บทที่ 3

การออกแบบฮาร์ดแวร์ระบบควบคุมกระจายแบบเวลาจริง

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ออกแบบโครงสร้างระบบควบคุมกระจายแบบเวลาจริง ได้กำหนดคุณสมบัติที่ทำการพัฒนาและสร้างขึ้นให้มีคุณสมบัติดังนี้

1) ระบบควบคุมกระจายแบบเวลาจริงสามารถต่อเป็นระบบเครือข่ายจำนวน 3 จุด (ขยายได้ถึง 32 จุด)

2) จุดควบคุม (ลูกข่าย) แต่ละจุดใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดใดก็ได้ที่มีพอร์ต RS-232 โดยอาศัยการเชื่อมต่อกับวงจรที่สร้างขึ้น

3) ศูนย์ควบคุม (แม่ข่าย) ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลชนิดใดก็ได้ที่มีพอร์ต RS-232 โดยอาศัยการเชื่อมต่อกับวงจรที่สร้างขึ้น

จากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้นของระบบควบคุมกระจายแบบเวลาจริงได้ทำการออกแบบและสร้างดังนี้

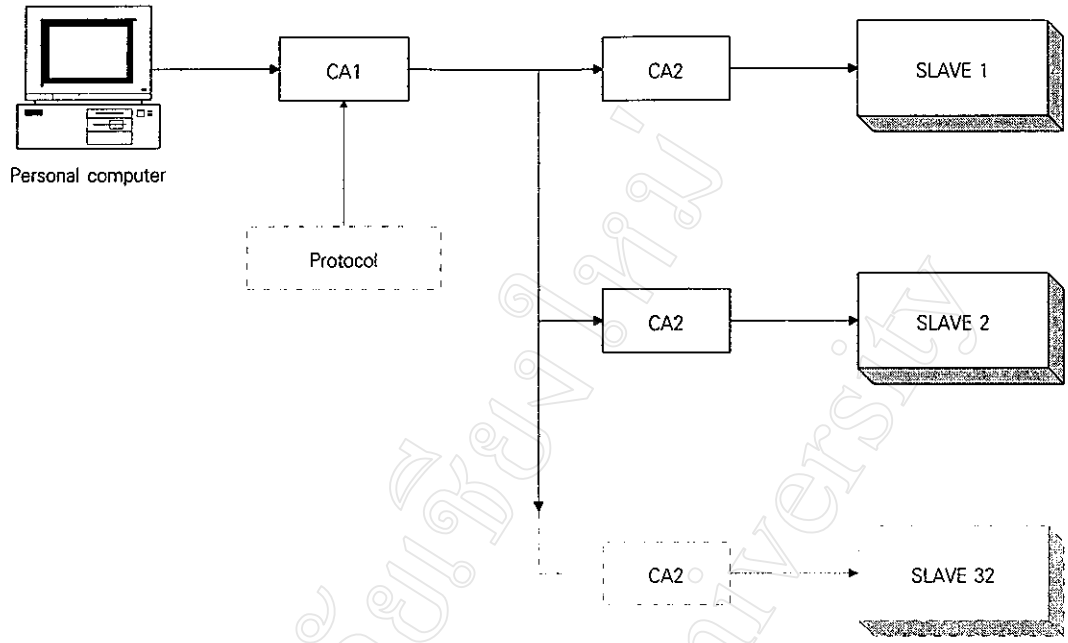
1) สร้างต้นแบบไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 3 จุด (ขยายได้ถึง 32 จุด)

2) ออกแบบวงจรให้สามารถเชื่อมต่อระหว่างบัสข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-485

3) ออกแบบวงจรให้สามารถเชื่อมต่อบัสข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232 ร่วมกับ RS-485

4) สามารถตรวจสอบการทำงานของระบบควบคุมกระจายแบบเวลาจริงบนไมโครคอมพิวเตอร์แบบ IBM/PC

โครงสร้างระบบควบคุมกระจายแบบเวลาจริงประกอบด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ไมโครคอนโทรลเลอร์ลูกข่าย ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์แม่ข่ายกับไมโครคอนโทรลเลอร์ลูกข่ายภายใต้มาตรฐาน RS-485 ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบควบคุมกระจายแบบเวลาจริง

