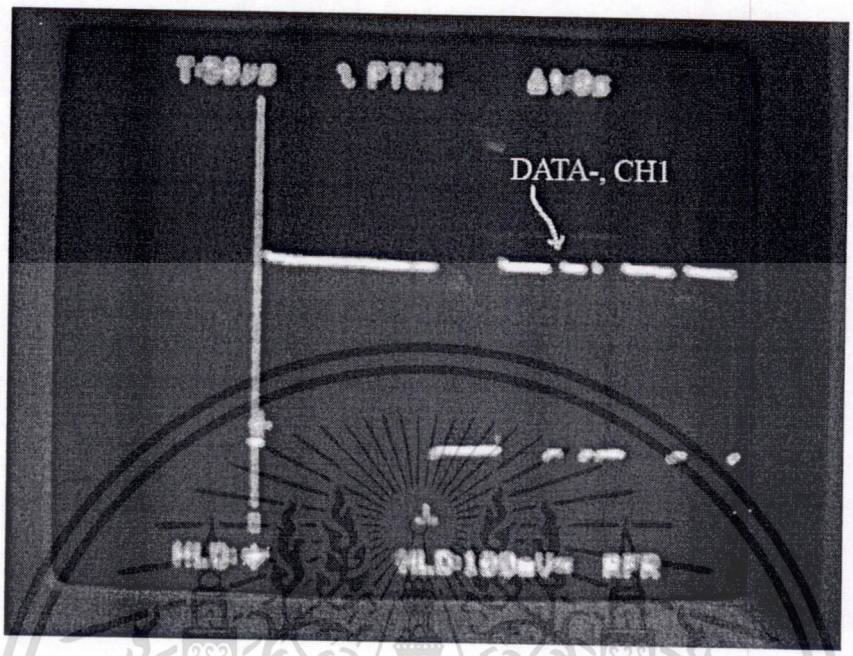


รูปที่ 5.14 รูปคลื่นสัญญาณ DATA- ที่ออกจากเครื่อง
มัลติเพล็กซ์ในขณะที่ไม่มีการส่งข้อมูลทุกช่อง

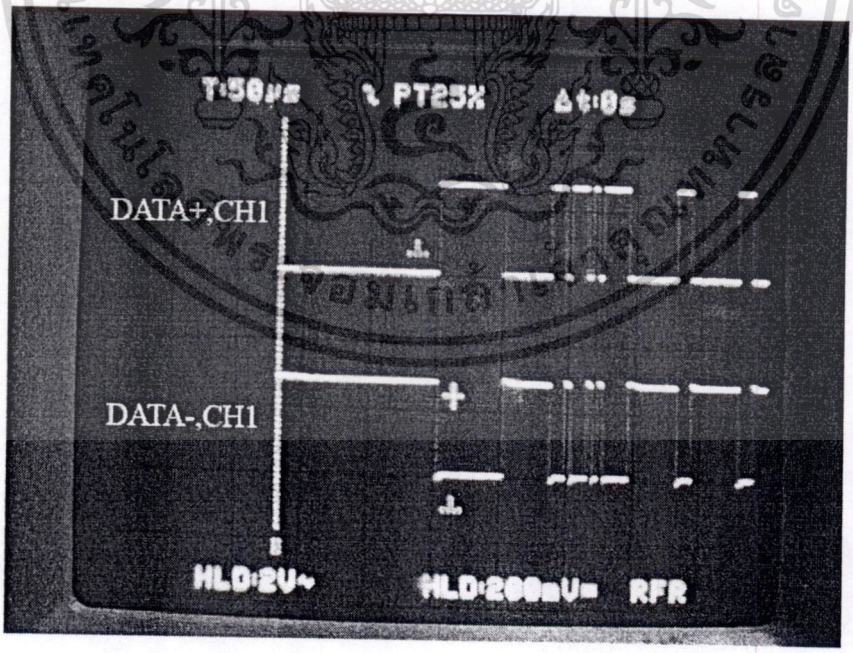


รูปที่ 5.15 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ ที่ออกจากเครื่อง
มัลติเพล็กซ์ขณะที่มีการส่งข้อมูลช่อง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

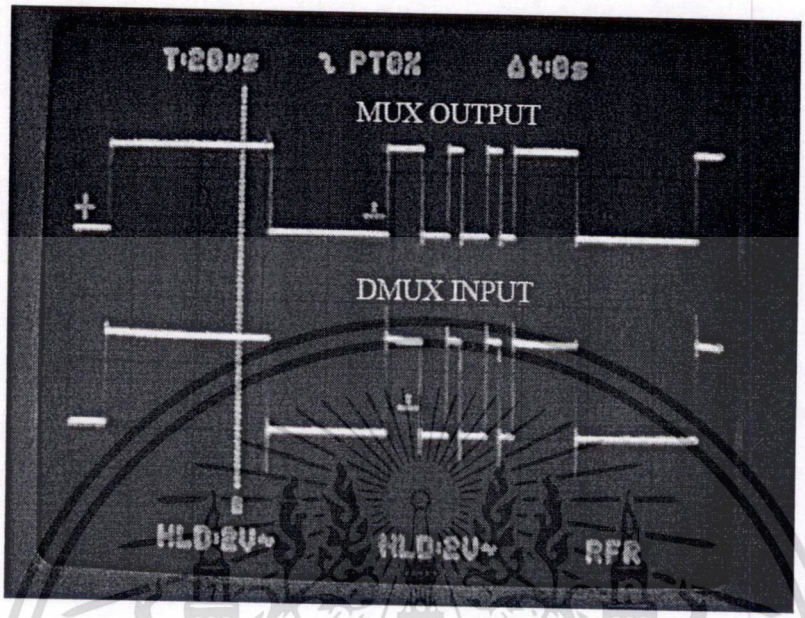


รูปที่ 5.16 รูปคลื่นสัญญาณ DATA- ที่ออกจากเครื่อง
มัลติเพล็กซ์ขณะที่มีการส่งข้อมูลช่อง 1



