ระบบควบคุมตัวตรวจจับสัญญาณ

Sensors Controller Unit

โดย

นางสาว ปิยนุช กระพี้สัตย์

นาย สาธิต สุวรรณประทีป

นางสาว อัมภฤณ เดชวนิชยนุมัติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

สถาบันการเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

033185

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2536

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดคุม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมตัวตรวจจับสัญญาณ
Sensors Controller Unit

ผู้จัดทำ นางสาว ปิยนุช กระพี้สัตย์
นาย สาธิต สุวรรณประทีป
นางสาว อัมภฤณ เดชวนิชยนุมัติ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พิพัฒน์ เลาหสงคราม)

ระบบควบคุมตัวตรวจจับสัญญาณ
SENSORS CONTROLLER UNIT

โดย นางสาว ปิยนุช กระพี้สัตย์
นาย สาธิต สุวรรณประทีป
นางสาว อัมภฤณ เดชวนิชยนุมัติ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พิพัฒน์ เลาหสงคราม

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอ การควบคุมตัวตรวจจับสัญญาณ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบชิพเดี่ยวมาใช้ ซึ่งทำให้มีการตรวจสอบ ตัวตรวจจับสัญญาณหลาย ๆ จุดได้ในที่เดียว นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลการตรวจจับสัญญาณ ณ เวลาต่าง ๆ ผ่านการควบคุมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้อีกด้วย

ABSTRACT

This Thesis present Sensor Controller Unit using micro controller single ship in MSC-51 family to control each sensor in this unit. The advantage of this microcontroller is it can detect many sensor from anywhere to the same point and also show time passing through microcontroller.

สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการ	2
	2.1 หลักการของระบบการทำงานพื้นฐาน	2
	2.2 ตัวตรวจจับสัญญาณ	3
	2.2.1 ตัวตรวจจับสัญญาณทั่วไป	3
	2.2.2 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบใช้คลื่นความถี่	17
	2.2.3 ตัวตรวจจับแก๊ส	18
	2.2.4 ระบบตรวจจับสัญญาณแบบอินฟาเรด	22
บทที่ 3	การออกแบบและการสร้าง	24
	3.1 ตัวดักจับสัญญาณแบบใช้ความถี่เหนือเสียง	24
	3.2 ตัวตรวจจับแก๊ส	27
	3.3 ตัวตรวจจับสัญญาณด้วยแสงอินฟาเรด	35
บทที่ 4	โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS-51	38
	ลักษณะหลักทั่ว ๆ ไปของ MCS-51	38
	ชุดคำสั่ง MCS-51	51
บทที่ 5	การทำงานของส่วนควบคุมและส่วนแสดงผล	59
	5.1 หลักการทำงานทั่วไป	59
	5.2 ส่วนควบคุมการทำงาน	59
	5.3 ส่วนแสดงผล	59
	5.4 ส่วนเชื่อมต่อ (Interface)	60
บทที่ 6	วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	66
ภาคผนวก ก.		68
ภาคผนวก ข.		84
กิตติกรรมประกาศ		99
บรรณานุกรม		100

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน อาคาร บ้าน ที่อยู่อาศัยต่าง ๆ มีการใช้วงจรติดตั้งหลายจุด อาจจะเป็นวงจรป้องกันขโมย ทรัพย์สิน หรือตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ เช่น ตรวจจับก๊าซ ควัน การเคลื่อนไหว ดังนั้นการติดตามการทำงานของวงจรเหล่านั้น จึงเป็นการยุ่งยากและเสียเวลามาก ๆ ที่จะรู้ว่า วงจรใดทำงาน หรือเกิดการบุกรุกที่ตำแหน่งใด จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะควบคุม และแสดงผลการทำงาน ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จุดเดียว โดยผ่านการโปรแกรมทาง SOFTWARE เข้าสู่ MCS-51 และแสดงผลการทำงานผ่านทาง LED ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกในการติดตามการทำงานมากขึ้น

ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เสนอ

1. วงจรป้องกันการผ่าน โดยใช้แสง Ultrasonic แบบง่าย ๆ
2. วงจรป้องกันการผ่านโดยใช้แสง Infrared แบบง่าย ๆ
3. วงจรป้องกันทรัพย์สินโดยใช้แสง Ultrasonic โดยติดตั้งเข้ากับทรัพย์สินนั้น
4. วงจรตรวจจับก๊าซโดยใช้ Gas Sensor TGS 813
5. โปรแกรมการควบคุมการทำงานและแสดงผลโดยใช้ MCS-51

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 หลักการของระบบการทำงานพื้นฐาน

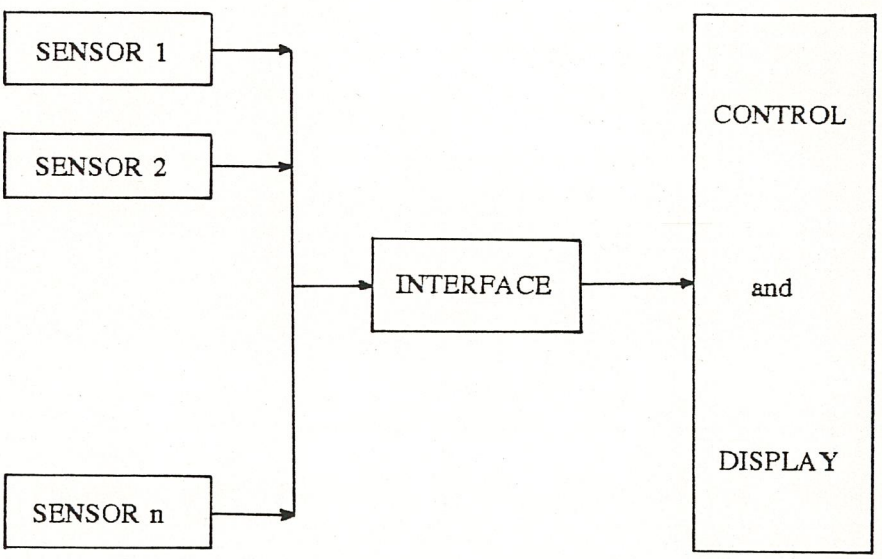
ระบบนี้จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๆ คือ ส่วนที่เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ ส่วนอินเตอร์เฟส ส่วนควบคุมและแสดงผล ซึ่งรายละเอียดพอคร่าว ๆ มีดังนี้

1. ในส่วนตัวตรวจจับสัญญาณ จะทำหน้าที่ ตรวจจับสัญญาณความผิดปกติที่เกิดขึ้นตามแต่หน้าที่ของอุปกรณ์นั้น ๆ

2. ในส่วนอินเตอร์เฟส เป็นส่วนทำหน้าที่ต่อเชื่อม ตัวตรวจจับสัญญาณ เข้ากับส่วนระบบการควบคุม โดยการต่อเข้ากับพอร์ตของระบบควบคุม

3. ในส่วนควบคุมและแสดงผล เป็นส่วนที่ใช้โปรแกรมทาง solfware เพื่อควบคุมและติดตามการทำงาน ของตัวตรวจจับสัญญาณ แต่ละตัว ว่าเกิดความผิดปกติ ณ จุดใดบ้าง