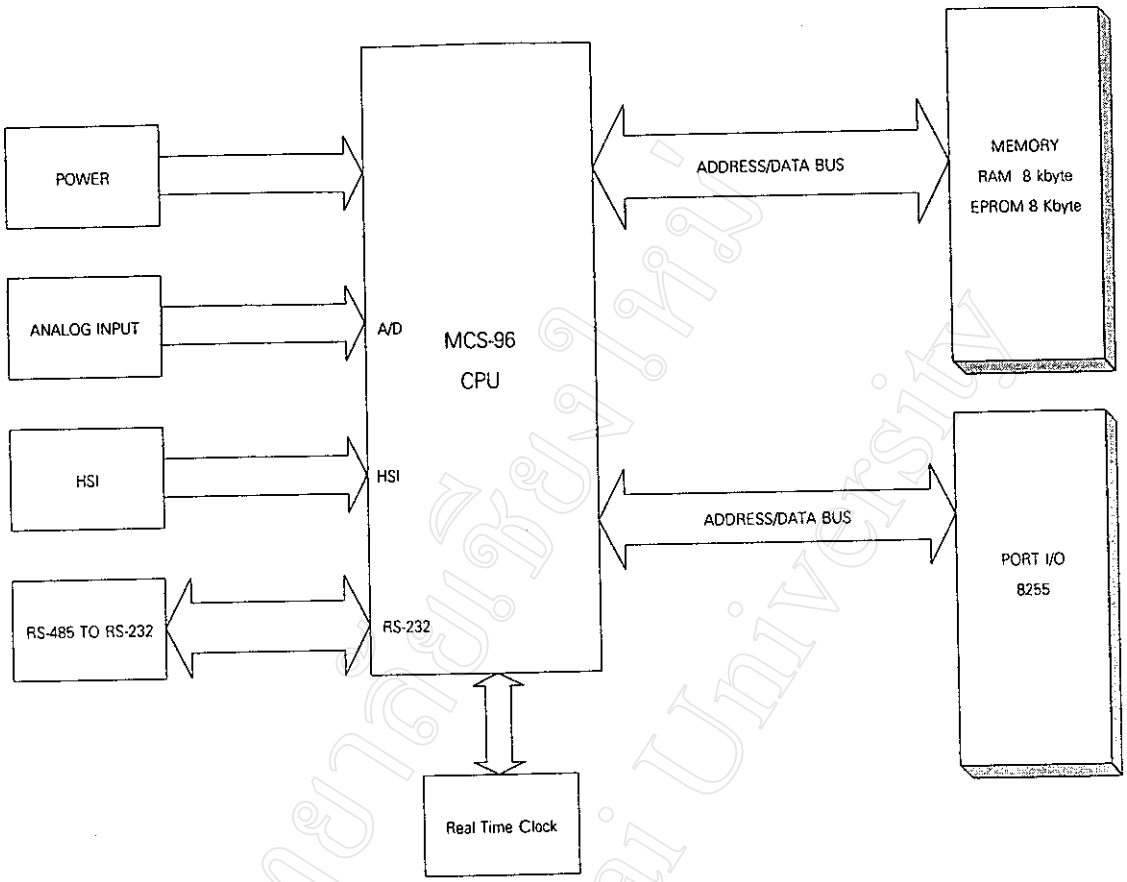
รูปที่ 3.1 แสดงระบบควบคุมกระจายแบบเวลาจริงซึ่งประกอบด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ทำหน้าที่เป็นแม่ข่าย และไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นลูกข่าย (Slave Station) สำหรับ CA1 (Communication Adapter 1) เป็นส่วนที่ต่อแม่ข่ายไปยังบัสทำหน้าที่แปลง RS-232 เป็น RS-485 ทั้งนี้เนื่องจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีพอร์ตอนุกรม (Serial Port) สำหรับส่งข้อมูลแบบ RS-232 ส่วน CA2 (Communication Adapter 2) เป็นส่วนเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างลูกข่ายกับบัส โดยใช้มาตรฐาน RS-232 และมาตรฐาน RS-485 ในการเชื่อมต่อ

3.1 ส่วนแม่ข่าย

ส่วนแม่ข่ายจะประกอบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์แบบ IBM/PC และวงจรเชื่อมต่อทางพอร์ตอนุกรม

3.2 ส่วนลูกข่าย

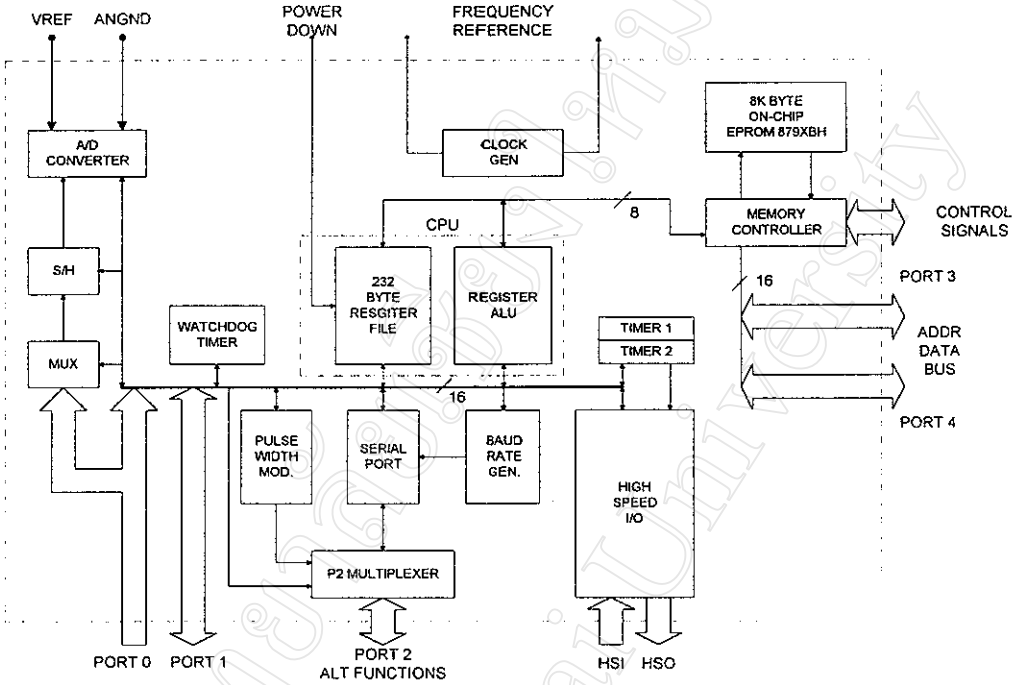
โครงสร้างของส่วนลูกข่าย ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์ลูกข่าย

3.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit)

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-96 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง โดยเลือกใช้เบอร์ 8095BH ซึ่งเป็นชิปแบบ DIP 48 ขา [1] โครงสร้างภายในขนาด 16 บิต ลักษณะการเชื่อมต่อภายนอกใช้บัสแบบ 16 บิต ระบบบัสสามารถเลือกได้ทั้ง 8 บิต และ 16 บิต มีรีจิสเตอร์ไฟล์ (Register File) ภายในหน่วยประมวลผลกลางขนาด 232 ไบต์ ซึ่งทุกตัวสามารถทำงานได้เท่าเทียมกันหมด กล่าวคือทุกตัวสามารถใช้เป็นแอกคูมิวเลเตอร์ (Accumulator) ในการคำนวณได้ มี PWM (Pulse Width Modulated) เอาต์พุตในตัว มีวงจร A/D (Analog to Digital) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ แอนะล็อกให้เป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต มีพอร์ตอนุกรม (Serial Port) เป็นพอร์ตรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) และซิงโครนัส (Synchronous) มีวงจร Watchdog Timer ภายในชิป มีไทเมอร์ (Timer /Counter) ขนาด 16 บิต 2 ตัว มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุตความเร็วสูง (HSI/HSO) ที่โปรแกรมได้ บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ 8096 [9]