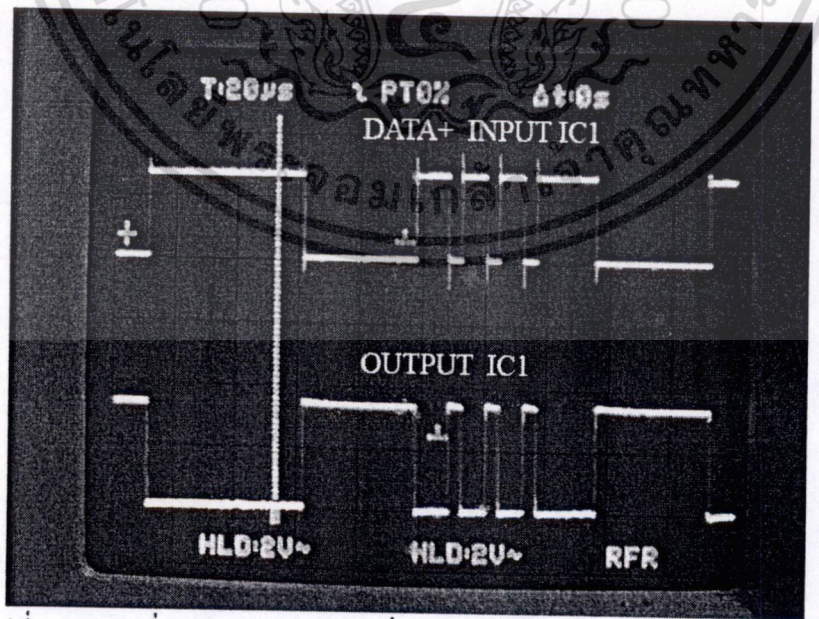
รูปที่ 5.17 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ เทียบกับ DATA- ที่ออก
จากเครื่องมัลติเพล็กซ์ ขณะที่มีการส่งข้อมูลช่อง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



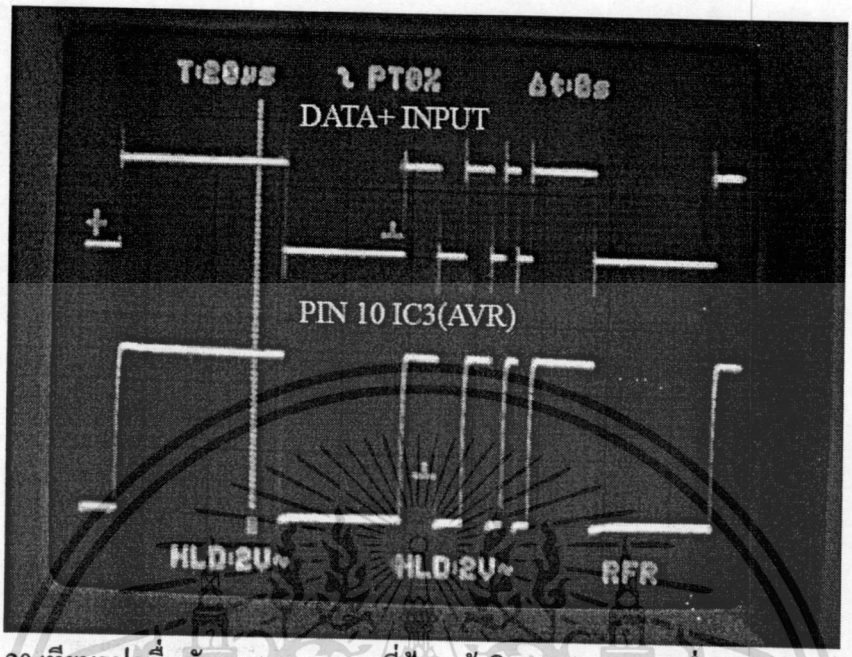
รูปที่ 5.18 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ที่ออกจากเครื่อง มัลติเพล็กซ์ขณะที่มีการส่งข้อมูลช่อง 1 เทียบกับเมื่อเดินทางผ่านสายยาว 50 เมตรจะเห็นว่ามีโอเว่อร์ชูทและอันเดอร์ชูทแต่ขนาดไม่ตก

5.6 ผลการวัดรูปคลื่นของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์

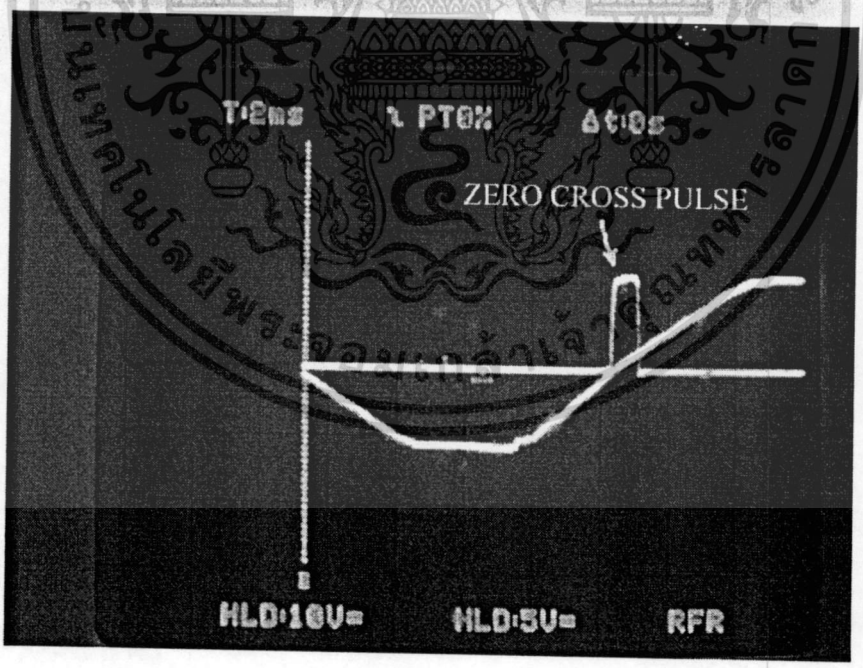


รูปที่ 5.19 รูปคลื่นสัญญาณ DATA+ ที่ป้อนเข้าอินพุท IC1 ของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ และเอาท์พุท จาก IC1 จะกลับเฟส 180 องศาและรูปคลื่นสวยงามขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