ดังแสดงโครงสร้างเป็นดังรูป



รูปที่ 2.1 บล๊อกไดอะแกรมการทำงาน

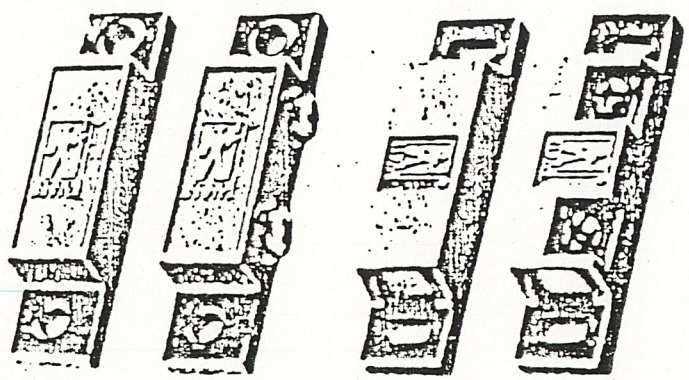
2.2 ตัวตรวจจับสัญญาณ

ในระบบป้องกันภัย ตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) จะมีความสำคัญไม่น้อยกว่าส่วนควบคุม (Control Unit) เพราะถ้าตัวตรวจจับสัญญาณเกิดทำงานผิดพลาดแล้ว ส่วนควบคุมจะไม่สามารตรวจจับสัญญาณต่าง ๆ ที่แปลกปลอมเข้ามาในระบบได้ ตัวตรวจจับสัญญาณมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะนำมากล่าวถึงส่วนที่มีราคาไม่สูงนัก และมีความถูกต้องแม่นยำพอสมควร ตัวตรวจจับสัญญาณที่มีราคาแพงจะกล่าวให้ทราบอย่างคร่าวๆ เท่านั้น ขณะเดียวกันก็จะยกตัวอย่าง การติดตั้งให้ทราบด้วยเพื่อให้เกิดแนวความคิดในการทำการติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณนั้น ๆไปด้วย

2.2.1 ตัวตรวจจับสัญญาณทั่วไป

1 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็ก (Magetic Switch)

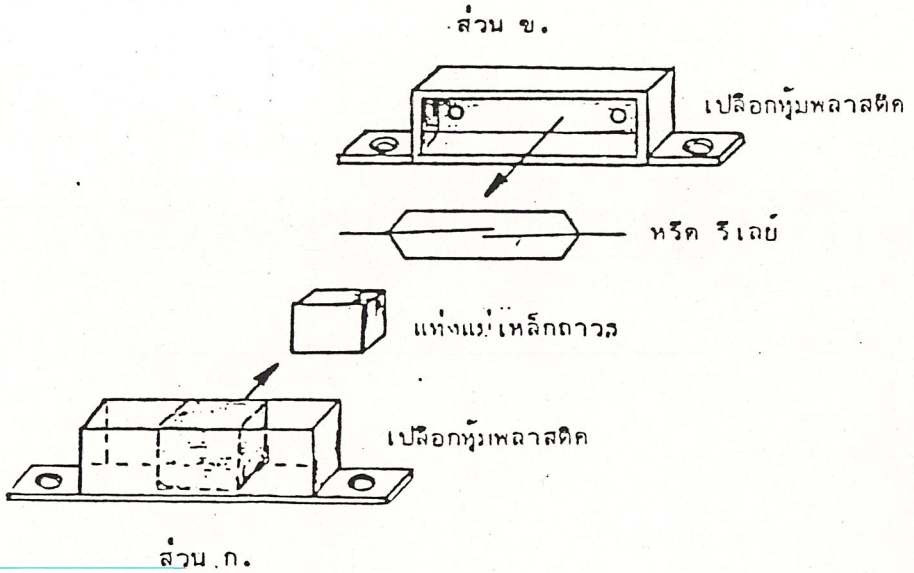
ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็กนี้เป็นที่นิยมกันมากเพราะมีราคาถูก แต่มีความแม่นยำถูกต้องมาก ทำการติดตั้งง่าย ที่มีขายกันโดยทั่ว ๆไป จะเป็นดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็ก

ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็ก ด้านซ้ายมือเป็นแบบสภาวะเดียว คือ สภาวะปกติปิด (Normally Closed or N.C.) หรือไม่ก็เป็นแบบสภาวะเปิด (Normall Open or N.C.) อย่างใดอย่างหนึ่ง ส่วนทางด้านขวามือเป็นแบบคู่ คือมีขั้วต่อให้ทั้งแบบสภาวะปกติปิดหรือแบบสภาวะปกติเปิด แล้วแต่จะเลือกใช้แบบใด

โครงสร้างโดยทั่ว ๆ ไปของตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็กนี้คล้าย ๆ กัน โดยมีส่วนหนึ่งเป็นแม่เหล็กถาวร และอีกส่วนหนึ่งเป็นสวิทช์ทางกลสำหรับต่อสายส่งสัญญาณจากภายนอก ในกรณีของตัวตรวจจับสัญญาณแบบสภาวะเดียวมักจะเป็นดังรูปที่ 2.3

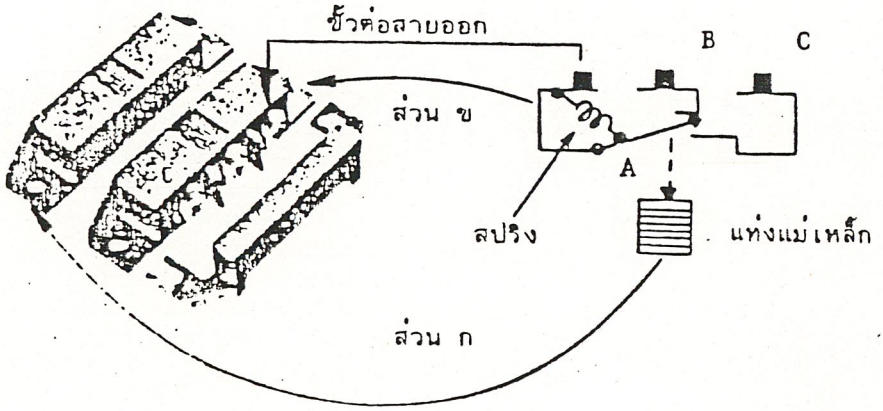


รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็กชนิดสภาวะเดียว

จากรูปที่ 2.3 ในสภาวะปกติส่วน ก. ซึ่งเป็นส่วนที่มีแท่งแม่เหล็กถาวรอยู่ภายใน จะถูกวางไว้ใกล้หรือติดกับส่วน ข. ซึ่งเป็นส่วนที่มีสวิทช์ทางกลอยู่ภายใน (ส่วนมากมักจะเป็นหรีดรีเลย์ (Read relay) จะเป็นแบบสภาวะปกติเปิดหรือสภาวะปกติปิด ก็ขึ้นอยู่กับชนิดที่ต้องการใช้) ส่วนมากมักจะวางห่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร ในสภาวะปกติเมื่อวางส่วน ก. และส่วน ข . อยู่ใกล้กัน ส่วน ก. จะส่งอำนาจแม่เหล็กซึ่งมีกำลังแรงกว่าความแข็งของตัวโลหะที่ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ในส่วน ข. บังคับให้แผ่นโลหะทั้งสองสัมผัสกัน (สมมติว่าในสภาวะปกติเป็นแบบไม่สัมผัส

กัน) เมื่อมีการเคลื่อนที่ ส่วน ก. ห่างออกจากส่วน ข. ทำให้อำนาจแม่เหล็กจากส่วน ก. น้อยลงจนกระทั่งไม่สามารถบังคับให้แผ่นโลหะทั้งสองสัมผัสกันได้อีกต่อหนึ่ง แผ่นโลหะส่วนที่อ่อนกว่าที่ทำหน้าที่เป็นส่วนเคลื่อนไหว จะคืดตัวออกจากแผ่นโลหะอีกส่วนหนึ่งกลับคืนเข้าสู่สภาวะปกติตามเดิม ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็กที่ใช้เป็นหรีดรีเลย์ ในลักษณะนี้จะทนกระแสได้ต่ำ เช่น 0.2 แอมป์ ที่ 50 โวลท์ ดี.ซี. เป็นต้น จึงไม่ควรไปใช้กับระบบที่ใช้ไฟสูง ๆ เพราะจะทำให้หน้าสัมผัสเกิดการสึกหรอหรือหลอมละลายติดกัน เนื่องจากผลของการอาร์ค เมื่อเกิดการปิดเปิดหน้าสัมผัสของแผ่นโลหะทั้งสอง

