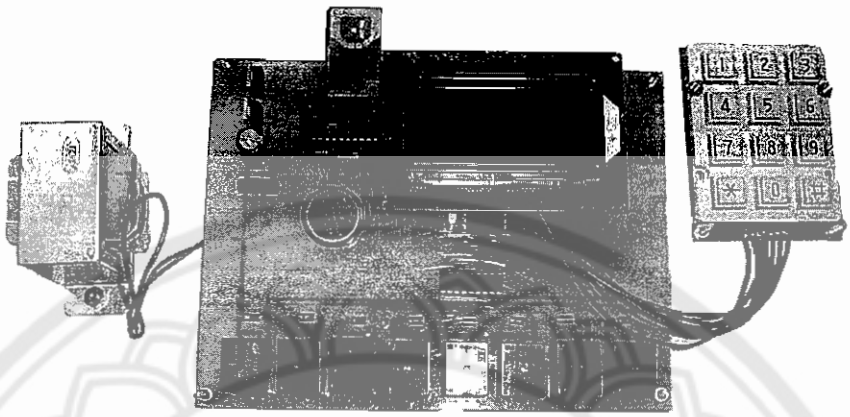
บทที่ 3
หลักการสร้างและการออกแบบ



รูปที่ 3.1 รูปวงจรภายในของโครงงาน

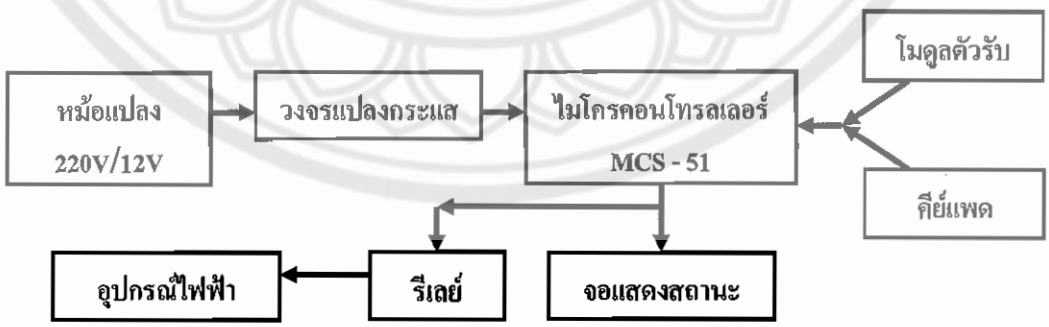
บทนี้จะได้กล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบ การคำนวณ การสร้างและอธิบายหลักการทำงานของวงจรในแต่ละส่วนที่ประกอบกันขึ้นเป็นโครงงานนี้

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโครงงาน

โครงงานเครื่องควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นความถี่วิทยุนี้ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของภาคประมวลผลและส่วนของเครื่องรับ-ส่ง สัญญาณ

1. อุปกรณ์ในส่วนภาคประมวลผล
2. ส่วนของโมดูล เครื่องรับและเครื่องส่ง

บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) แสดงการทำงานสามารถแบ่งออกเป็น 2 บล็อก คือ มาตรวัดน้ำไร้สาย และ อุปกรณ์เก็บข้อมูล แสดงดังรูปที่ 3.1 และ รูปที่ 3.2

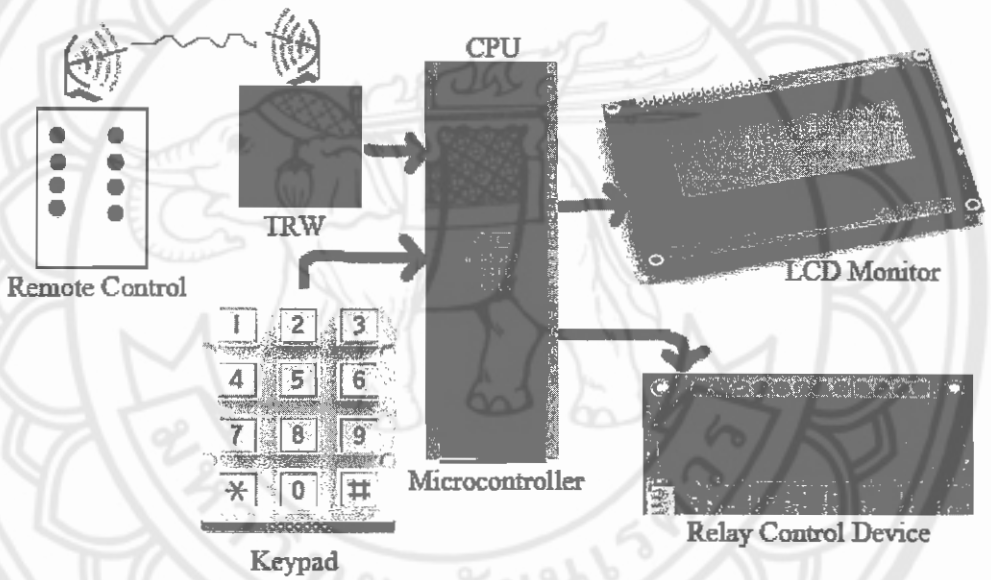


รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

3.2 หลักการทำงานสามารถอธิบายได้ดังนี้

เป็นโครงงานที่ใช้ตัว รีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ เบอร์ HRS4-S-DC12V มาใช้แทนสวิตซ์สำหรับเปิด – ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยอาศัยคุณสมบัติของรีเลย์ชนิดนี้ คือ ขณะที่มีการป้อนไฟให้กับรีเลย์ ขดลวดขากลางของแกนเหล็กได้รับพลังงานไฟฟ้า จึงมีการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา แรงอำนาจแม่เหล็กสามารถเอาชนะแรงสปริง ทำให้ดึงชุดแกนเหล็กเคลื่อนที่ไปหา NO (Normal Open) จะอยู่ในสภาวะ ON หน้าสัมผัสทั้ง 2 ชุดติดกัน ก็จะเปลี่ยนสภาวะการทำงานเรียกว่า "หน้าสัมผัสปกติเปิด" และจะกลับสู่สภาวะเดิมอีกครั้งเมื่อหยุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ขดลวด และแรงสปริงจะถูกผลักให้ห่างกันเรียกว่า "หน้าสัมผัสปกติปิด" หรือ NC (Normal Close)