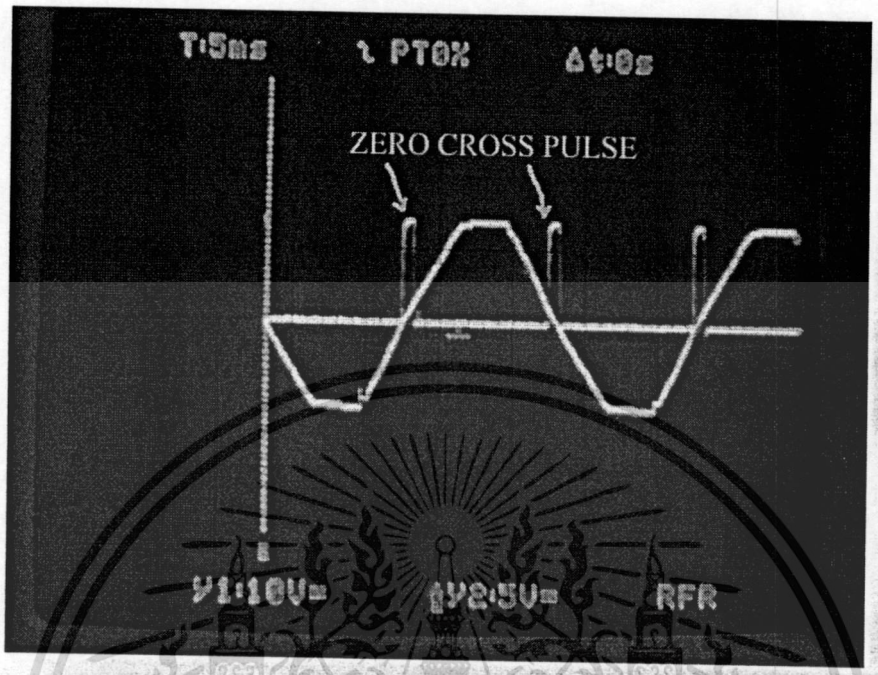


รูปที่ 5.20 เทียบรูปคลื่นสัญญาณ DATA+ ที่ป้อนเข้าอินพุท IC1 ของเครื่องดีมัลติเพล็กซ์และเอาท์พุท ที่ออกจาก IC2 ไปป้อนเข้าอินพุทของ AVR จะมีเฟสเหมือนกันขนาดก็สูงขึ้นเป็น 5V



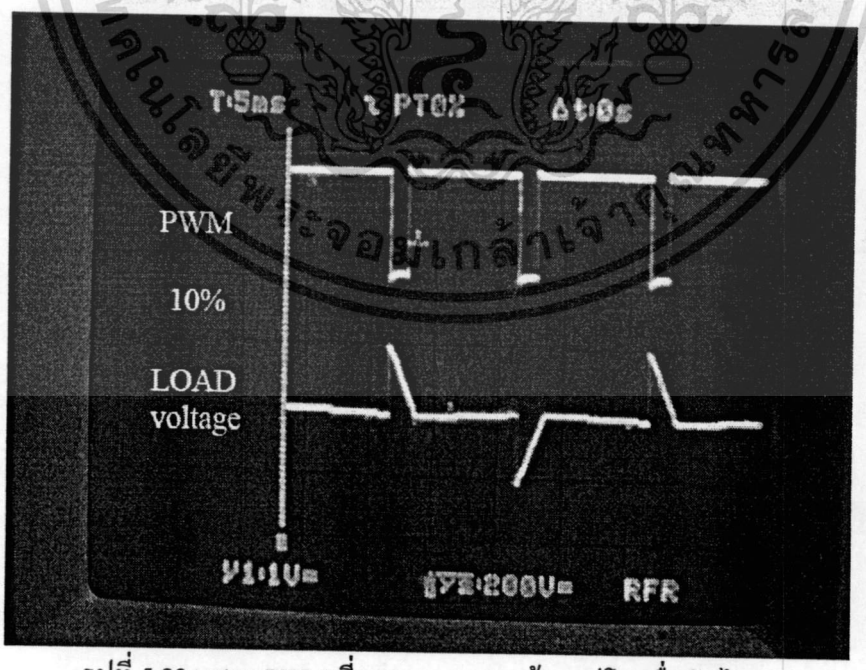
รูปที่ 5.21 แสดงรูปพัลซ์ที่ได้จากวงจร Zero Cross Detect จะตรงกันกับตำแหน่งศูนย์ของรูปคลื่นไฟเอซี 50Hz การสวิทช์จึงเริ่มที่ศูนย์ ช่วยลดการเกิด EMI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



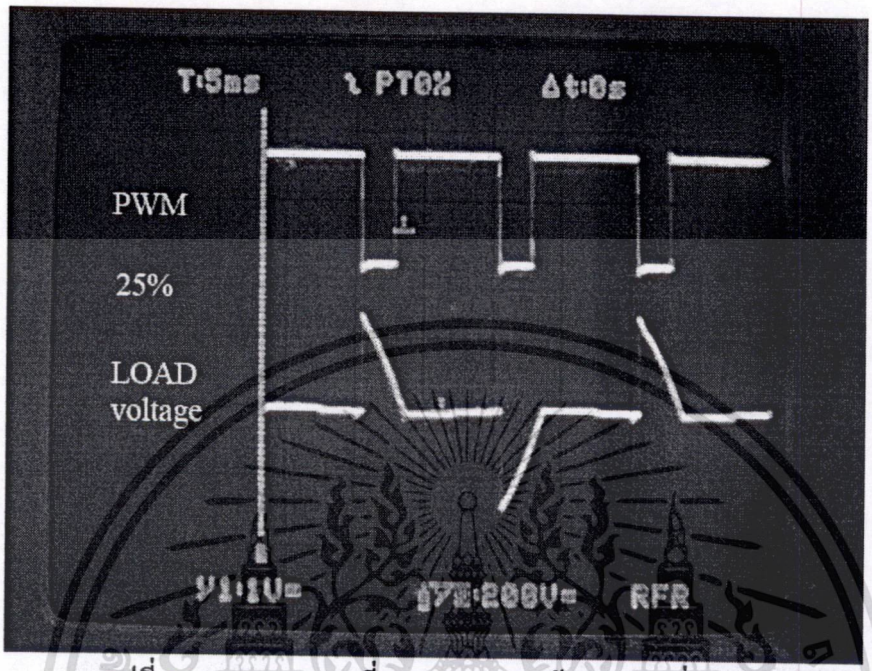
รูปที่ 5.22 แสดงรูปพัลซ์ที่ได้จากวงจร Zero Cross Detect หลายลูก จะเห็นว่าตรงกันกับตำแหน่งศูนย์ของรูปคลื่นไฟเอซี 50Hz