ส่วนตัวครวจจับสัญญาณแบบสองสภาวะนั้น โครงสร้างภายในมักจะเป็นดังรูปที่ 2.4



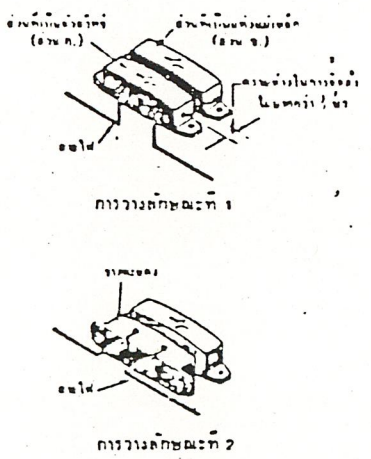
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของตัวตรวจจับสัญญาณแบบสองสภาวะ

จากรูปที่ 2.4 โลหะส่วน A จะเป็นส่วนที่สามารถเคลื่อนไหวได้ โดยมีปลายข้างหนึ่งยันอยู่กับแผ่นโลหะที่จะต่อสายสัญญาณเป็นสายกลาง (Common) และมีสปริงดึงให้ปลายอีกข้างหนึ่งของโลหะส่วน A ไปสัมผัสกับโลหะส่วน B ในสภาวะที่ส่วน ก. ถูกนำมาไว้ใกล้กับส่วน ข. อำนาจแม่เหล็กของส่วน ก. จะส่งไปดึงให้แผ่นโลหะส่วน A มาติดกับแผ่นโลหะส่วน B เมื่อมีการเคลื่อนที่เป็นผลให้ส่วน ก. ออกจากส่วน ข. ทำให้แม่เหล็กที่ส่วน ข. ได้รับอ่อนกำลังลง จนใน

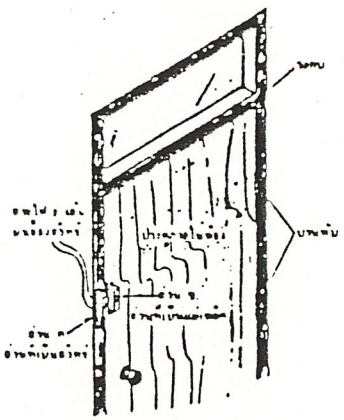
ที่สุดสปริงจะดึงโลหะส่วน A ให้กลับไปสัมผัสกับโลหะส่วน B ตามเดิม ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็กชนิดนี้ จะมีราคาแพงกว่าแบบที่เป็นหรีดรีเลย์ แต่น่าใช้กว่าเพราะทนกระแสได้มากกว่า เช่น 0.5 แอมป์ ที่ 250 โวลท์ ดี.ซี. เป็นต้น และอีกประการหนึ่ง คือ สามารถเลือกใช้ได้เสมอไม่ว่าส่วนควบคุมจะต้องการตัวตรวจจับสัญญาณเป็นแบบสภาวะปกติเปิดหรือสภาวะปกติปิดก็ตาม

การติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณเป็นแบบสวิทช์แม่เหล็ก มักจะมีลักษณะการวางอยู่ 2 แบบ ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งก็แล้วแต่ความเหมาะสม

การติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็กมักจะติดส่วน ก. ไว้ในส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น บานประตู ส่วนส่วน ข. จะไว้ที่วงกบ เพราะส่วน ข. จะเป็นส่วนที่ต้องต่อกับสายส่งสัญญาณ ถ้านำส่วน ข. ไปติดไว้กับบานประตู จะทำให้เกะกะสายส่งสัญญาณเมื่อเวลาปิดเปิดประตูหรือหน้าต่าง จะทำให้สายส่งสัญญาณขาดได้ ทั้งตัวตรวจจับสัญญาณและสายส่งสัญญาณ ควรจะติดตั้งอยู่ภายในตัวอาคาร เพื่อเป็นการป้องกันการแกะหรือตัดสาย การวางตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็กควรจะอยู่ขอบด้านบนของประตูหรือหน้าต่าง และอยู่ด้านตรงข้ามหรือห่างจากด้าน ที่ติดบานพับที่ใช้ยึดติดตัวประตูหรือหน้าต่างกับวงกบ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 เพื่อความสะดวกในการติดตั้งตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็ก ลักษณะการวางกระทำได้ 2 แบบ

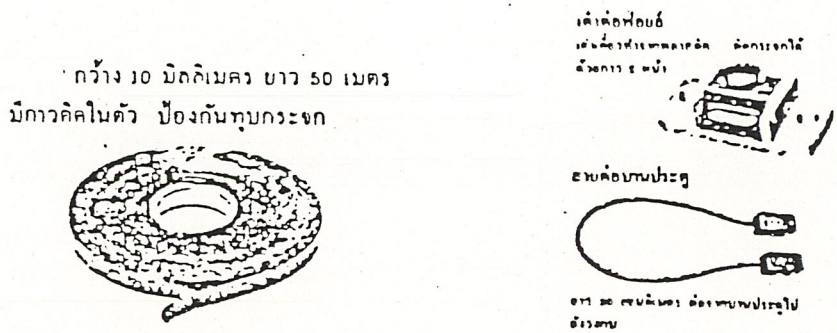


รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็กกับบานประตู

จากรูปที่ 2.6 ขณะเมื่อประตูอยู่ในสภาพปิดเรียบร้อย ตัวสวิทช์ทางกลในส่วน ข. จะถูกอำนาจแม่เหล็กกระทำอยู่ แต่เมื่อผู้บุกรุกงัดประตูเข้ามา อำนาจแม่เหล็กจากส่วน ก. จะอ่อนลงเนื่องจากส่วน ก. ห่างออกไป ทำให้ตัวสวิทช์ทางกลในส่วน ข. เปลี่ยนตำแหน่งทันที ผลการเปลี่ยนแปลงสภาวะของส่วน ข. นี้จะถูกจับได้โดยส่วนควบคุมอีกทีหนึ่ง โดยทั่ว ๆไปแล้วบานเปิดมาตรฐาน เช่น ประตูหน้าต่างแง้ม มักจะใช้ตัวตรวจจับสัญญาณแบบสวิทช์แม่เหล็กเป็นส่วนใหญ่

2 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Fiol)