3.2.2 หน่วยความจำ

หน่วยความจำของส่วนลูกข่ายมี 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 EPROM 2864 เป็นส่วนเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงาน มีขนาด 8 Kbytes ซึ่งวางอยู่ที่ตำแหน่ง 2000H-3FFFH

ส่วนที่ 2 RAM เป็นส่วนเก็บข้อมูลชั่วคราวของการประมวลผล และส่วนเก็บพารามิเตอร์ มีขนาด 8 Kbytes ซึ่งวางอยู่ที่ตำแหน่ง 4000H-5FFFH

ตำแหน่งของหน่วยความจำ	ไอซีหน่วยความจำที่ซีพียูติดต่อ
2000H-3FFFH	ไอซีหน่วยความจำเบอร์ 2864
4000H-5FFFH	ไอซีหน่วยความจำเบอร์ 6264

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งไอซีหน่วยความจำ

3.2.3 ส่วนการติดต่อระหว่างซีพียูกับอินพุต/เอาต์พุต

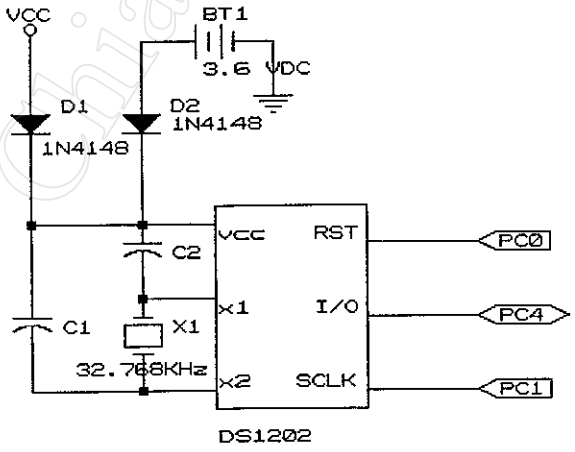
การติดต่อระหว่างซีพียูกับอินพุต/เอาต์พุต ได้ทำการถอดรหัสโดยใช้ไอซี 74LS138 จะได้หมายเลขพอร์ตระหว่าง FFCOH-FFFFH ซีพียูจะส่งสัญญาณออกทางแอดเดรสบัสระหว่าง A0-A12 พร้อมกับสัญญาณขอติดต่อกับหน่วยอินพุต/เอาต์พุตออกทางขา $\overline{RD}$ / $\overline{WR}$ โดยหมายเลขประจำพอร์ตที่ตรงกับตัวไอซีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

หมายเลขประจำพอร์ต	อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต
FFCOH-FFCFH	ไอซีเบอร์ 8255 ตัวที่ 1
FFDOH-FFDFH	ไอซีเบอร์ 8255 ตัวที่ 2

ตารางที่ 3.2 เลขประจำพอร์ตของอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

3.2.4 ระบบนาฬิกาเวลาจริง (Real Time Clock System)

ไอซี DS1202 เป็นไอซีนาฬิกาขนาด 8 ขา รับและส่งข้อมูลการอ่านหรือการตั้งเวลาแบบอนุกรม ทำหน้าที่เป็นฐานเวลาจริงของส่วนลูกข่าย การเชื่อมต่อ DS1202 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ลูกข่าย นั้นได้ใช้ PC4 ของ ไอซี 8255 ตัวที่ 1 เป็นขาสัญญาณข้อมูลสำหรับการอ่าน หรือเขียนข้อมูลให้กับ DS1202 และใช้ PC1 เป็นขาสัญญาณนาฬิกาความถี่ 100 KHz สำหรับการอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับ DS1202 สำหรับขา PC0 ทำหน้าที่เป็นตัวรีเซตให้กับ DS1202 ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรระบบฐานเวลาจริง

3.2.5 วงจรรับสัญญาณแอนะล็อก (Analog to Digital Converter)

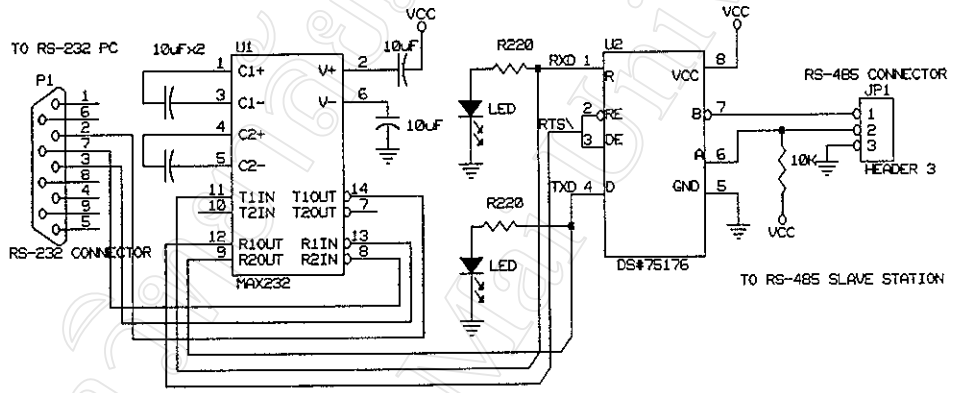
วงจรรับสัญญาณแอนะล็อกแปลงเป็นดิจิตอลของลูกข่ายนี้ได้ใช้วงจรภายในของ 8095BH ซึ่งภายไอซีนี้มีอยู่ 4 อินพุตโดยเลือกแอนะล็อกอินพุตหมายเลข 4 (ACH4) [8]

3.2.6 ไฮสปีดอินพุต (Hispeed Input)

ออกแบบโดยเลือกใช้ขาไฮสปีดอินพุต หมายเลข 0 (HSI.0) ภายในไอซีเบอร์ 8095BH

3.3 วงจรส่วนรับส่งข้อมูล CA1 (Communication Adapter 1)