5.7 ผลการวัดรูปคลื่นคร่อมโหลดเมื่อปรับหรี่

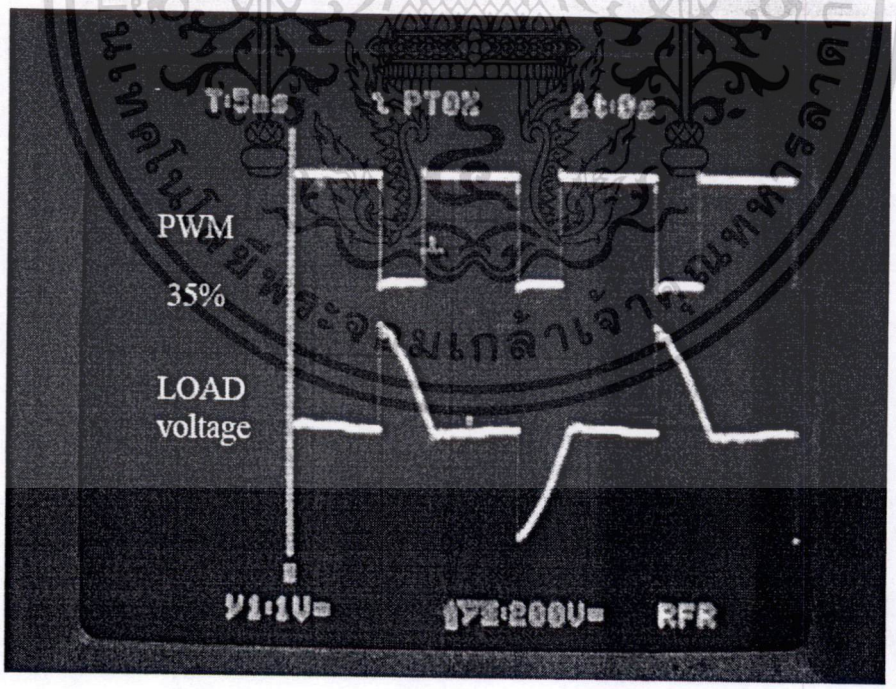


รูปที่ 5.23 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

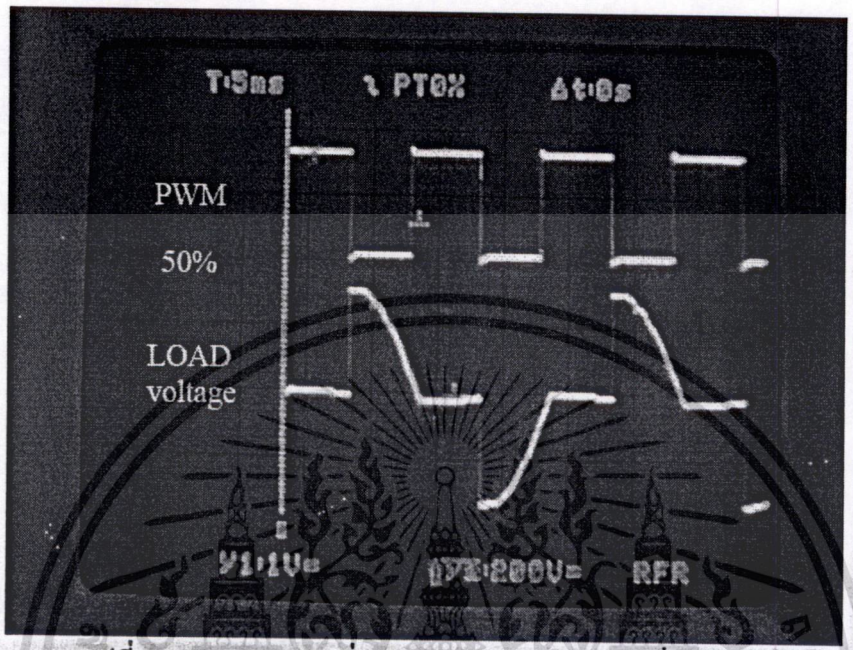


รูปที่ 5.24 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค
เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ25 %

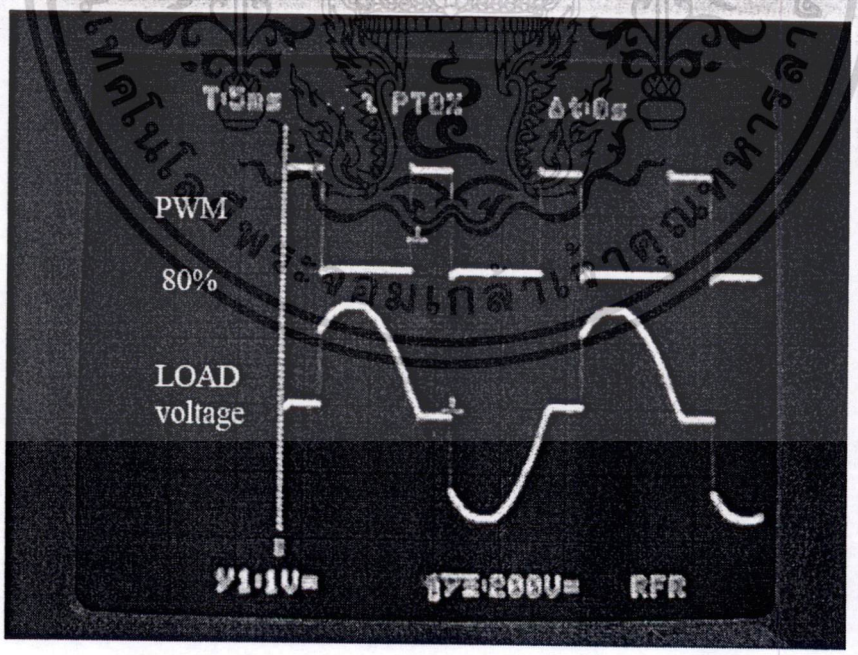


รูปที่ 5.25 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค
เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ35 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