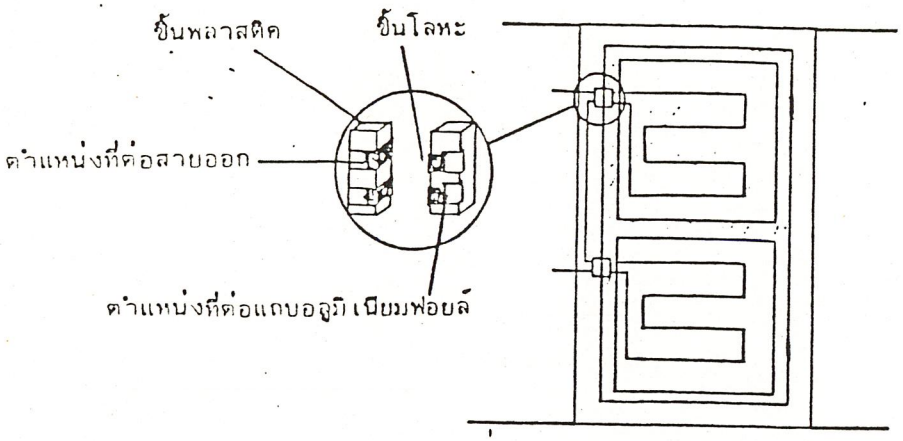
ตัวตรวจจับสัญญาณแบบนี้อาศัยหลักการติดแถบอลูมิเนียมฟอยล์บาง ๆ ไว้ ตามกระจกหน้าต่างหรือบานประตู โดยทำการตบแต่งให้สวยงาม จุดประสงค์หลักก็ คือ การป้องกันการกรีดกระจกหรือทุบกระจก เพราะเมื่อมีการกรีดหรือทุบกระจกบริเวณที่ติดแถบอลูมิเนียมไว้ จะทำให้แถบอลูมิเนียมฟอยล์ฉีกขาดออกจากกันเปรียบเสมือนสวิทช์ทำการเปิดวงจร อุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งอลูมิเนียมฟอยล์ ดังรูปที่ 2.7 อันประกอบด้วยแถบอลูมิเนียมฟอยล์เข้ากับสายส่งสัญญาณ อลูมิเนียมฟอยล์บางชนิดจะทำการเคลือบกาวไว้ให้เรียบร้อยก็สามารถนำไปติดกับกระจกได้เลย



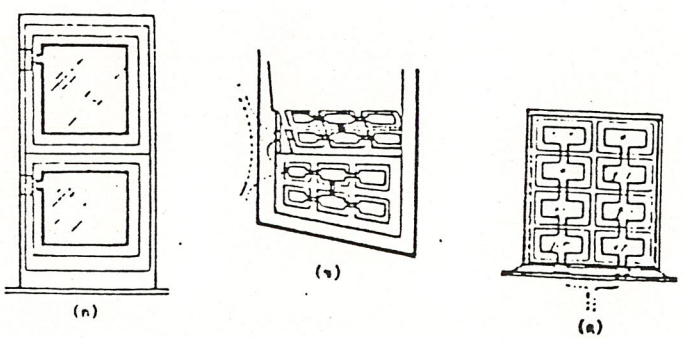
รูปที่ 2.7 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งตัวดักจับสัญญาณแบบอลูมิเนียมฟอยล์

สำหรับการติดตั้งอลูมิเนียมฟอยล์เข้ากับบานประตูหรือหน้าต่างนั้น มักจะใช้กับตัวเชื่อมต่อระหว่างบานประตูหรือบานหน้าต่างที่เคลื่อนที่กับส่วนวงกบ นั่นคือ ทั้งสองส่วนของตัวเชื่อมต่อเมื่อวางติดกันจะมีโลหะสัมผัสกันอยู่ตลอดเวลา ให้วงจรทางด้านอลูมิเนียมฟอยล์ส่งผ่านมายังสายส่งสัญญาณทางด้านที่เปิดไว้กับสายส่งสัญญาณได้ เมื่อทำการปิดประตูหรือหน้าต่างทำให้ไม่ต้องมีสายส่งสัญญาณเกะกะ ลักษณะการติดตั้งพอยกตัวอย่างได้ดังรูปที่ 2.8 และ 2.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.8 แสดงการติดตั้งแถบอลูมิเนียมฟอยล์เข้ากับบานประตู

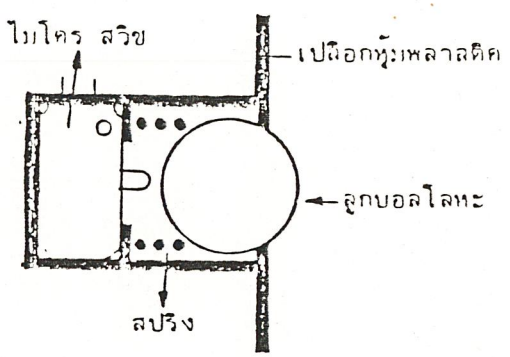


รูปที่ 2.9 แสดงการติดตั้งแถบอลูมิเนียมฟอยล์กับบานหน้าต่าง

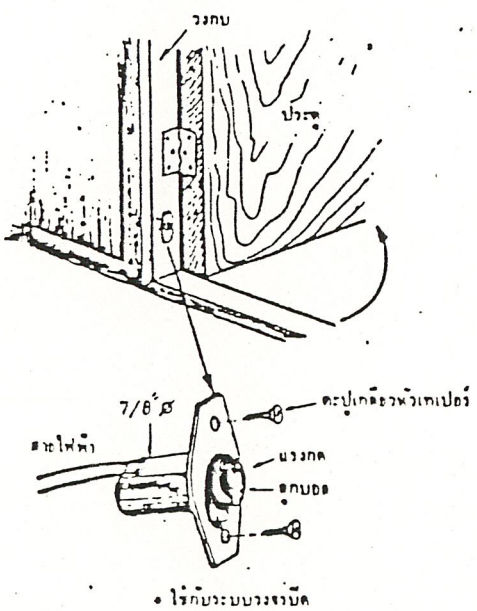
033185

3 <u>ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนในวงกบ</u>

ตัวตรวจจับสัญญาณแบบนี้ได้ถูกออกแบบมา ให้ซ่อนไว้ในวงกบของบานประตู หรือบานหน้าต่างมีลักษณะดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนในวงกบ

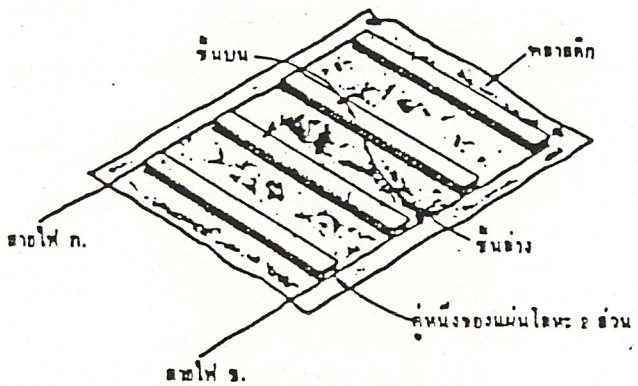


รูปที่ 2.11 การใช้ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนในวงกบ

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นลักษณะโครงสร้างภายใน ของตัวตรวจจับสัญญาณชนิดนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย ไมโครสวิทช์ สปริงที่ใช้ดันลูกบอลให้โผล่ออกมา และตัวลูกบอลซึ่งเป็นโลหะในรูปที่ 2.11 เมื่อบานประตูปิดสนิท ลูกบอลจะถูกกดให้จมลงไป ส่วนหลังของลูกบอลจะกดสวิทช์ของ ไมโครสวิทช์ ทำการปิดหน้าสัมผัส ถ้าบานประตูถูกแง้มออก สปริงภายในก็จะดันลูกบอลให้คืนตัวออกมาเป็นผลให้ ส่วนหลังของลูกบอลไม่กดสวิทช์ของไมโครสวิทช์ หน้าสัมผัสของไมโครสวิทช์ก็จะเปิดออกจากกันทันที การใช้ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนในวงกบ ค่อนข้างจะติดตั้งลำบาก เพราะต้องมีเจาะฝังลงไปในวงกบ และต้องทำช่องให้สายสัญญาณออกจากวงกบด้วย โดยสาเหตุนี้จึงไม่ค่อยนิยมใช้กันนัก

4 <u>ตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนใต้พรม</u> (Mat Sensor)

ตัวตรวจจับสัญญาณชนิดนี้เป็นแบบที่นิยมใช้กันแพร่หลายแบบหนึ่ง มีลักษณะดังรูปที่ 2.12