หลักๆ ก็คือการใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามามีบทบาทในการควบคุมการป้อนกระแสไฟให้กับตัวรีเลย์เพื่อให้ทำงาน และใช้ TRW และ Key pad เป็นตัวสำหรับป้อนสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้ Relay ในแต่ละตัวทำงาน



รูป 3.3 หลักการทำงานของระบบ

3.3 รายการวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ภายในโครงงาน

- **ตัวต้านทาน (Resistor)**

R 320 โอห์ม	1 ตัว
R 10k โอห์ม	2 ตัว
R 1k โอห์ม	1 ตัว
R-Pack 9A103J	2 ตัว
R-Pack 9A472J	1 ตัว

- **ตัวเก็บประจุ (Capacitor)**

C1 – C6 (Ceramic) 22 pF	6 ตัว
C7 1000 uF 16V	1 ตัว

- **อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semi Conductor)**

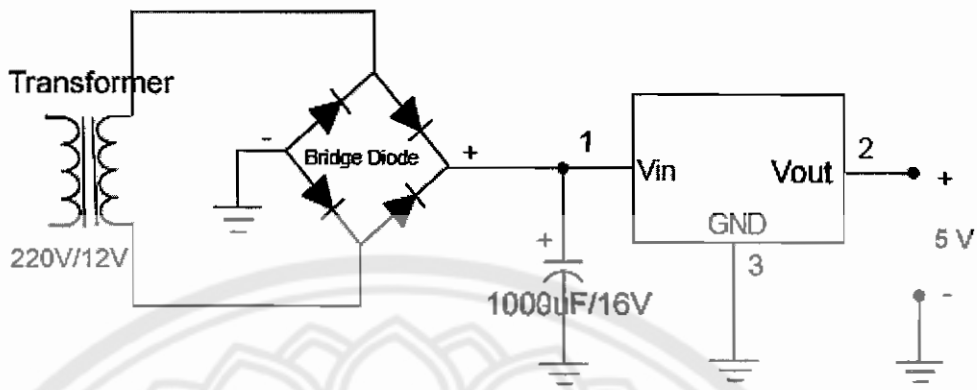
IC AT89S52	1 ตัว
IC AT89C2051	2 ตัว
IC DS1307	1 ตัว
IC ULN2803A	2 ตัว
IC TC1232	1 ตัว
LED (Green)	2 ตัว
Diode 1N4002	8 ตัว
Bridge KBP206G	1 ตัว
Voltage Regulator	1 ตัว

- **อุปกรณ์อื่นๆ**

Relay1 – Relay8 12V	8 ตัว
Trimmer	1 ตัว
Crystal 11.0592 MHz	3 ตัว
Crystal 32.707	1 ตัว
SW1 – SW8 กดติดปล่อยดับ	8 ตัว
SW9 (เปิด-ปิด)	1 ตัว
สายไฟ	
กล่องพลาสติก	
น้ำยากัดแผ่นปริ้นส์	1 ขวด
แผ่นปริ้นส์ 6x6	1 แผ่น

3.4 การออกแบบวงจรภายในโครงงาน

3.4.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน



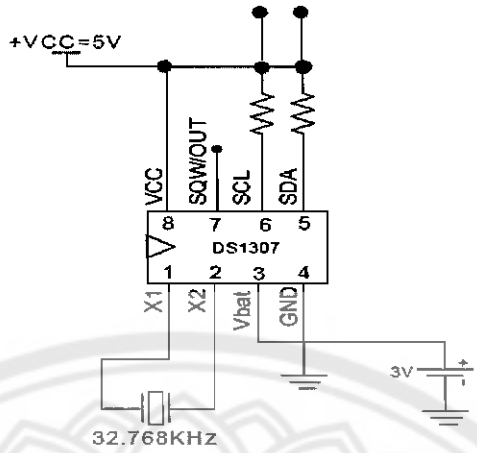
รูปที่ 3.4 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน VCC

ในส่วนของวงจรทั้งหมดจะใช้แหล่งจ่ายไฟคงที่เพียงชุดเดียว คือ แหล่งจ่ายไฟ +5V เป็นตัวจ่ายไฟให้กับวงจร สามารถอธิบายหลักการทำงานได้คือ

วงจรแหล่งจ่ายแรงดันดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟอย่างง่ายจากไฟบ้าน 220 V ผ่านหม้อแปลงเพื่อแปลงแรงดันจาก 220 V ให้เหลือ 12 V แล้วนำมาต่อผ่านวงจรบริดจ์จะได้แรงดันไฟออกมาประมาณ +12V ผ่าน C1 ค่า 1000 uF 16 V เพื่อกรองกระแสให้เรียบก่อนที่จะนำมาต่อเข้ากับ IC Regulator 7805 ก็จะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกมา +5V เป็นตัวจ่ายไฟให้กับวงจร ซึ่งค่า C1 ที่ต้องเลือกใช้ค่ามากๆ ก็เพราะว่าเวลาเกิดไฟดับจะได้มีไฟเลี้ยงวงจรก่อนที่วงจรแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Battery Backup) จะทำงาน

รูปที่ 3.5 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันจริงในโครงงาน

3.4.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Back up)

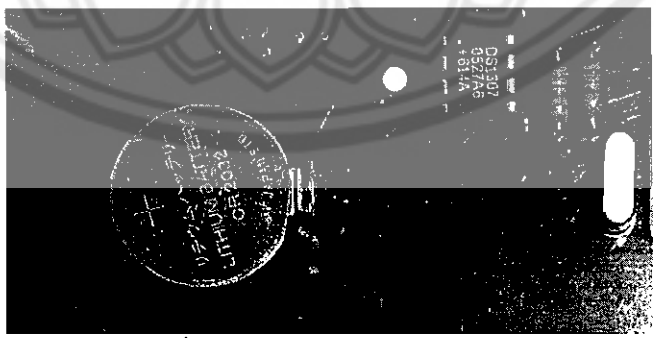


รูปที่ 3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Battery Backup)