วงจรทำหน้าที่แปลงระดับสัญญาน RS-232 เป็น RS-485 โดยใช้ ไอซี MAX232 ทำหน้าที่

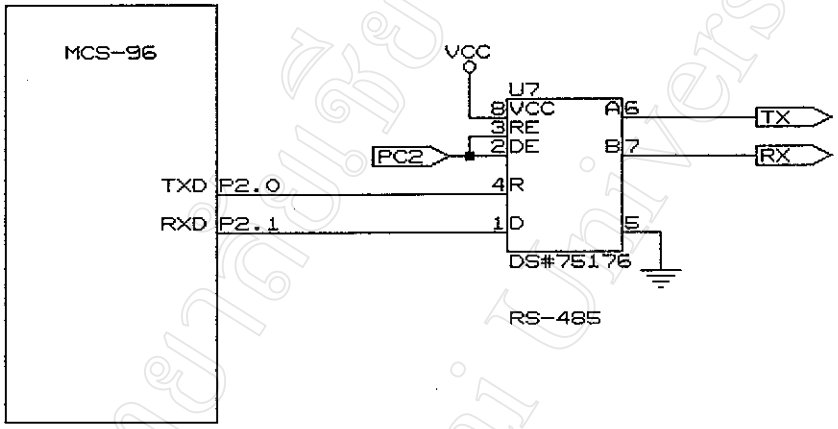


รูปที่ 3.5 วงจรแปลงสัญญาณ RS-232 เป็น RS-485

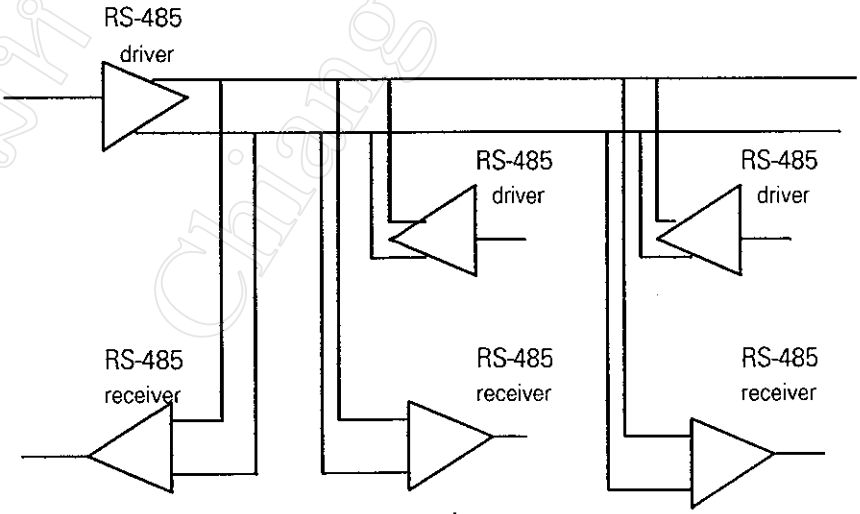
แปลงระดับสัญญาณ RS-232 เป็นระดับสัญญาณทีทีแอล (TTL) และใช้ไอซีเบอร์ DS75716 ทำหน้าที่แปลงระดับสัญญาณทีทีแอลเป็นระดับสัญญาณ RS-485 ดังรูปที่ 3.5 เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์แม่ข่ายต้องการติดต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ลูกข่ายจะทำการส่งสัญญาณ RTS (Request To Send) เป็น “1” จะเป็นการ Enable ที่ขา DE ของไอซี DS75176 สร้างสภาวะการส่งข้อมูลจากแม่ข่ายไปยังลูกข่าย โดยข้อมูลจะผ่านทาง RS-232 และเปลี่ยนเป็นระดับทีทีแอล ด้วยไอซี MAX 232 ผ่านทางขา DI ของไอซี DS75176 เป็นระดับสัญญาณ RS-485 การรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์มายังไมโครคอมพิวเตอร์จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อที่ขา RTS เป็นศูนย์ ซึ่งจะเป็นการ Enable ขา RE ของไอซี DS75176 การรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย RS-485 ผ่านไอซี DS75176 ออกที่ขา RO จะเปลี่ยนสัญญาณทีทีแอลเป็น RS-232 โดยไอซี MAX232 ซึ่งสภาวะการส่งและรับข้อมูลจะแสดงด้วย LED

3.4 วงจรรับส่งข้อมูล CA2 (Communication Adapter 2)

วงจรเชื่อมต่อระหว่างแม่ข่ายกับบัส และลูกข่ายกับบัส ผ่านทางพอร์ตอนุกรมภายใต้มาตรฐาน RS-485 ใช้ไอซีเบอร์ 75176 ต่อเข้าทางพอร์ตอนุกรม P2.0 (TXD) และ P2.1 (RXD) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8095BH และใช้ขาสัญญาณ PC2 ของพอร์ต 8255 เบอร์ 1 เป็นสัญญาณการเลือกรับ หรือส่งข้อมูล เพื่อทำหน้าที่ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรของส่วนรับส่งข้อมูล CA2



รูปที่ 3.7 รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ RS-485

3.5 คุณลักษณะเฉพาะของ RS-485

3.5.1 คุณลักษณะเฉพาะของตัวส่ง RS-485

1) ตัวส่ง 1 ตัว สามารถขับโหลดได้ถึง 32 ตัว (โหลดหนึ่งชุดประกอบด้วยตัวส่ง 1 ตัว และ ตัวรับ 1 ตัว) ดังรูปที่ 3.7
2) เอาต์พุตของตัวส่งในสภาวะออฟ มีกระแสรั่วไหลไม่เกิน 100 μA ในช่วงแรงดันไฟฟ้าโหมดร่วมระหว่างค่า -7V ถึง 7V
3) เอาต์พุตของตัวส่ง ให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต 1.5V ถึง 5V ในช่วงแรงดันไฟโหมดร่วมระหว่างค่า -7V ถึง 12V
4) ตัวส่งมีวงจรป้องกันตัวเองที่ส่วนเอาต์พุต ในกรณีที่ตัวส่งหลายๆตัวส่งข้อมูลออกมาพร้อมๆกัน