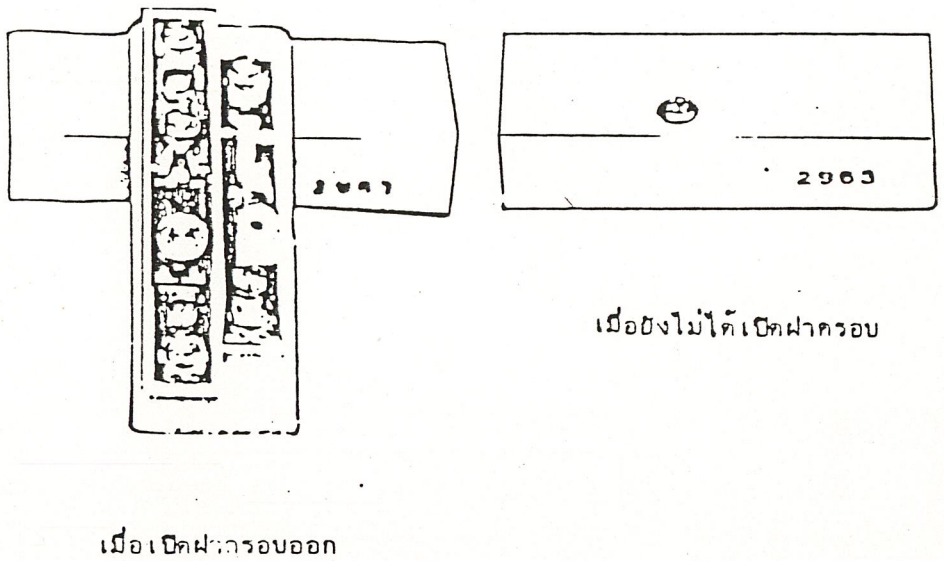


รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของตัวตรวจจับสัญญาณแบบซ่อนใต้พรม

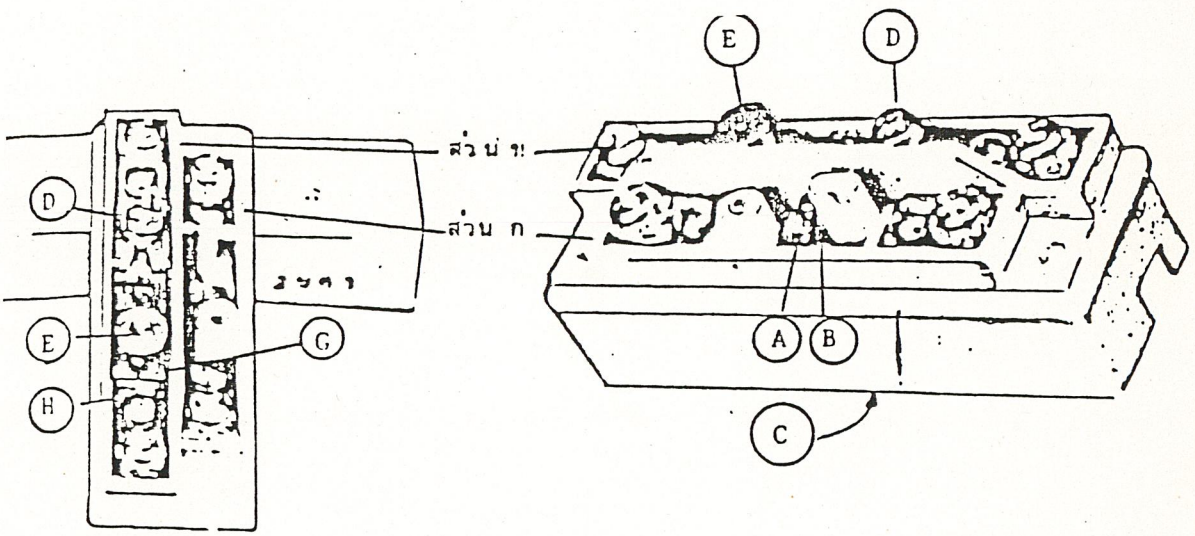
จากรูปที่ 2.12 ตัวตรวจจับสัญญาณจะทำด้วยแผ่นโลหะ สองส่วนประกอบกันเป็นคู่ โดยที่แผ่นโลหะทั้งสองจะไม่สัมผัสถึงกัน แผ่นโลหะคู่นี้จะถูกนำมาวางขนานกันไป แล้วอาบเคลือบไว้ด้วยพลาสติกเป็นผืน แผ่นโลหะด้านบนแต่ละแผ่นจะถูกต่อถึงกันด้วนลวดตัวนำ ก. ส่วนแผ่นโลหะด้านล่างจะถูกเชื่อมถึงกันด้วยลวดตัวนำ ข. เมื่อมีน้ำหนักของวัตถุอาจเป็นคนหรือสิ่งของใด ๆ ก็ตามมากดลงบนผืนพลาสติก จะทำให้โลหะด้านบน ข. สถานที่ติดตั้งตัวดักจับสัญญาณชนิดนี้มักจะซ่อนไว้ใต้พรมเช็ดเท้าบริเวณบันไดขึ้งลงเป็นส่วนมาก

5 ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน

ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน มีหลายแบบด้วยกัน แต่ส่วนมากจะ อาศัยหลักการเดียวกัน ดังนั้นจะอธิบายเพียงสัก 2 แบบเท่านั้น ลักษณะของตัวตรวจจับสัญญาณความสั่นสะเทือนจะเป็นดัง รูปที่ 2.13 และมีโครงสร้างภายในดังรูปที่ 2.14



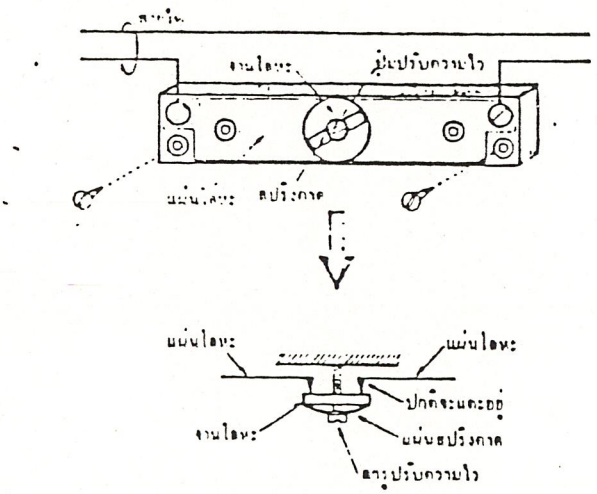
รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของตัวตรวจจับ ความสั่นสะเทือน



รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างภายในของตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน

ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือนภายใน จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน ก. และ ส่วน ข . ส่วน ก. จะทำหน้าที่ป้องกันการเปิดฝาครอบของตัวตรวจจับสัญญาณในสภาวะปกติที่ฝาปิดครอบอยู่ แกนพลาสติก C จะกดหน้าสัมผัสของโลหะ A และ B ไว้ตลอดเวลา เมื่อทำการเปิดฝาโดย ไขสกรูออกจากฝาครอบจะทำให้แกนพลาสติก C เคลื่อนออก เป็นผลให้โลหะชิ้น A คืดตัวออกจากโลหะชิ้น B นั่นคือวงจรระหว่าง A กับ B ขาดจากกัน ส่วน ข. จะเป็นส่วนที่ใช้ตรวจจับ ความสั่นสะเทือน โดยอาศัยแผ่นโลหะชิ้น G กับลูกถ่วง E ที่ติดกันอยู่ เกิดการสั่นไหวเมื่อมีแรงกระเทือนทำให้หน้าสัมผัสของโลหะชิ้น G กระทบกับแผ่นโลหะชิ้น H สกรู D จะทำหน้าที่ปรับความไวของตัวตรวจจับสัญญาณ โดยปรับให้แผ่นโลหะชิ้น G ห่างจากแผ่นโลหะชิ้น H มากน้อยตามต้องการ