ในส่วนของวงจรจะใช้วงจรแหล่งจ่ายไฟสำรอง คือ ไฟฟ้ากระแสตรง +5V เพื่อเป็นตัวจ่ายไฟให้กับวงจรในช่วงที่เกิดไฟดับ ซึ่งจะใช้ไอซี DS1307 เป็นชุด I^2C ประเภท Real Time Clock (RTC) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับฐานเวลาในลักษณะของ นาฬิกา เวลา และปฏิทิน ในโมดูลนี้ จะมีขั้วต่อ SDA และ SCL สำหรับต่อเข้ากับขา SDA และ SCL ของ MCU ตามลำดับ ส่วนขั้วต่อ INT จะต่อเข้ากับ MCU ก็ต่อเมื่อต้องการใช้งาน Interrupt โดยให้ต่อเข้ากับขาของ MCU ที่ผู้ใช้ได้กำหนดให้มีการรับสัญญาณ INT. จากภายนอกไว้ ส่วนไฟเลี้ยงโมดูลจะอยู่ที่ VDC 3V-5V

สำหรับไอซีเบอร์นี้จะมี Control Byte อยู่ที่ “1101000x ” นอกจากนี้ก็จะมีในส่วนของที่สำหรับใส่แบตเตอรี่เพื่อใช้ในการ Back Up ฐานเวลา ให้นาฬิกายังคงเดินได้อย่างถูกต้อง เมื่อไม่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ Module ก่อนการใช้งานโมดูลนี้จะต้องมีการต่อ R Pull Up ใน Line SDA และ SCL จากภายนอกหรือจาก Module ด้วยเพราะในตัวไอซีจะไม่มีความต้านทานภายใน

ในส่วนของตัว Crystal 32.768 kHz นั้นจะเป็นตัวที่ไว้สำหรับสร้างสัญญาณป้อนให้กับไอซี DS 1307 เพื่อให้ไอซีทำงานตามสัญญาณที่ป้อนเข้าไป



รูปที่ 3.7 วงจร Back up ในโครงงาน

3.4.3 วงจรรีเซต (Reset)

การรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องป้อนสัญญาณลอจิก 1 เข้าที่ขา Reset นานไม่ต่ำกว่า 2 แมชชีนไซเคิล โดยที่ 1 แมชชีนไซเคิลจะใช้เวลา 12 คาบเวลา ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาค่าเวลาของแมชชีนไซเคิลได้จาก

วิธีทำ

1 คาบเวลา เท่ากับ 1 / ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ 11.0529 MHz

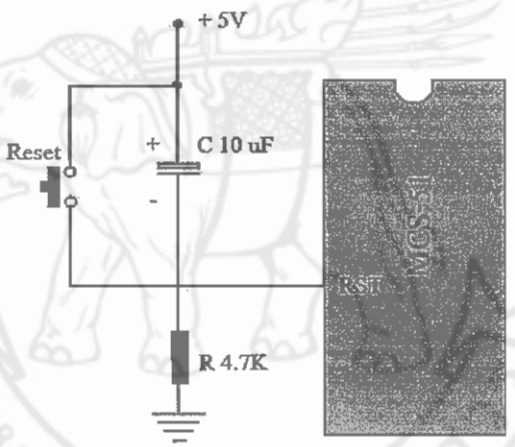
ดังนั้น 1 คาบเวลา = 0.09042 usec

และ 1 แมชชีนไซเคิล = 12 * คาบเวลา

= 1.085 usec

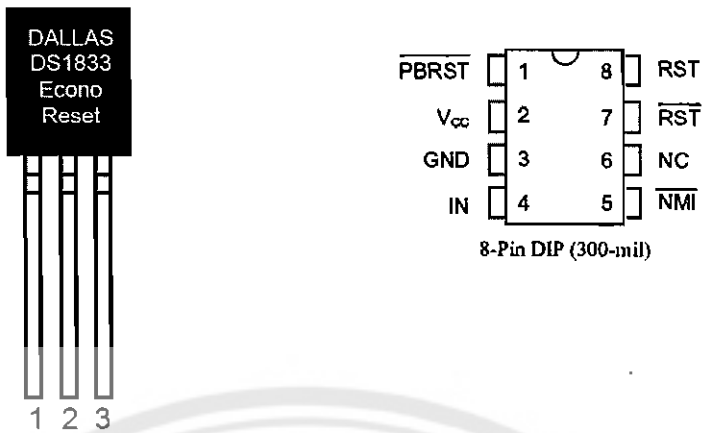
2 แมชชีนไซเคิล = 2.7 usec

ดังนั้น ในการออกแบบวงจรรีเซตจะต้องให้วงจรค้างสถานะเป็นลอจิก 1 ไม่น้อยกว่า 2.171 usec



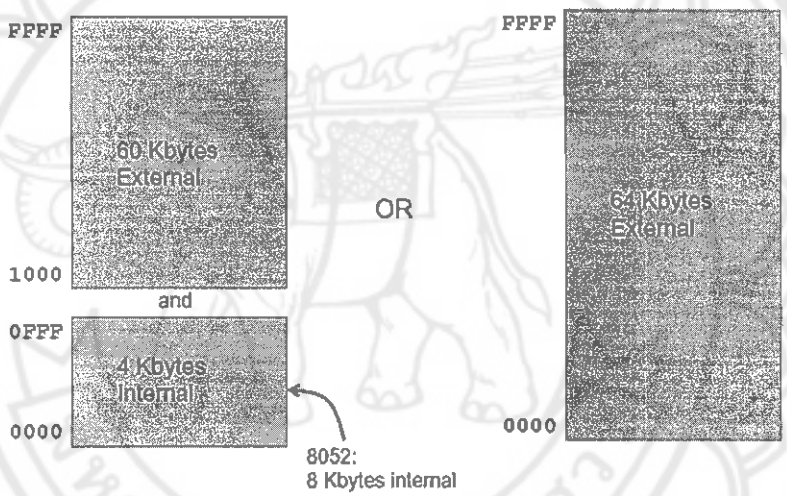
รูปที่ 3.8 วงจรรีเซต

แต่ในโครงงานนี้เราจะใช้ IC เบอร์ TC1232 มาเป็นตัวรีเซต เพื่อให้วงจรรีเซตมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น หรืออาจใช้ไอซีที่ทำหน้าที่รีเซตสำเร็จรูปเบอร์อื่นมาแทนก็ได้ อาทิเช่น DS1707, DS1708 และ DS1833 (Active high reset), เป็นต้น