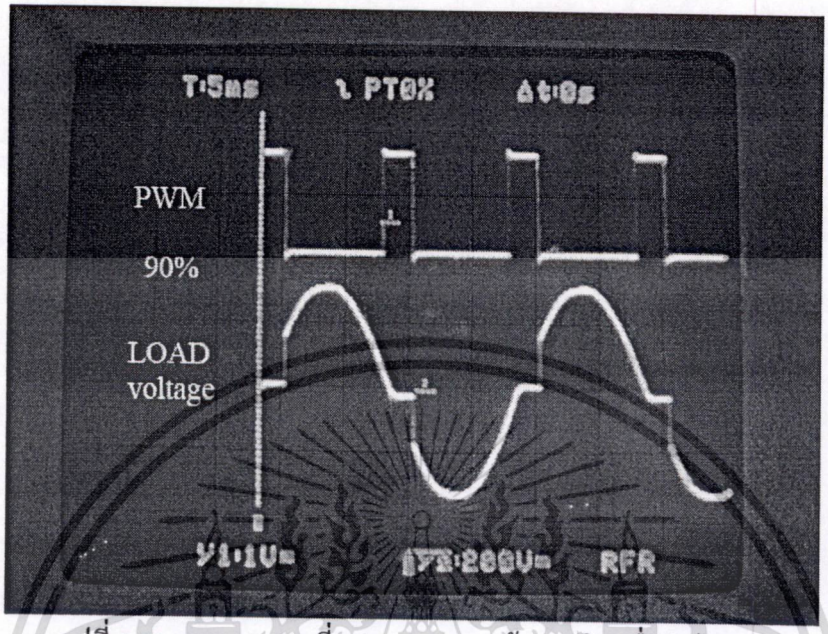


รูปที่ 5.26 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค
เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ 50 %

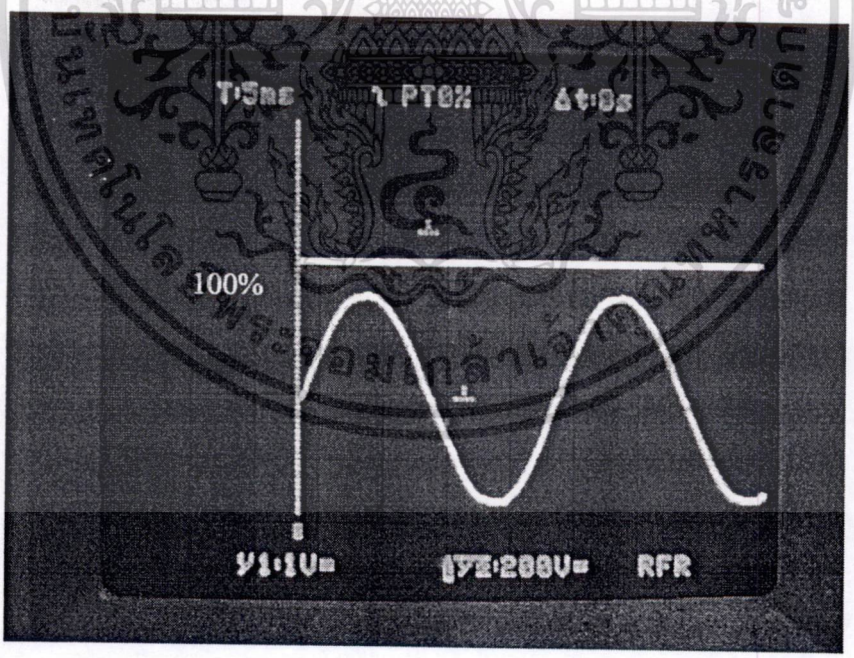


รูปที่ 5.27 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค
เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.28 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค
เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ 90 %



รูปที่ 5.29 แสดง PWM ที่ออกจาก AVR เข้าออปโต เพื่อขับไตรแอค
เทียบกับรูปคลื่นไฟเอซี 50 Hz คร่อมโหลด เมื่อถูกปรับให้ได้ ไฟ 100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุปและแนวทางการพัฒนา

6.1 บทสรุป

จากงานวิจัย ได้สร้างเครื่องต้นแบบ คือเครื่องควบคุมหลัก(มัลติเพล็กซ์ DMX-512)ขนาด 32ช่อง และเครื่องควบคุมรอง(ดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512)ขนาด 8 ช่องๆละ 1000วัตต์ เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่สามารถใช้งานได้จริง ถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ตามวัตถุประสงค์

6.2 ปัญหาที่พบ

อย่างไรก็ตามปัญหาเล็กๆน้อยๆซึ่งความจริงก็ไม่ได้สำคัญนัก เพียงแต่อาจจะทำให้การดำเนินงานล่าช้าไปบ้าง เช่น ต้องสั่งไอซีบางตัวจากต่างประเทศ หรือการออกแบบปริ้นท์แบบสองหน้าเพลททรูโฮล นั้นจะทำให้ได้แบบปริ้นท์ที่มีขนาดเล็กกระทัดรัด แต่การทำเพียงแผ่นเดียวราคาก็จะสูง นอกจากนี้การออกแบบกล่องให้สวยงามเหมาะสมอย่างไรก็ได้ แต่ก็ไม่มีใครรับทำให้ได้ นอกจากทำจำนวนมากหรือต้องราคาสูงเกินเหตุ

6.3 แนวทางการพัฒนา

6.3.1 ความจริงแล้วการสื่อสารมาตรฐาน DMX-512 มีลักษณะเดียวกันกับ RS-485 ซึ่งมีทั้ง Rx และ Tx แต่ในการทำวิจัยนี้ใช้การส่งสัญญาณออกไปควบคุมอย่างเดียว ไม่มีการรับสัญญาณ ดังนั้นในการพัฒนาต่อไปสามารถที่จะทำให้สามารถรับสัญญาณด้วย เพื่อให้รับรู้สภาวะการควบคุมว่าถูกต้องหรือไม่ ในการพัฒนาอาจเพิ่มเติมส่วนที่ทำให้สามารถติดต่อหรือส่งข้อมูลแบบสองทาง (Half Duplex) และเพิ่มเติมความสามารถในการควบคุม เช่น สามารถตั้งเวลาการควบคุมได้ หรือควบคุมแบบอัตโนมัติตามเวลาจริงและความเป็นจริง เป็นต้น ทั้งนี้จะเป็นการเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานให้กว้างขวางขึ้น เช่น ใช้ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ควบคุมการปิดเปิดน้ำ การให้อาหาร ฯลฯ ในฟาร์มปิดหรืออุตสาหกรรมการเกษตร