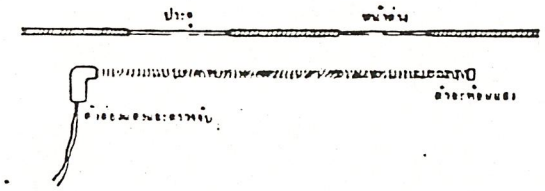
ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือนอีกแบบหนึ่ง ที่มีลักษณะภายนอกเหมือนกับรูปที่ 2.13 แต่มีโครงสร้างภายในเป็นดังรูปที่ 2.15 ลักษณะการทำงานก็คล้าย ๆ กันกับแบบแรก ตัวตรวจจับสัญญาณแบบนี้ค่อนข้างมีราคาแพง และติดตั้งลำบากพอสมควร เนื่องจากต้องมีการปรับความไวให้เหมาะสม สถานที่ติดตั้งมักจะติดตามกระจกหรือผนังที่คิดว่าผู้บุกรุกจะทำลายหรือพังเข้ามา



รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างภายในอีกแบบหนึ่งของตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน

6 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบใช้แสง (Photo electric Sensor)

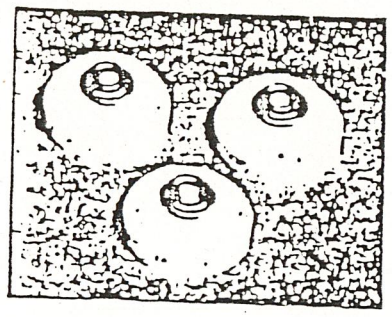
ตัวตรวจจับสัญญาณชนิดนี้มักจะใช้ประกอบกับแบบอื่น เพื่อให้ระบบสมบูรณ์ขึ้น มากกว่าจะใช้อยู่อย่างโดดเดี่ยว มีหลายชนิดด้วยกันทั้งแบบที่สามารถมองเห็นลำแสงได้ และชนิดอินฟาเรดที่ไม่สามารถมองเห็นลำแสง ส่วนมากมักจะใช้แบบอินฟาเรดซึ่งมีราคาแพง เพราะผู้บุกรุกไม่สามารถเห็นตำแหน่งที่ติดตั้งได้ ลักษณะการติดตั้งมักใช้ยิงขนานไปกับผนังที่มีบานประตูหรือหน้าต่างหลาย ๆ บาน ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณแบบใช้แสง

7 ตัวตรวจจับความร้อน (Heat Sensor)

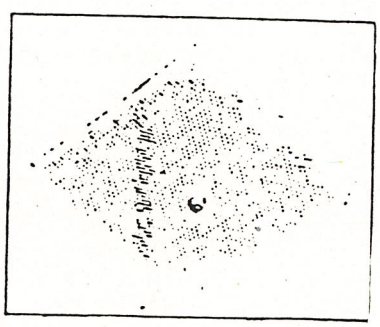
ปัจจุบันตัวตรวจจับความร้อนที่มีขายกันในท้องตลาดมีอยู่ 2 หลักการด้วยกัน คือ แบบแรกจะเป็นตัวตรวจจับความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ (Fixed temperature heat Sensor) ดังรูปที่ 2.17 ตัวตรวจจับความร้อนแบบนี้ในสภาวะปกติแล้ว สวิทช์ที่อาศัยผลของความร้อน (Thermal Switch) จะอยู่ในสภาพเปิดวงจร เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุด ๆ หนึ่ง สวิทช์จะปิดหน้าสัมผัสเข้าหากัน ทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น ตัวอย่างที่นำมาแสดงในรูปที่ 2.17 สวิทช์จะลัดวงจรเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 60 องศาเซนติเกรด โดยมีความผิดพลาดคลาดเคลื่อน 5 องศาเซนติเกรด การติดตั้งควรจะติดตั้งไว้ตามฝ้าเพดาน ในตำแหน่งที่คิดว่าจะตรวจจับการเกิดไฟไหม้ได้ดีที่สุด พื้นที่ในการตรวจจับต่อตัวโดยทั่วๆไปประมาณไม่เกิน 900 ตารางฟุต (ตามที่ระบุใน UL listed no. 746H)



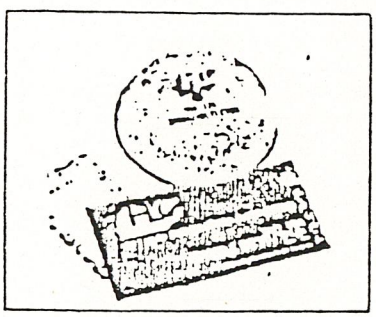
รูปที่ 2.17 แสดงตัวตรวจจับความร้อนแบบอุณภูมิคงที่

8 <u>ตัวตรวจจับควัน</u> (Smoke Detector)

ตัวตรวจจับควันโดยทั่วไปมีขายกันอยู่ 2 ชนิดคือแบบไอออไนเซชั่น (ใช้สารกัมมันตรภาพรังสี) และแบบที่ใช้หลักการโฟโต้อิเลคทริค ตัวตรวจจับควันแบบแรกมีราคาแพง มีรูปร่างลักษณะเป็นดังรูปที่ 2.18 ด้านซ้ายมือ ส่วนแบบที่สองจะมีรูปร่างลักษณะเช่นรูปที่ 2.18 ทางด้านขวา



ตัวตรวจจับควันแบบโฟโต้อิเลคทริค

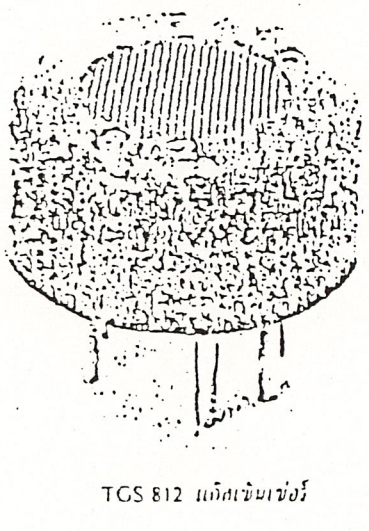


ตัวตรวจจับแบบไอออไนเซชั่นใช้สารกัมมันตรภาพรังสี

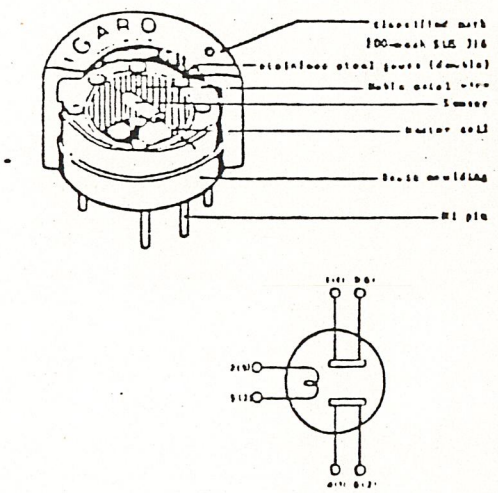
รูปที่ 2.18 แสดงตัวตรวจจับควันแบบไอออไนเซชั่นและแบบโฟโต้อิเลคทริค