รูปที่ 3.9 ไอซีที่ใช้ในวงจรรีเซต

หลังจากเกิดการ Reset



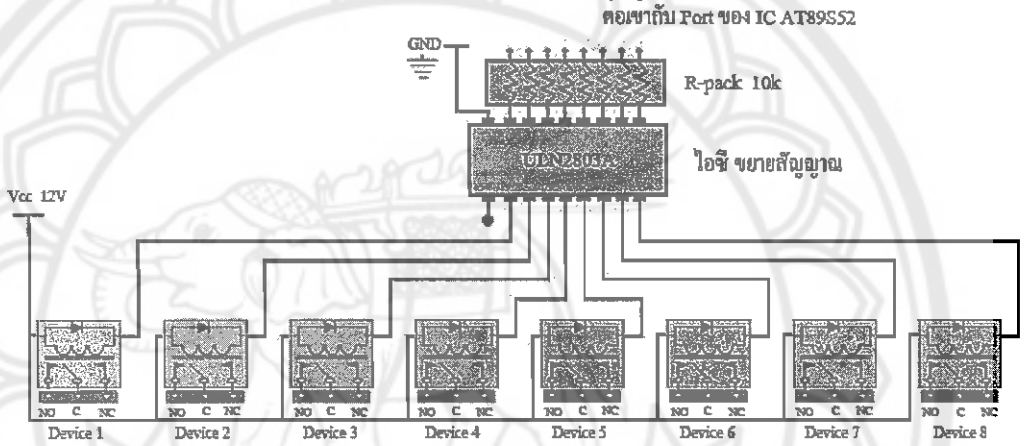
รูปที่ 3.10 รูปแบบการรีเซตของวงจร

Program Counter (PC) จะชี้ไปที่ตำแหน่งหน่วยความจำโปรแกรม 0000H เมื่อมีการทำการรีเซตการ Reset ซึ่งเป็นการที่สั่งให้ Microprocessor กลับไปอยู่ในสภาวะเริ่มต้นเหมือนกับเมื่อตอนเริ่มทำงานครั้งแรก

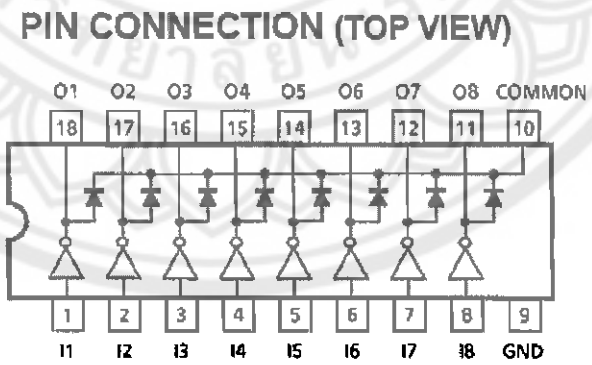
สำหรับ MCS – 51 การ Reset จะเกิดเมื่อเราให้ลอจิก 1 แก่ขา Reset ไม่น้อยกว่า 2 Maehine Cyele. 1 Machine Cycle เท่ากับ 12 Oscillator cycle

3.4.4 วงจรขยายสัญญาณ

ในการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์แสดงผลหลายๆ ตัวนั้นโดยตรงอาจจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถจ่ายกระแสได้เพียงพอ ดังนั้น ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แสดงผลจึงต้องผ่านวงจรขยายกระแสก่อน บัฟเฟอร์ (Buffer) เป็นวงจรขยายกระแสเพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์แสดงผลและป้องกันระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ให้เสียหายหากอุปกรณ์เอาต์พุตเกิดการลัดวงจร บัฟเฟอร์อยู่ในรูปของวงจรรวมหรือไอซี จากรูปที่ 2.28 จะใช้ไอซีบัฟเฟอร์เบอร์ 74244 เป็นตัวขยายกระแสและจะมีตัวต้านทานขนาน 10k โอห์มเป็นตัวต้านทานพูลอัพต่อระหว่างพอร์ตของไอซี AT89S52 ซึ่งเป็น CPU ของวงจรกับไอซีบัฟเฟอร์โดยการทำงานของรีเลย์จะขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

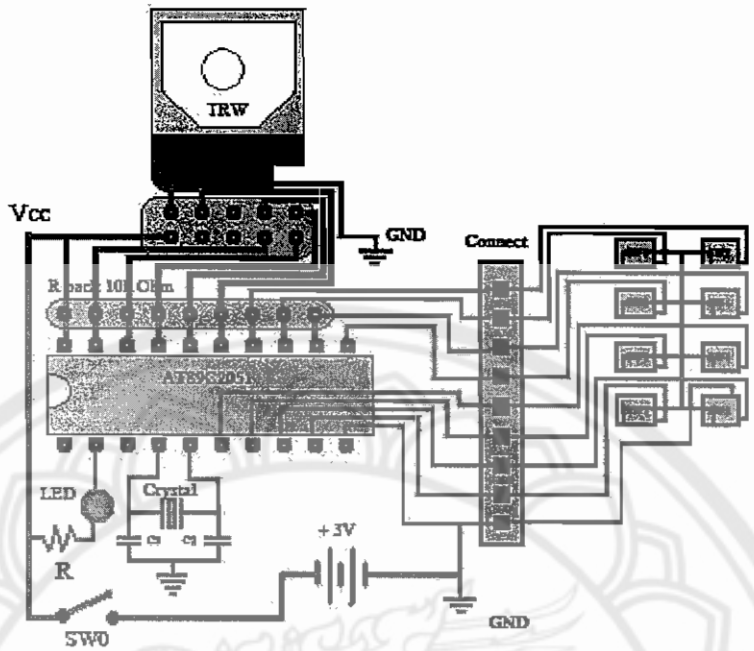


รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างของการต่อไอซีบัฟเฟอร์กับรีเลย์



รูปที่ 3.12 แสดงขาของไอซีบัฟเฟอร์ ULN2803A

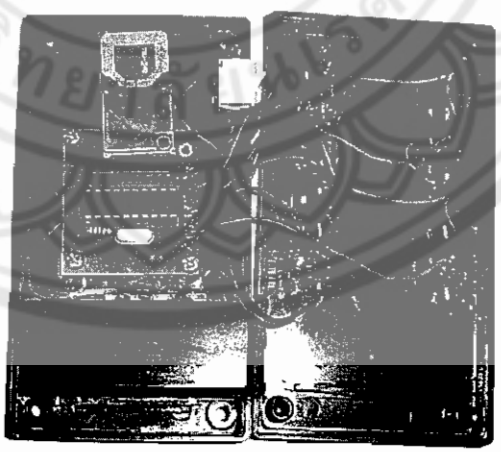
3.4.5 วงจรส่งสัญญาณความถี่ (Remote Control)