3.5.2 คุณลักษณะเฉพาะของตัวรับ RS-485

1) ค่าความต้านทานที่อินพุตมีค่าสูง โดยมีค่าไม่น้อยกว่า 12 กิโลโอห์ม
2) ตัวรับมีค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุตโหมดร่วม ระหว่างค่า -7V ถึง 12V
3) ตัวรับสามารถตอบสนองต่อสัญญาณที่แตกต่างจากสัญญาณโหมดร่วมได้ ± 200mV (น้อยที่สุด)

3.5.3 คุณสมบัติของคู่ตัวรับส่ง RS-485

1) คู่ตัวรับส่งเป็นอุปกรณ์ที่มีทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในชิปเดียวกัน เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน และทำให้ระบบมีขนาดเล็กลงคู่ตัวรับส่งของ RS-485 ได้แก่ DS75176B
2) ตามมาตรฐาน RS-485
3) เอาต์พุตของตัวส่งเป็นแบบ 3-State
4) Thermal Shutdown Protection
5) ค่าความต้านทานอินพุตของตัวรับ 20 KΩ (น้อยที่สุด)
6) ตัวรับมีค่า input sensitivity ±200 mV
7) คู่ตัวรับ มีค่า input hysteresis 50 mV
8) ใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลท์

3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบระบบ

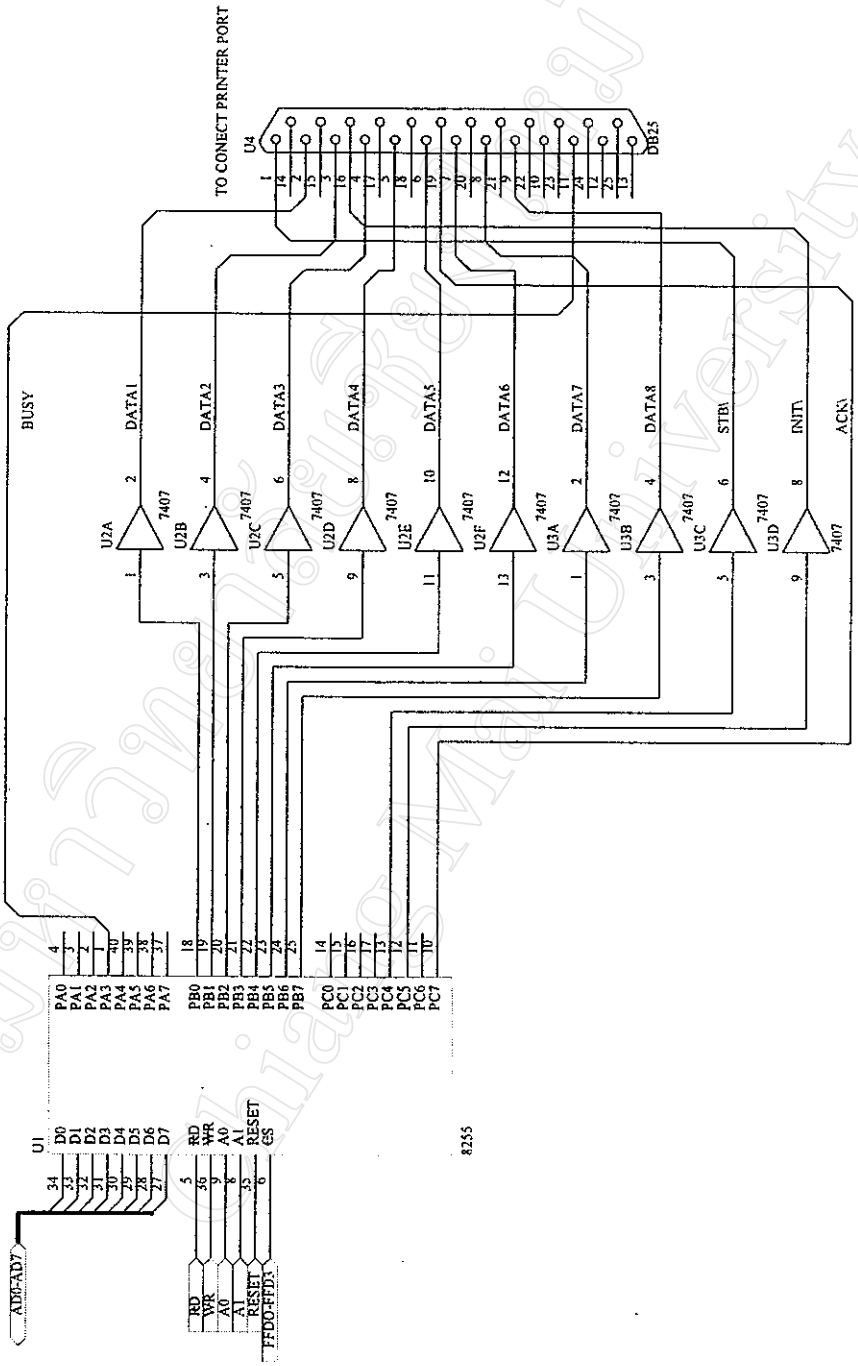
ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดสอบระบบประกอบด้วย อุปกรณ์ต่อเชื่อมเครื่องพิมพ์ เครื่องนับเม็ดยาจำลอง และเครื่องควบคุมไฟจำลอง ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปนี้

3.6.1 อุปกรณ์ต่อเชื่อมเครื่องพิมพ์ (Printer)