ตัวตรวจจับควันทั้งสองแบบ มีราคาแพงพอสมควร ดังนั้นควรจะสร้างขึ้นมาใช้งานเองได้ โดยอาศัยผลการทำงานของตัวตรวจจับก๊าซ (Gas Sensor) ที่ให้ความต้านทานของตัวตรวจจับลดลง เมื่อผิวหน้าของมันสัมผัสกับก๊าซ โครงสร้างของมันทำมาจากกึ่งตัวนำประเภทดีบุกออกไซน์ (SnO_2) และมีไส้ความร้อน ที่จะอุ่นให้ตัวตรวจจับทำงานได้ดี ที่มีขายกันท้องตลาดภายในประเทศก็มีของ บริษัท Figaro ซึ่งมีอยู่ 2 เบอร์ คือ TGS 812 และ TGS 813 ข้อแตกต่างของทั้งสองเบอร์นี้ คือ TGS 812 จะมีความไวต่อก๊าซพวกคาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbonmomocide) อันเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ ถ้าได้รับก๊าซนี้เพียงเศษส่วนของล้านชั่วขณะเวลาหนึ่งจะทำให้ปวดหัว มึนงง และถ้าได้รับมาก ๆ จะทำให้มีอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ TGS 812 ยังมีความไวเป็นพิเศษ ต่อพวกแอลกอฮอล์ (Alchohol) จึงสามารถนำมาใช้ตรวจสอบปริมาณแอลกอฮอล์ที่ปนมากับลมหายใจของผู้ที่ดื่มแอลกอฮอล์ได้ มีบางบริษัทได้นำตัวตรวจจับชนิดนี้ไปติดตั้งไว้ในรถยนต์ ถ้าผู้ขับขี่อยู่ในสภาพมึนเมา (ตรวจสอบได้สารปริมาณแอลกอฮอล์ที่ปนมากับลมหายใจ) วงจรตรวจจับจะทำงานมีผลให้ไม่สามารถ จะติดเครื่องยนต์ขับขี่ออกไปได้ จนกว่าปริมาณแอลกอฮอล์ลดลงไปถึงระดับหนึ่ง แล้วจึงจะสามารถติดเครื่องยนต์ขับขี่ออกไปได้

ส่วน TGS 813 จะมีความไวต่อก๊าซมีเธน (Methane) ซึ่งใช้เป็นก๊าซหุงต้ม มีรูปและโครงสร้างภายในเป็นดังรูปที่ 2.19



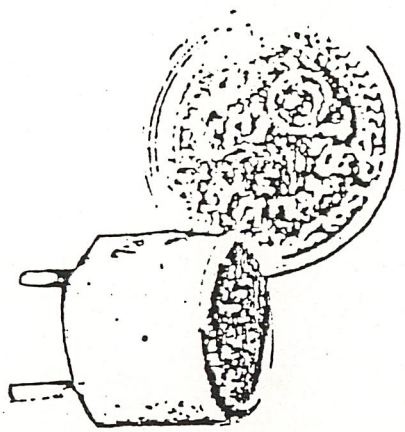
TGS 812 แก๊สเซ็นเซ่อร์



รูปที่ 2.19 แสดงรูปร่างและโครงสร้างภายในของตัวตรวจจับ

2.2.2 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบใช้คลื่นความถี่

ตัวตรวจจับแบบใช้คลื่นความถี่นี้มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เป็นแบบมินิเรดาร์ (Miniradar) โดยให้คลื่นไมโครเวฟยิงออกมา แล้วรับการสะท้อนกลับของมันมาทำการตรวจจับดูสิ่งที่เคลื่อนไหวแบบนี้มีราคาค่อนข้างแพงทีเดียว อีกแบบหนึ่งเป็นแบบอุลตร้าโซนิค แบบนี้ราคาถูกสามารถทำเองได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ตัวตรวจจับแบบนี้ มีลักษณะโครงสร้างเป็นดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงรูปร่างของทรานดิวเซอร์แบบความถี่เหนือเสียง

ตัวคักจับสัญญาณแบบใช้ความถี่เหนือเสียง (Ultrasonic Sensor) ส่วนสำคัญของตัวคักจับสัญญาณแบบนี้ คือ ทรานดิวเซอร์แบบความถี่เหนือเสียง ในปัจจุบันนี้มีหลายแบบด้วยกันขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่ แบบเปียโซอิเลคทริค (Peiso - electric Transducer) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลกลับไปกลับมาได้ โดยที่ความถี่กำธรอยู่ค่าหนึ่ง แบบแมกนีโตสตริคทีฟ (Magnetostrictive Tranducer) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปมาระ ว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวด กับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่ และแบบ อิเลคโตรสตริคทีฟ (Electrostrictive Tranducer) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกลได้

2.2.3 ตัวจับแก๊ส (Gas Sensor)

แก๊สเซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์สำคัญของเครื่องตรวจจับแก๊สและควัน ซึ่งในโครงงานนี้ใช้แก๊สเซนเซอร์ของบริษัทฟิกาโร่ เอนจิเนียริ่ง รุ่น TGS # 812 และ TGS # 813 ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่ให้ความต้านทานไวต่อแก๊สและไอต่างชนิดกัน คือ

สำหรับเบอร์ 812 จะมีความไวมากต่อแก๊สพิษ เช่น แอมโมเนีย คาร์บอนนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไอของสารละลายอินทรีย์เช่น อัลกอฮอล์ เบนซิล เป็นต้น จึงนิยมใช้ทำเครื่องเตือนควัน (ไฟไหม้) เครื่องดักจับปริมาณอัลกอฮอล์ สำหรับทดสอบพนักงานขับรถ และเครื่องวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ จากท่อไอเสียรถยนต์ เป็นต้น

ส่วนเบอร์ 813 นั้นมีความไวมากต่อแก๊สมีเทนโปรเพน และบิวเทน จึงทำให้เหมาะที่จะนำมาใช้ทำเครื่องดักจับปริมาณแก๊สหุงต้ม (รั่ว) ในบ้านอยู่อาศัย และเนื่องจากไม่ไวต่ออัลกอฮอล์และคาร์บอนมอนนอกไซด์ จึงลดปัญหาการเตือนผิดพลาดไปได้มาก

1. <u>ลักษณะและโครงสร้างของแก๊สเซนเซอร์</u>

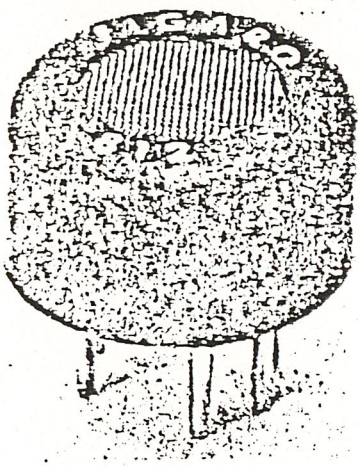
แก๊สเซนเซอร์ ถูกสร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำ ชนิด เอ็น (N-TYPE) ซึ่งประกอบด้วยดีบุกออกไซด์ (Tin - Oxide : SnO_2) ซึ่งจะมีคุณสมบัติคือ ค่าความนำทางไฟฟ้า (Conductivity) จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีพวกแก๊สติดไฟ เข้ามาทำปฏิกิริยา อาทิ เช่น ไฮโดรเจน คาร์บอนมอนนอกไซด์ มีเทน ฯลฯ

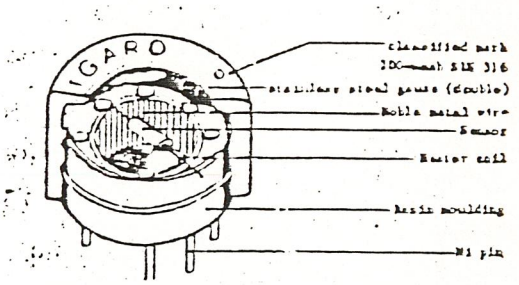
และรอบ ๆ ชิ้นสารกึ่งตัวนำ จะมีลวดความร้อนล้อมรอบอยู่ เพื่อทำหน้าที่ให้แก๊สและไอถูกดูดซับ และระเหยไปได้เร็วขึ้น และยังเป็นการลดผลของอุณหภูมิภายนอกและความชื้น ที่จะมามีผลต่อการนำไฟฟ้าของชิ้นสารกึ่งตัวนำ ดังรูปที่ 2.21