รูปที่ 3.13 วงจรตัวส่งของ Remote Control

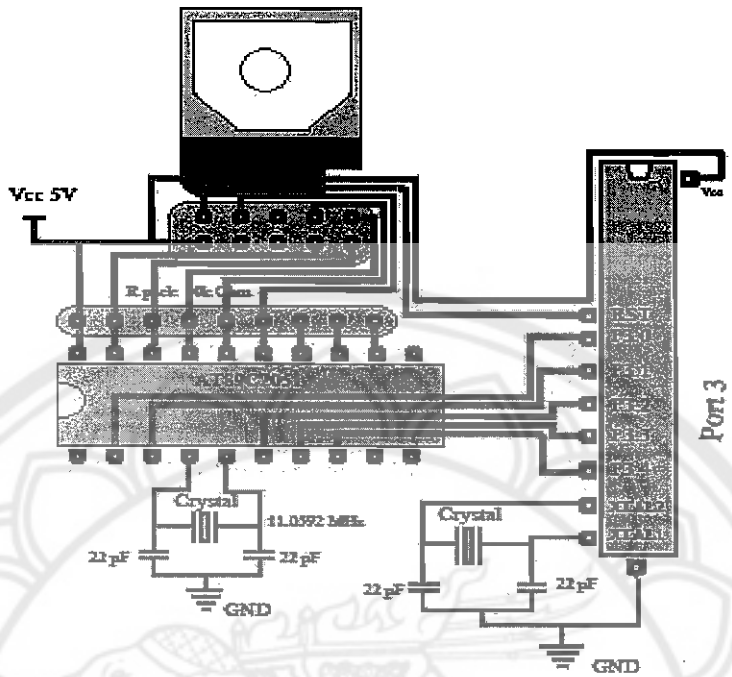
การส่งข้อมูลในโหมด Shock Burst

โดยการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับขา CE, CLK1, DATA ของตัวโมดูล เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการส่งข้อมูลให้กับโมดูลต้องทำการเซตขา CE ให้อยู่ในสถานะ “high” เพื่อกระตุ้นให้โมดูลทำการประมวลผลข้อมูล ทำการเซตไมโครคอนโทรลเลอร์ให้อยู่ในสถานะ “low” เพื่อกระตุ้นให้โมดูลทำการส่งข้อมูล



รูปที่ 3.14 Remote Control TRW 24G

3.4.6 วงจรรับสัญญาณความถี่



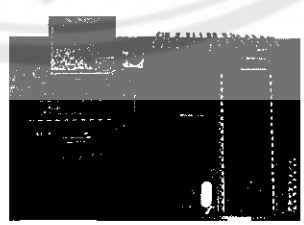
รูปที่ 3.15 วงจรตัวรับสัญญาณของโครงงาน

การรับข้อมูลในโหมด Shock Burst

โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการเชื่อมต่อกับขา CE, CLK1, DR1 และ DATA (กรณีที่ใช้ช่องสัญญาณเพียงช่องเดียว) เมื่อ RF package มีแอดเดรสที่ถูกต้องและขนาดของข้อมูลที่เข้ามา ตัวโมดูลจะทำการเซตค่าให้ขา CE อยู่ในสถานะ "high."

เมื่อข้อมูลที่รับเข้ามาถูกต้อง (แอดเดรสและ CRC ถูกต้อง) โมดูลจะทำการย้าย preamble, address, และ CRC โดยแจ้งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำการเซตค่า DR1 ให้อยู่ในสถานะ "high" และเซตค่า CE ให้อยู่ในสถานะ "low" เพื่อบอกว่าขณะนี้ทำการรับข้อมูลอยู่

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเซตค่าเพื่อให้รับข้อมูลได้เหมาะสมและเมื่อทำการรับข้อมูล เสร็จเรียบร้อยจะทำการเซตค่าให้ DR1 ให้อยู่ในสถานะ "low" เพื่อเตรียมพร้อมที่จะรับข้อมูลที่เข้ามาใหม่