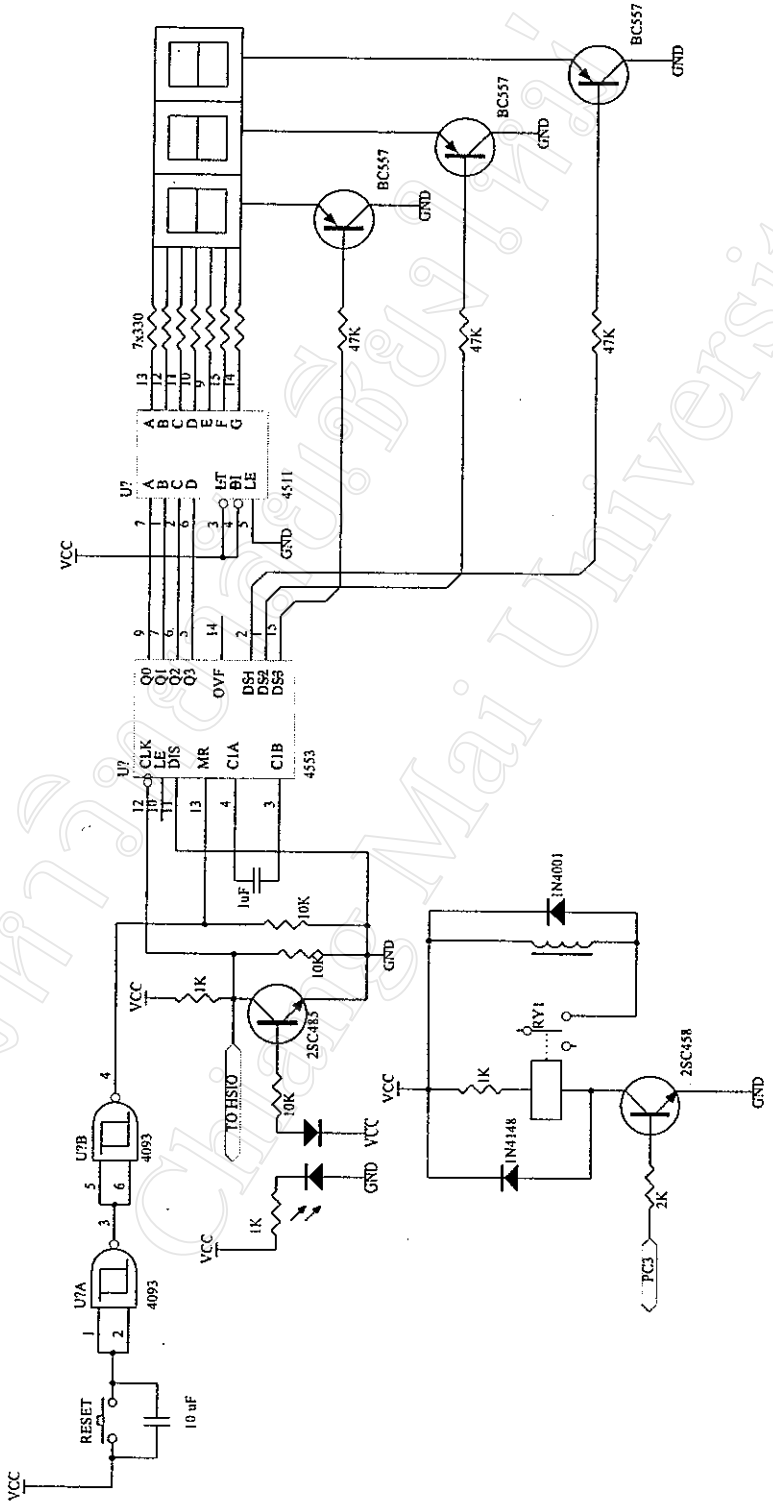
การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่องพิมพ์ ที่ออกแบบและสร้างโดยใช้ไอซีเบอร์ 8255 เป็นตัวจัดการข้อมูลที่ต้องการจะพิมพ์แล้วส่งข้อมูลออกทางพอร์ต PB0-PB7 เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจาก PB0-PB7 ไม่เพียงพอต่อที่จะนำมาขับเครื่องพิมพ์ได้โดยตรงจึงต้องมีการต่อไอซีเบอร์ 74LS07 ซึ่งทำหน้าที่ขยายกระแสให้สูงขึ้นเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน สำหรับ PC2 จะทำหน้าที่เป็นส่วนตรวจสอบสัญญาณการตอบรับ (Acknowledgement) ว่าพร้อมที่จะรับการติดต่อหรือไม่ และ PC4 ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับสัญญาณสโตรบ (Strobe) อินพุตของเครื่องพิมพ์ สัญญาณสโตรบเป็นส่วนเซต (Set) หรือรีเซต (Reset) สำหรับสถานะการทำงานของเครื่องพิมพ์จะต่ออยู่กับ PORT-A

3.6.2 เครื่องนับเม็ดยาจำลอง (Pill Counter Simulator)

เครื่องนับเม็ดยาได้ออกแบบและสร้างโดยใช้ไดโอดไวแสง (Photodiode) ทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์ (Sensor) ตรวจจับการนับ เมื่อเริ่มทำการนับเม็ดยาโดยทำการปล่อยเม็ดยาลงในเครื่องนับเม็ดยา เมื่อเม็ดยาตัดผ่านแสงของไดโอดไวแสง ทำให้เกิดพัลส์ขึ้นหนึ่งลูกต่อการปล่อยเม็ดยาหนึ่งเม็ด พัลส์จะถูกส่งไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ทำให้เกิดการไบอัสทรานซิสเตอร์ 2SC458 ทำให้ทรานซิสเตอร์เกิดสภาวะทำงานโดยมีกระแสไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอิมิตเตอร์ ที่ขาของคอลเลคเตอร์ต่ออยู่กับขาสัญญาณ HSI.0 (Highspeed Input) ของไมโครคอนโทรลเลอร์และขาสัญญานนาฬิกา (Clock) ของวงจรนับ เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานจะส่งพัลส์หนึ่งลูกไปยังขา HSI.0 และขาสัญญาณนาฬิกาของวงจรนับใช้ไอซีเบอร์ 4533 ทำหน้าที่เป็นวงจรนับ และส่งค่าการนับให้กับไอซีเบอร์ 4511 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ (BCD to Seven Segment) เพื่อทำการแสดงผล สำหรับทรานซิสเตอร์ BC557 ทำหน้าที่เลือกหลักของการนับเพื่อแสดงผลการนับของแต่ละหลัก เครื่องนับเม็ดยาสามารถนับได้ตั้งแต่ 1 ถึง 999 เม็ด และวงจรที่ทำหน้าที่ปิด-เปิดท่อปล่อยเม็ดยา เมื่อมีการนับเม็ดยาครบตามจำนวนตามที่ค่าที่ตั้งไว้ เครื่องควบคุมจะส่งลอจิกหนึ่งออกทางพอร์ต PC3 ไปควบคุมให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 ทำงาน และสั่งรีเลย์หน้าสัมผัสเปิดทำให้ปิดท่อปล่อยเม็ดยาได้ นอกจากนี้สามารถทำการรีเซตค่าการนับได้โดยกดปุ่มรีเซต ค่าการนับจะถูกเคลียร์