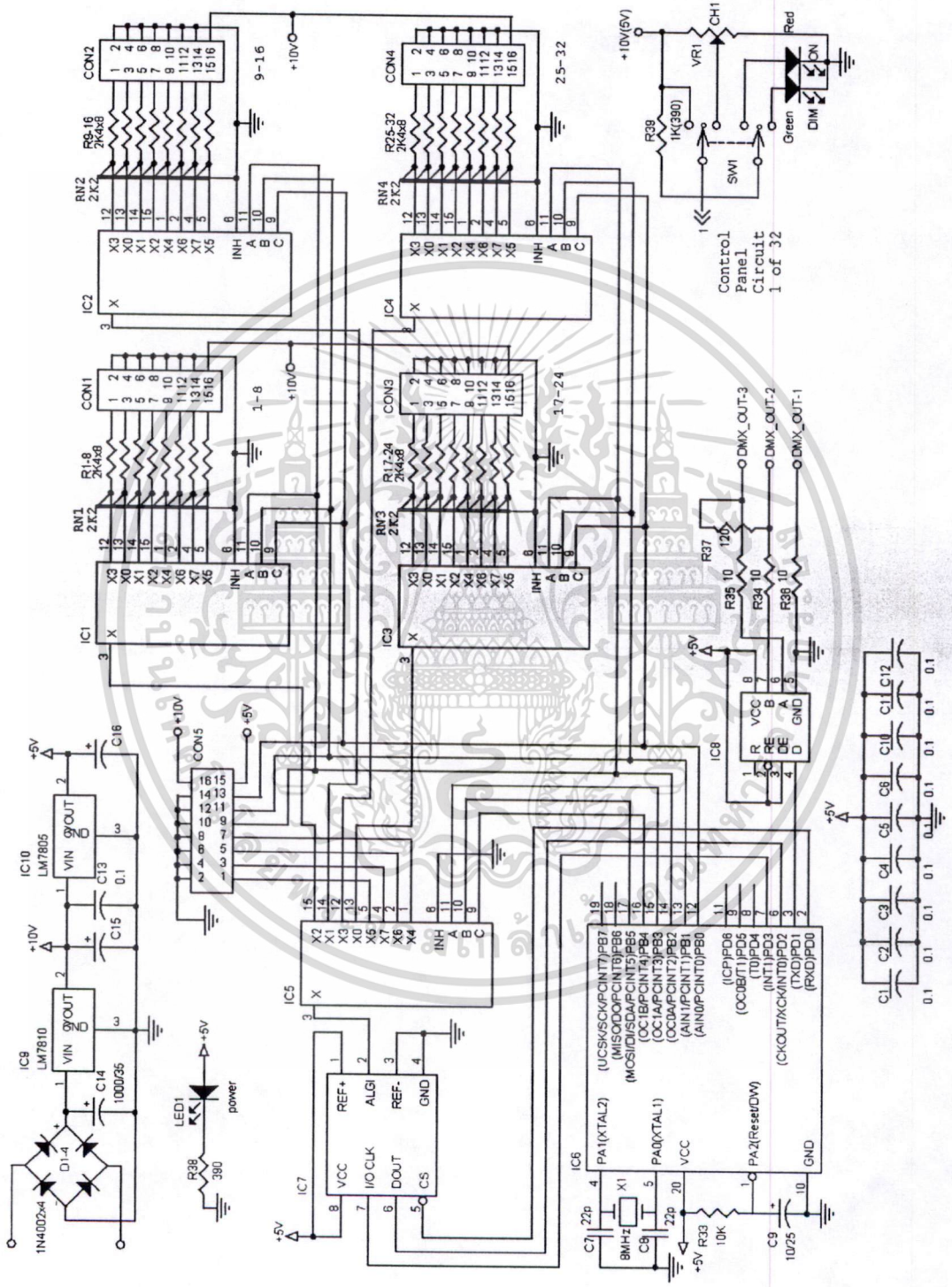
6.3.2 พัฒนาซอร์ฟแวร์เพื่อใช้การควบคุมทางหน้าจอ ผ่านออก DMX-512 อินเตอร์เฟสการ์ดทาง Serial Port, Parallel Port, USB Port ซึ่งจะทำให้สะดวกในการพัฒนาตามข้อแรกด้วย

แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบเฉพาะ ตามที่กำหนดไว้ และยังมีข้อจำกัดอย่างอื่นอีกหลายประการ จึงต้องฝากสำหรับผู้ที่สนใจนำแนวความคิดนี้ไป พัฒนาปรับปรุงต่อยอดให้ดีขึ้นและสามารถนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

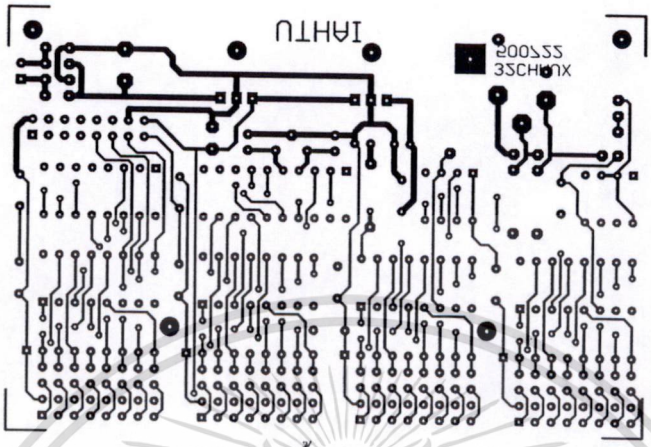
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



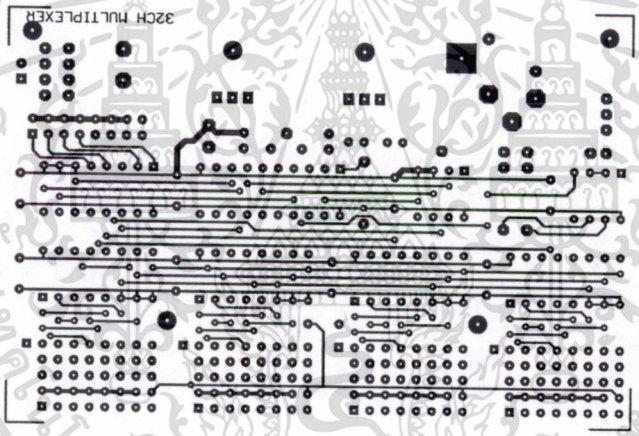
วงจรเครื่องมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ขนาด 32 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