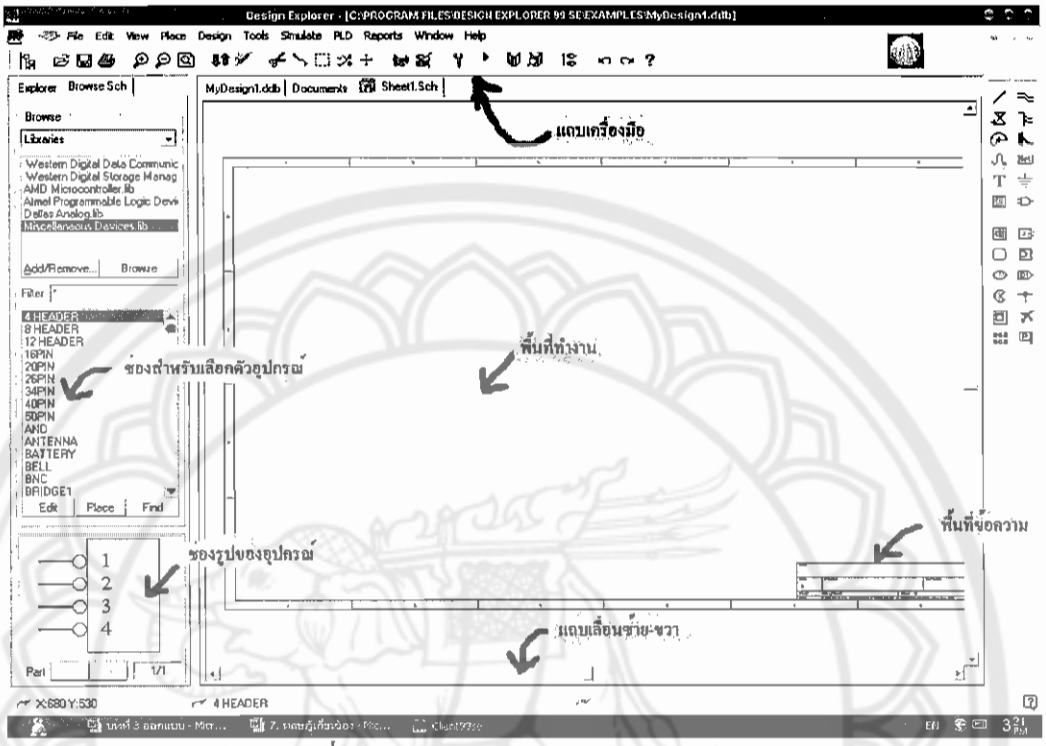


รูปที่ 3.16 วงจรรับสัญญาณจริง

3.5 การดำเนินการในส่วนของ Software

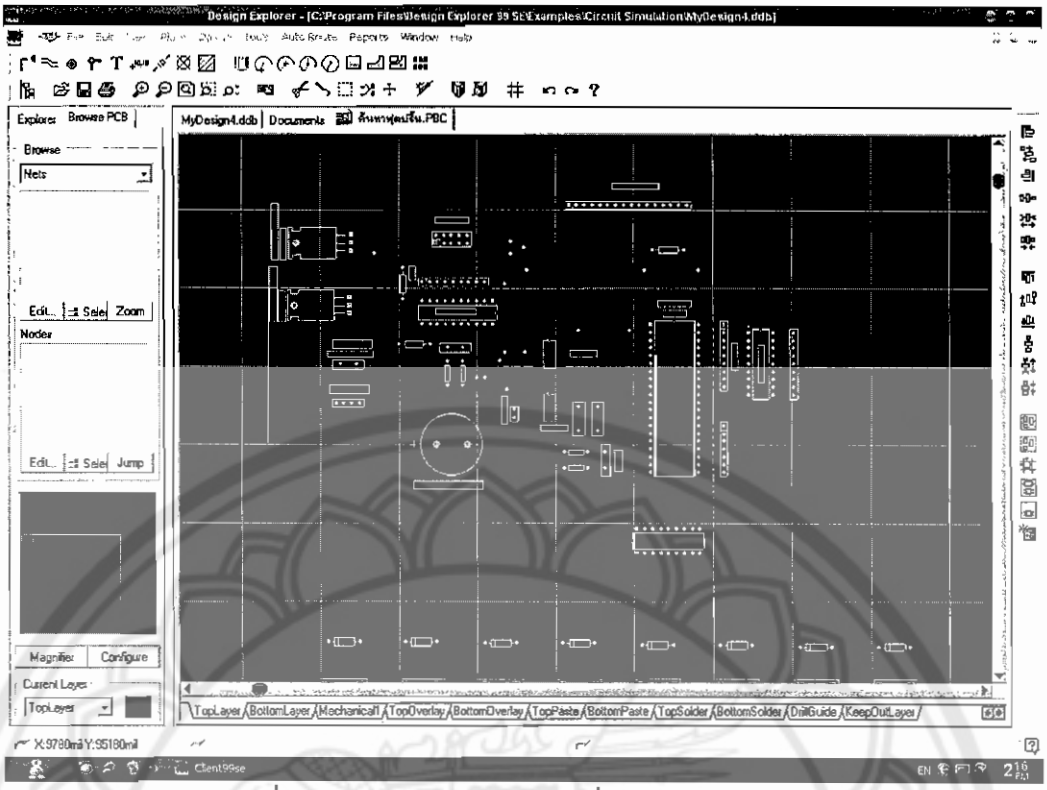
3.5.1 ขั้นตอนการออกแบบลายวงจรจากโปรแกรม Protel 99SE