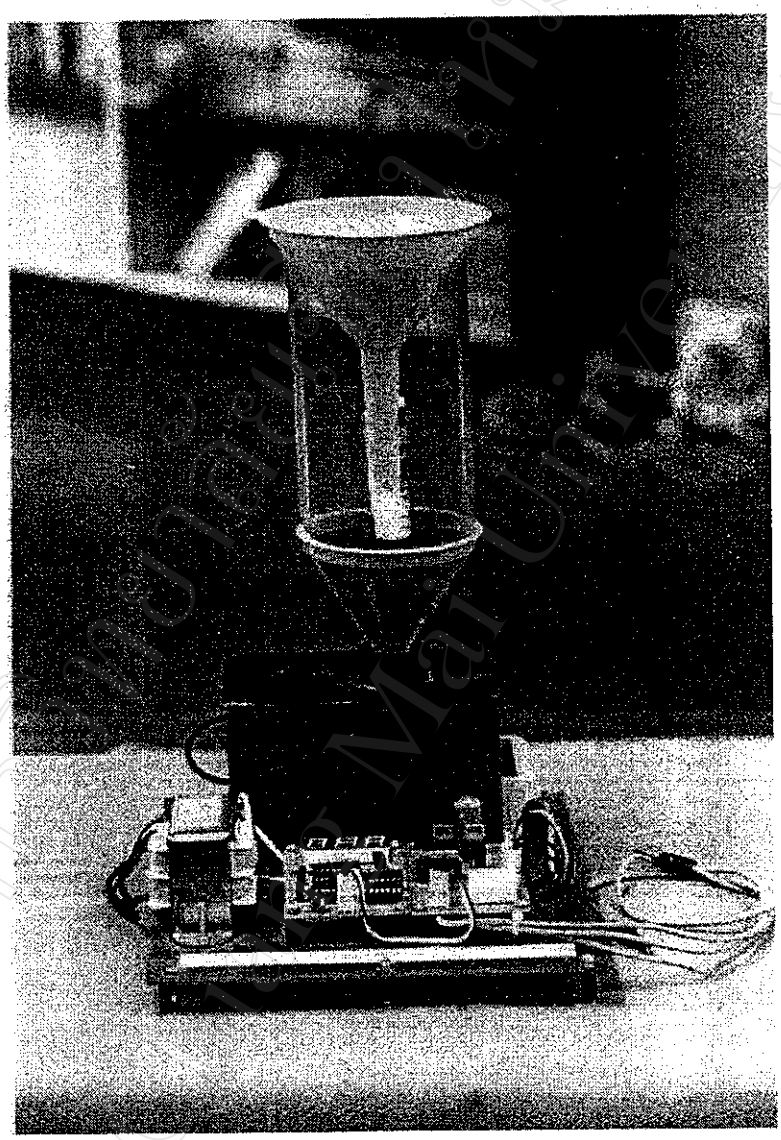


รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่องพิมพ์



รูปที่ 3.8 วงจรเครื่องนับเม็ดยา

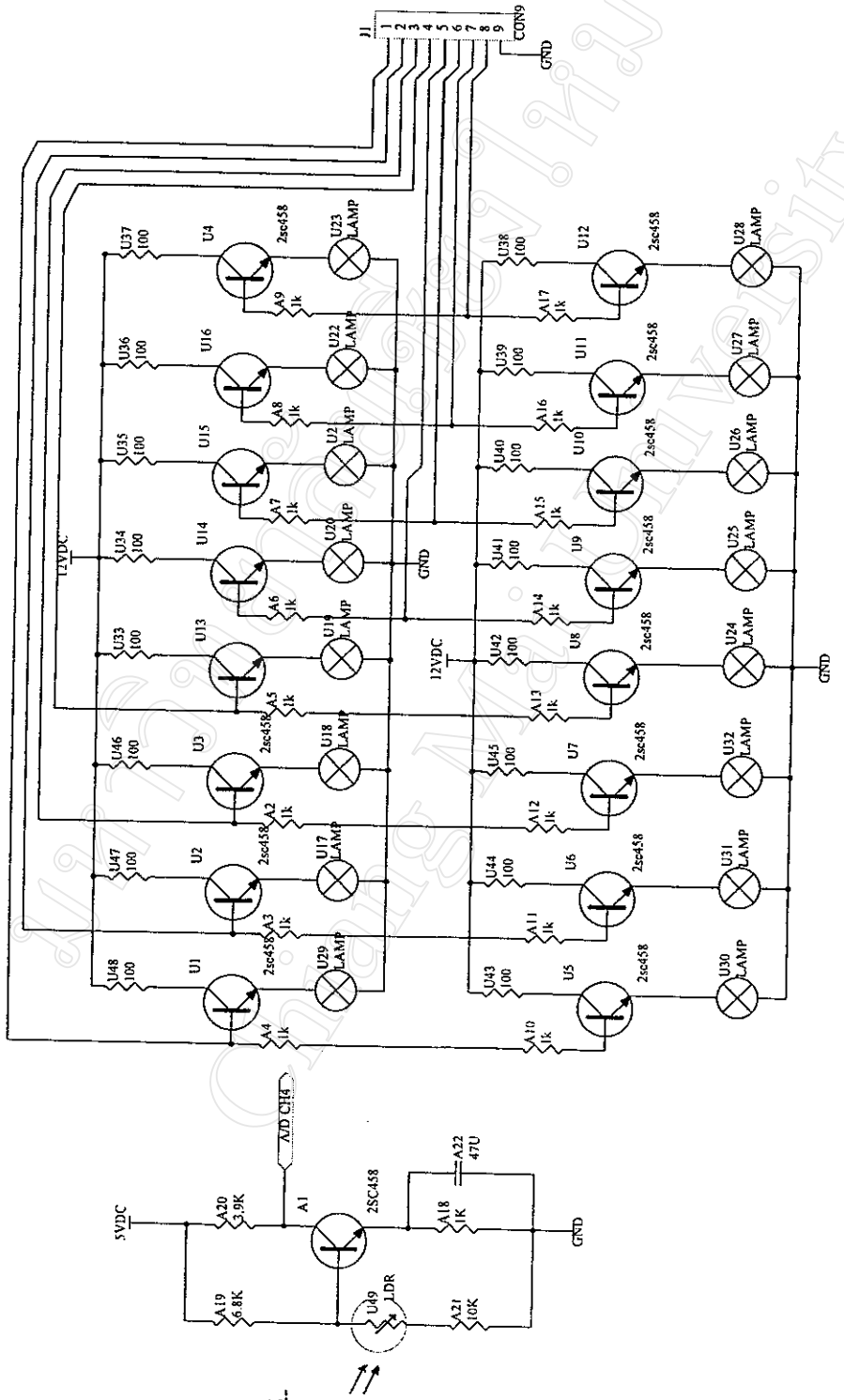
และสามารถเริ่มต้นทำงานใหม่ ดังรูปที่ 3.8 วงจรเครื่องนับเม็ดยาจำลอง และรูปที่ 3.9 เครื่องนับเม็ดยาจำลอง