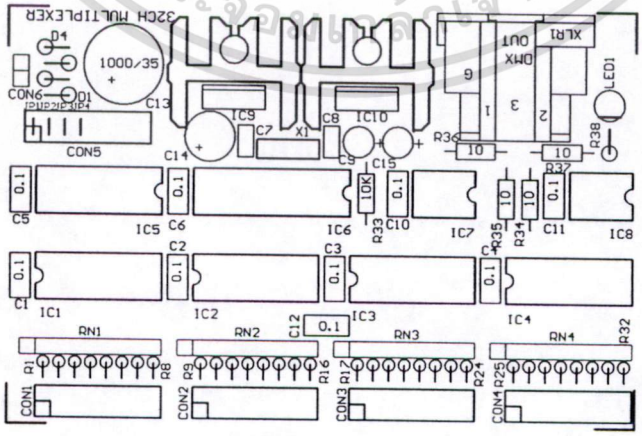
32CH MULTIPLEX DMX-512 PCB



ลายแผ่นปริ้นท์ด้านล่าง

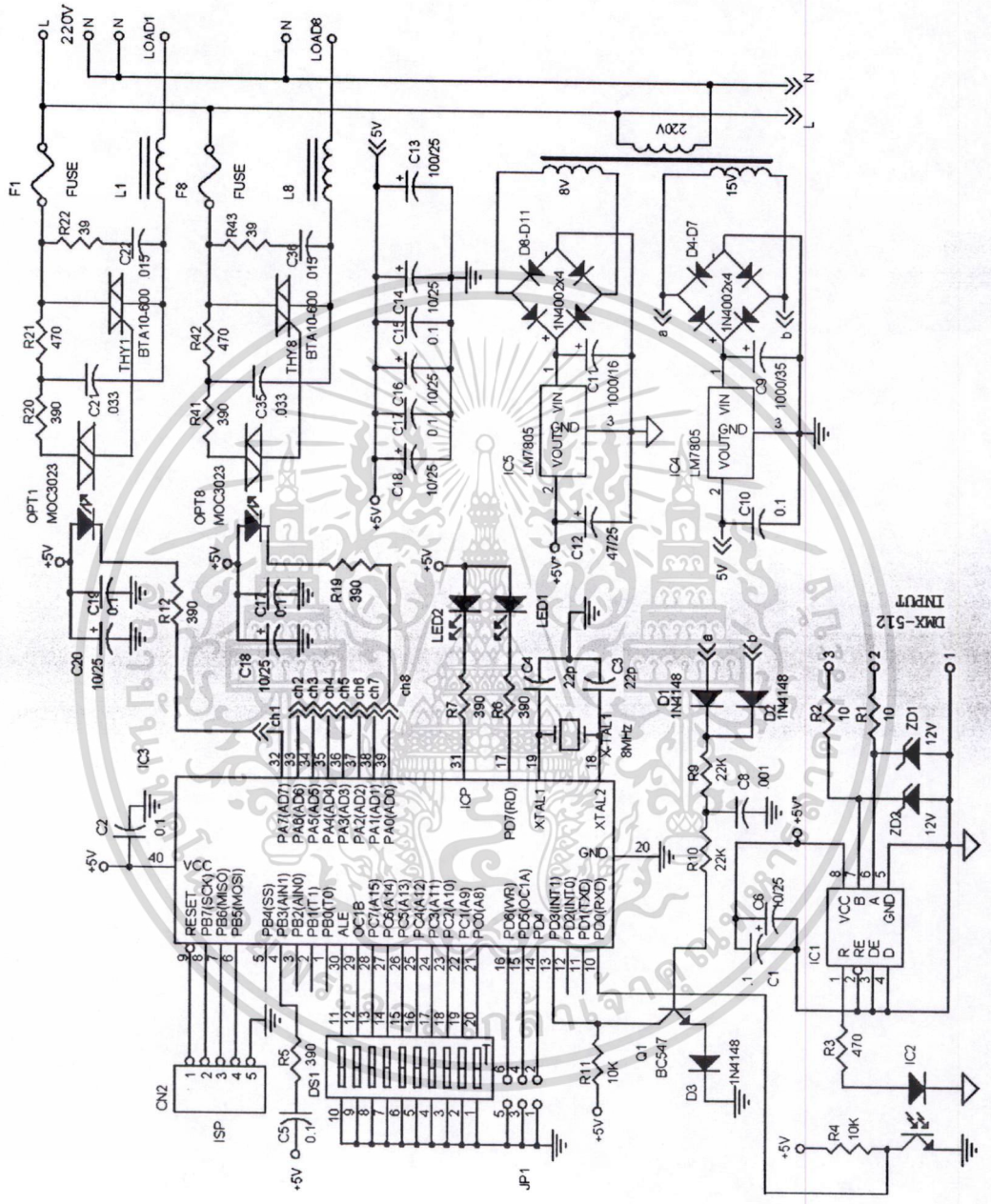


ลายแผ่นปริ้นท์ด้านบน



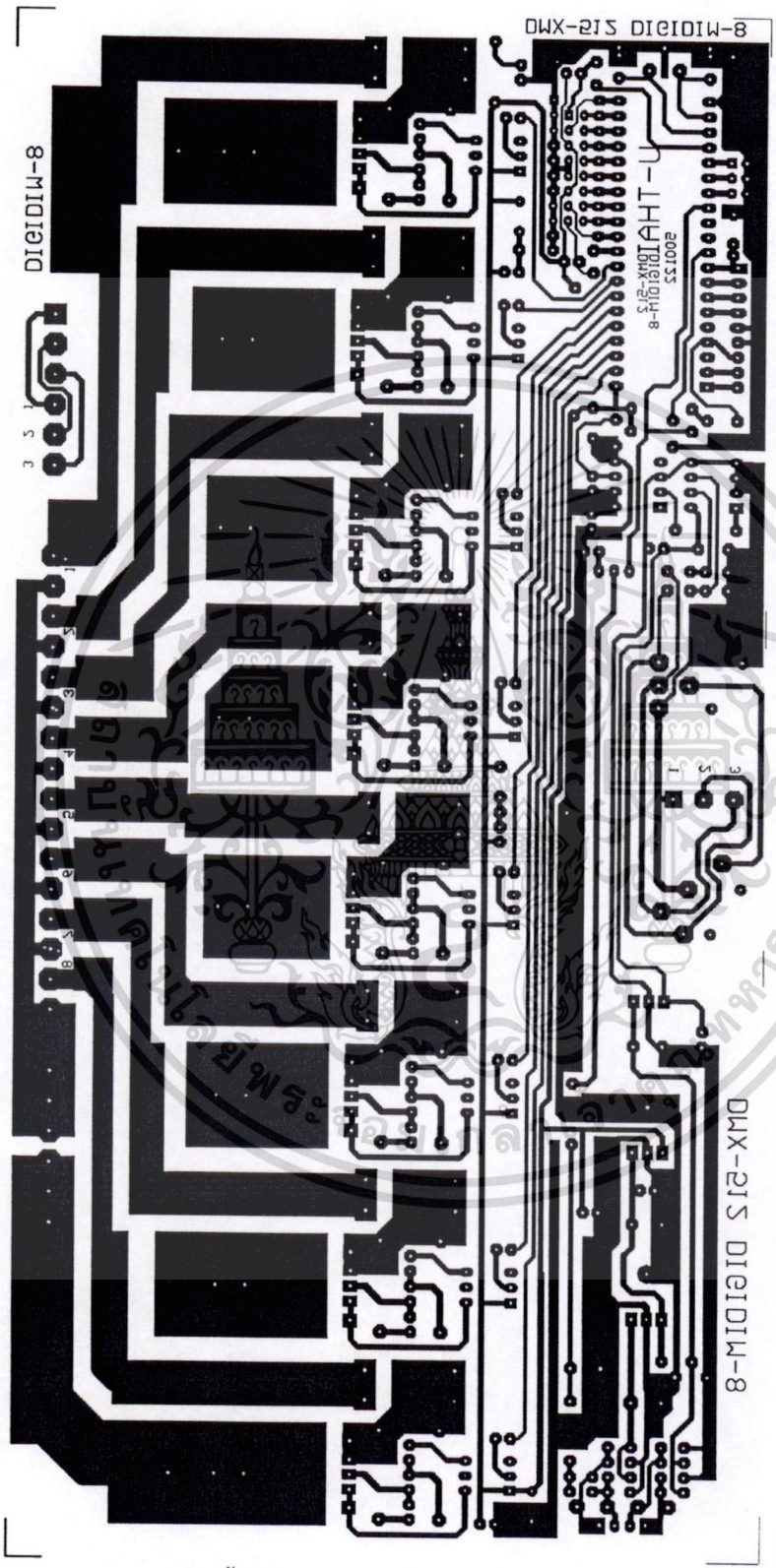
ตำแหน่งอุปกรณ์ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



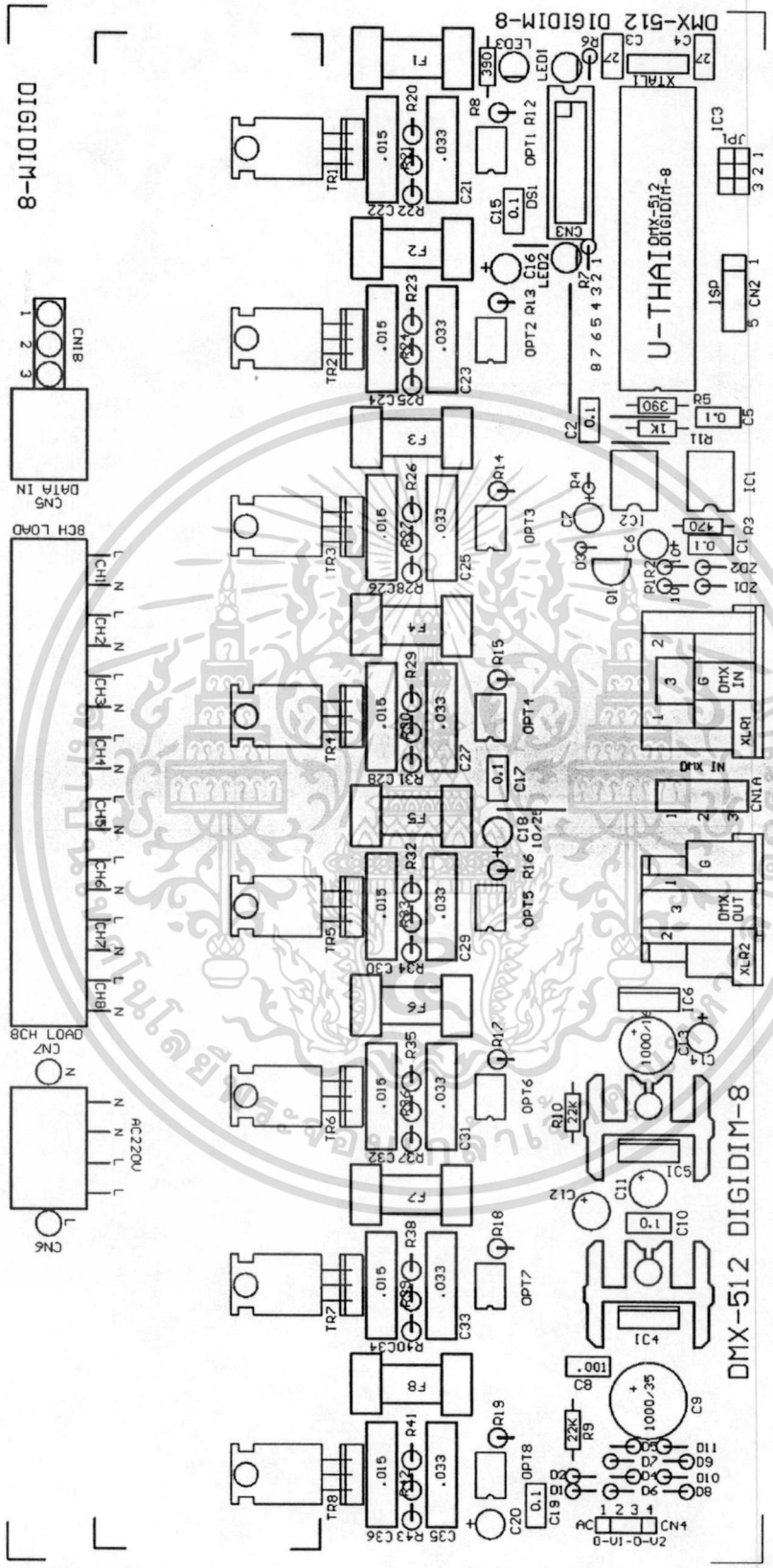
วงจรเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ DMX-512 ขนาด 8 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายแผ่นปริ้นท์ด้านล่าง ดีมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตำแหน่งอุปกรณ์ด้านบนของแผ่นปริ้นท์ดีมัลติเพล็กซ์ 8 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้