- เริ่มจากการเปิดใช้งานโปรแกรม Protel 99SE

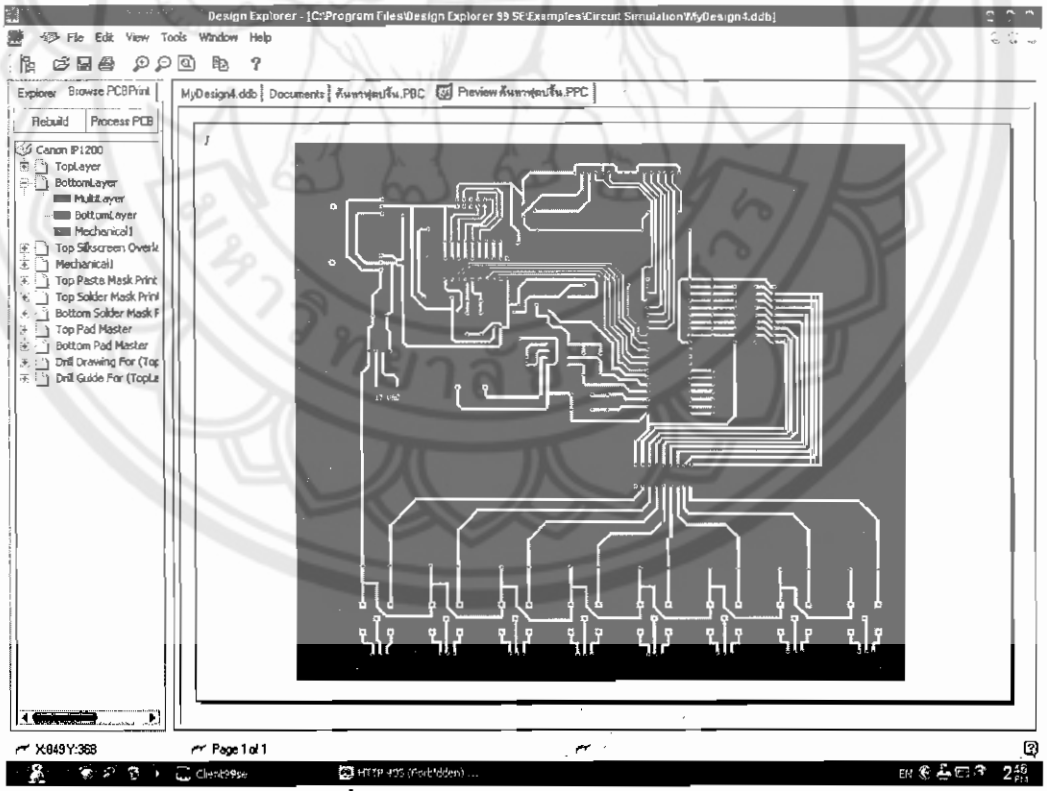


รูปที่ 3.17 หน้าต่างของโปรแกรม Protel 99SE

- ทำการเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ จากช่อง Filter
- นำมาจัดวางไว้ตามตำแหน่งที่เรากำหนดไว้
- การใช้เครื่องมือ Wire เพื่อเชื่อมสัญญาณ ซึ่ง Wire คือ สายสัญญาณที่เปรียบเสมือนกับเส้นลวดเส้นหนึ่งที่ใช้ต่อขาอุปกรณ์แต่ละขาให้เชื่อมถึงกัน
- วิธีการเชื่อมก็คือ คลิกตรงเครื่องมือ Wire แล้วเมาส์จะเปลี่ยนเป็นรูปกากบาท
- นำมาคลิกซ้ายค้างไว้ตรงขาของอุปกรณ์ที่จะทำการเชื่อมแล้วลากไปยังตำแหน่งที่ต้องการเชื่อม และเมื่อต้องการยกเลิกให้คลิกขวาอีกที เส้นก็จะสิ้นสุด
- ขนาดของสายที่เราจะทำการเชื่อมสามารถปรับขนาดได้ตามต้องการ โดยการ ดับเบิ้ลคลิก ณ. เส้นที่เราต้องการ โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างขึ้นมาเพื่อให้เราทำการตั้งค่า ขนาดของเส้นและอื่นๆ
- เมื่อเสร็จแล้วจะเป็นดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.18 หน้าต่างของโปรแกรมเมื่อสร้างลายวงจรเสร็จ



รูปที่ 3.19 ไฟล์เนกกาทีฟ ในโปรแกรม Protel 99SE

- การทำเป็นไฟล์เนกกาทีฟ คือการทำให้ลายวงจรพิมพ์เปลี่ยนจากสีดำกลายเป็นสีขาว สีขาวกลายเป็นสีดำ เพื่อใช้ในการทำแผ่นวงจรพิมพ์
- ทำการปริ้นส์ลายวงจรเพื่อนำมาใช้ในวงจรการกัดแผ่นปริ้นส์ ด้วยน้ำกรด

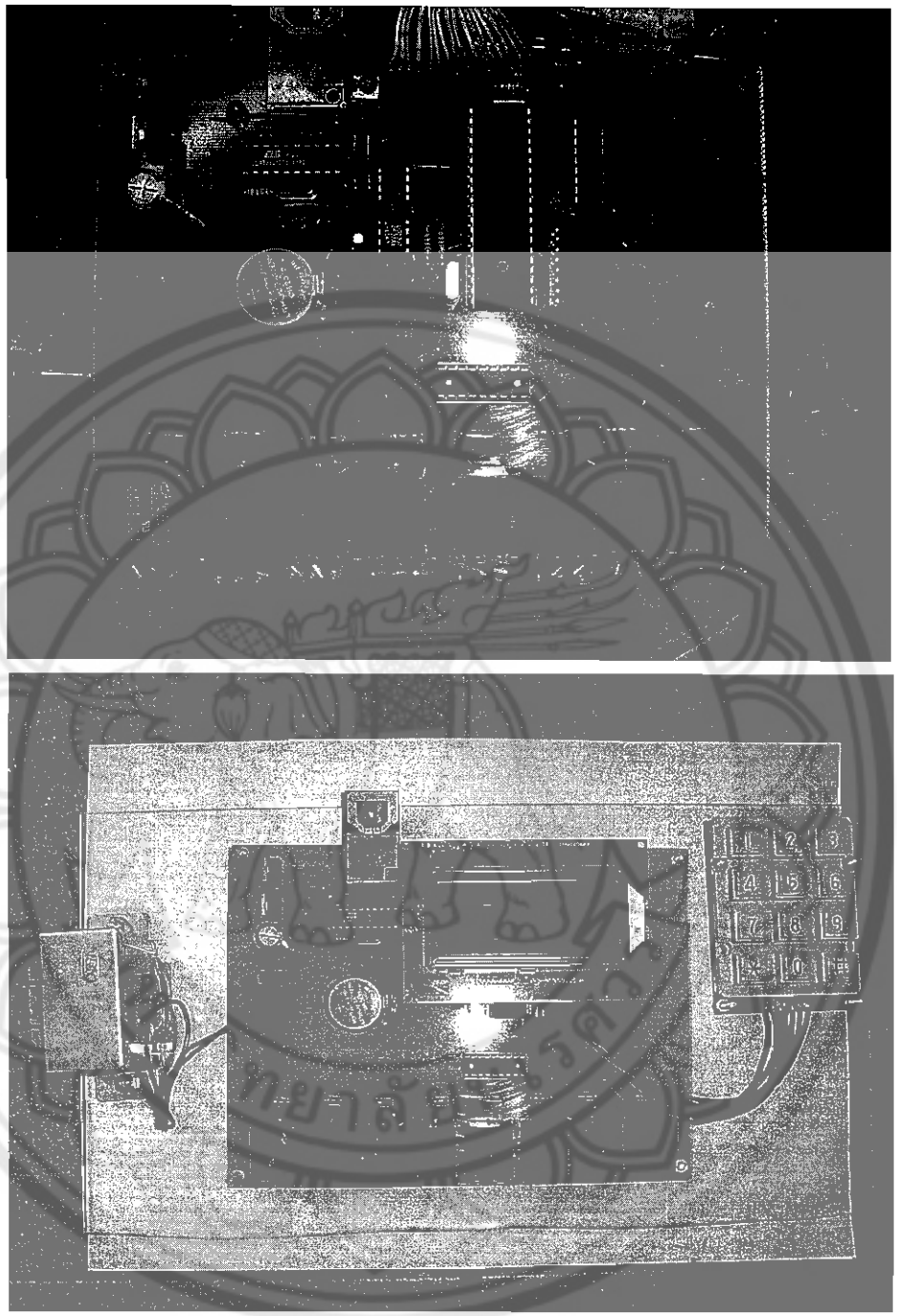
3.5.2 การเขียน Source Code จากโปรแกรม Keil uVersion

1. เปิดโปรแกรม Keil uVision ซึ่งเป็นโปรแกรม Text Editor ของ KEIL-C8051ใช้ สำหรับเขียน Source Codeภาษาซี ซึ่งถ้าใช้ V7.50A จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.19