รูปที่ 3.9 รูปเครื่องนับเม็ดยาจำลอง

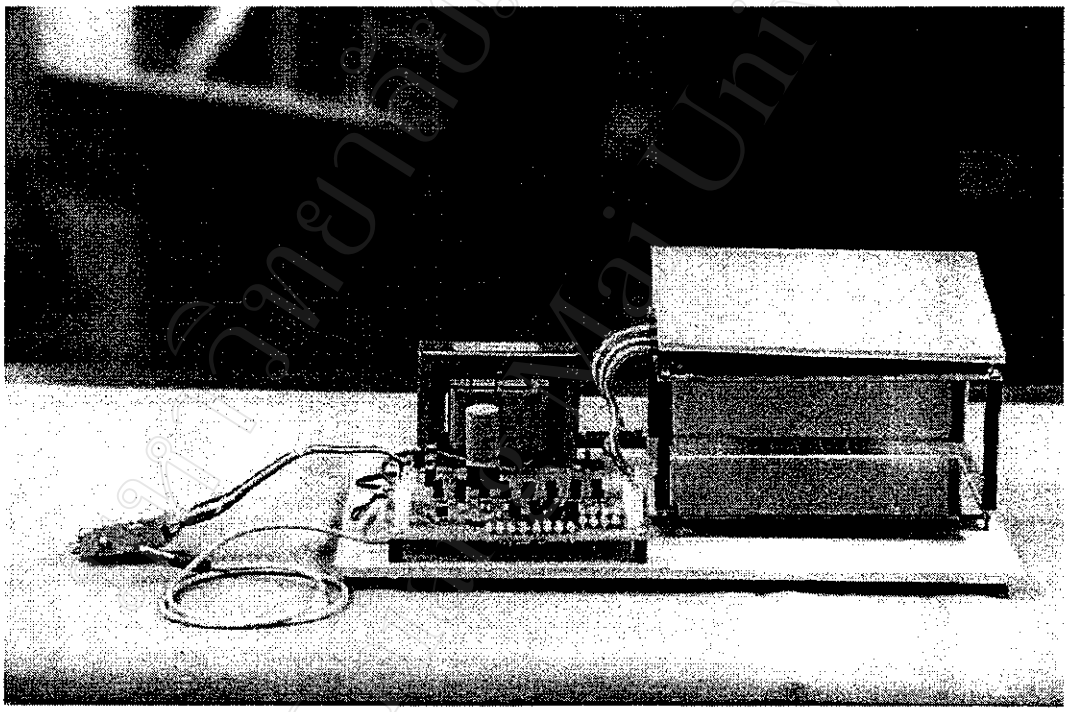
3.6.3 เครื่องควบคุมไฟแสงสว่างจำลอง (Lighting Control Simulator)

เครื่องควบคุมไฟแสงสว่างจำลอง (Lighting Control Simulator) ได้ถูกออกแบบและสร้างโดยประกอบด้วยวงจรส่วนที่ทำหน้าที่ ตรวจสอบแสงโดยใช้โฟโต้รีซิสเตอร์ (LDR) ทำหน้าที่เป็นส่วน



รูปที่ 3.10 วงจรควบคุมการปิด - เปิดไฟ

ตรวจจับแสง และส่วนควบคุมการปิด-เปิดหลอดไฟ เมื่อเริ่มต้นทำงานโฟโต้รีซิสเตอร์ จะตรวจสอบแสงโดยค่าความต้านทานจะเปลี่ยนตามค่าของแสง เมื่อมีแสงมาตกกระทบมากค่าความต้านทานมีค่าต่ำสุดและค่าแรงดันใช้งานสูงสุด เมื่อมีแสงมาตกกระทบน้อยมีค่าความต้านทานสูงสุด เมื่อเริ่มต้นการทำงานยังไม่มีการไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน จนกระทั่งโฟโต้รีซิสเตอร์มีแสงเข้ามาตกกระทบจะทำการไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 ทำงาน ทำให้มีกระแสไหลผ่านขาคอลเลคแตอร์จะถส่งค่าของแรงดันไปยังขา A/D ของ CH4 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจสอบค่าที่รับเข้ามาได้และนำไปควบคุมปิด-เปิดหลอดไฟที่ต่ออยู่กับ PORT-A ของบอร์ดลูกข่ายดังรูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 รูปเครื่องควบคุมจำลองการปิด-เปิดไฟ