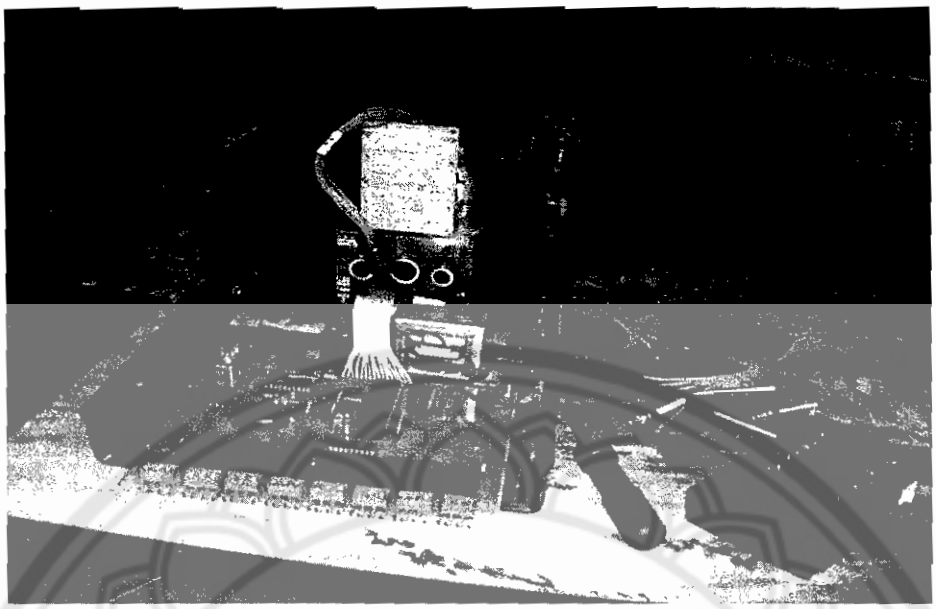
รูปที่ 3.20 เขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีใน Keil

2. สั่งแปลโปรแกรมที่เขียนขึ้นให้เป็น Hex File โดยคลิกเมาส์ที่คำสั่ง Project / Rebuild all target ซึ่งถ้าไม่เกิดข้อผิดพลาดใดๆจะได้ผลการแปลเป็น 0 Error(s) และ 0 Warning(s) พร้อมกับ ได้ไฟล์ชื่อ EX1.HEX อยู่ใน Folder เดียวกันกับ EX1.C ซึ่งสามารถนำไปสั่ง Download ให้ MCU ด้วยโปรแกรม ATMELISP ได้ทันที

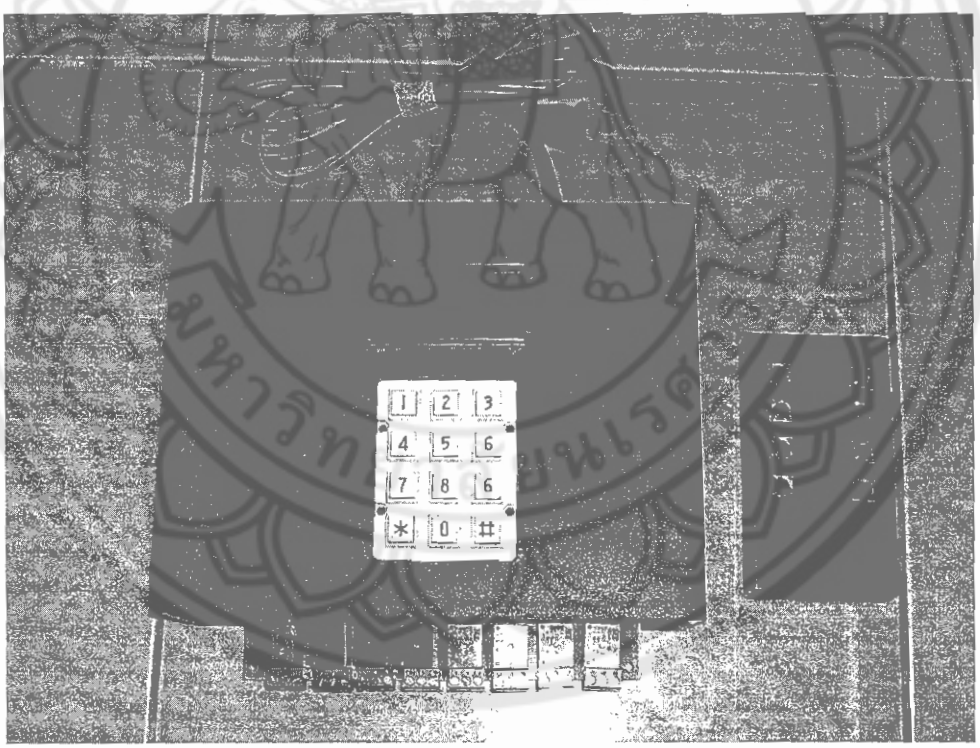
3.5.3 ในส่วนของชิ้นงานสำเร็จรูป



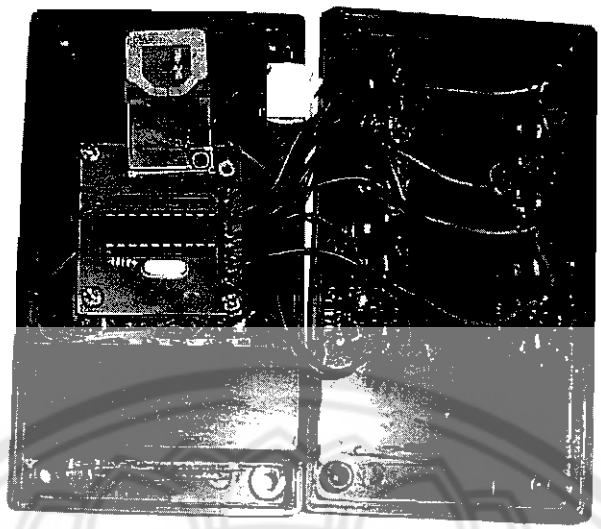
รูปที่ 3.21 วงจรสำเร็จของโครงงาน



รูปที่ 3.22 วงจรสำเร็จของโครงงาน (2)



รูปที่ 3.23 วงจรสำเร็จของโครงงาน (3)



รูปที่ 3.24 วงจรภายในของตัวรีโมทคอนโทรล