2. <u>คุณสมบัติของแก๊สเซนเซอร์</u>

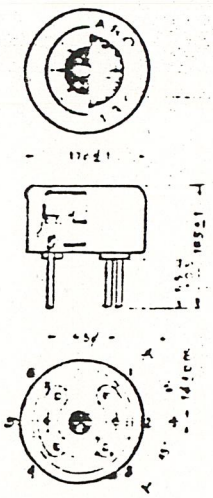
เมื่อโมเลกุลของแก๊สถูกดูดลงบนผิวของสารกึ่งตัวนำจะทำ ให้เกิดการถ่ายเทพลังงานขึ้น อันเนื่องจาก ความแตกต่างระหว่างระดับพลังงานของโมเลกุลของแก๊ส กับผิวกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ออกซิเจนซึ่งตามคุณสมบัติจะเป็นตัวรับอิเลคตรอน (เนื่องจากอิเลคตรอนวงนอกสุด ของแก๊สออกซิเจน = 6) ซึ่งเมื่อมันถูกดูดลงบนผิวของสารกึ่งตัวนำ ผ่านมายังออกซิเจนที่ถูกดูดไว้ จะเป็นผลให้ ค่าความนำทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำในแก๊สเซนเซอร์ลดลง ในทางกลับกันถ้าปริมาณของออกซิเจนมีน้อยแรงดันจะน้อย ค่าความนำทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำก็จะสูงขึ้น

เนื่องจากความดันของออกซิเจนในอวกาศนี้คงที่ ในสภาวะปกติอัตราส่วนและปริมาณของออกซิเจนที่ถูกดูดโดยแก๊สเซนเซอร์จะมีความสัมพันธ์ กับอุณหภูมิของแก๊สเซนเซอร์ ฉนั้นค่าความนำ





CONFIGURATION



STRUCTURAL

SPECIFICATIONS

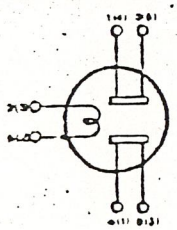
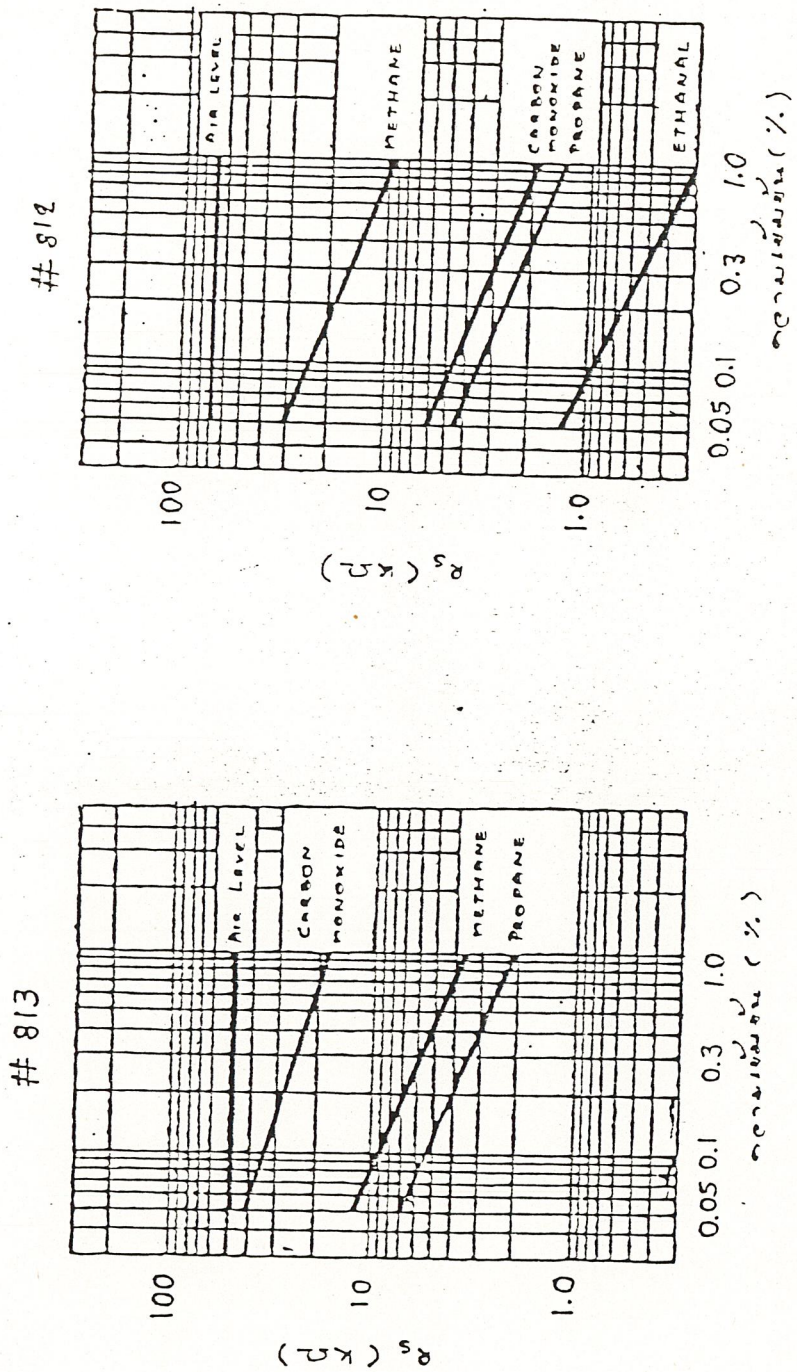


DIAGRAM OF

THE ELECTRIC CIRCUIT

รูปที่ 2.21 ลักษณะและโครงสร้างของ GAS SENSOR

TGS # 812 และ TGS # 813

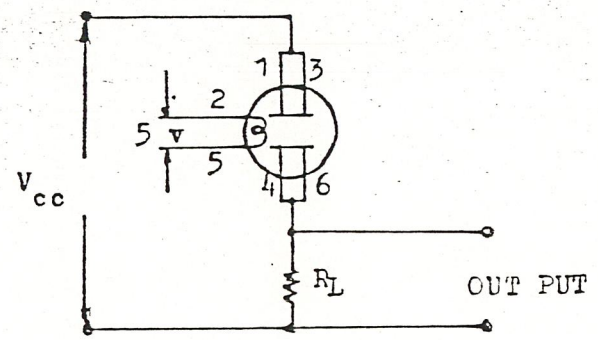


รูปที่ 2.22 แสดงกราฟความต้านทานของสารกึ่งตัวนำ TGS 812 และ TGS 813 ที่ความเข้มข้นของแก๊สต่าง ๆ

ไฟฟ้า ของตัวแก๊สเซนเซอร์คงที่ เมื่ออุณหภูมิคงที่ นั่นคือ ในสภาพปกติตัวแก๊สเซนเซอร์รับเอาออกซิเจนไว้แล้วและมีค่าความนำทางไฟฟ้าอยู่ค่าหนึ่งคงที่ ดังนั้นถ้ามีแก๊สชนิดอื่นซึ่งเป็นพวกแก๊สติดไฟ เช่น พวกคาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนเข้ามาโมเลกุลของแก๊สที่เข้ามาแทนที่นี้ถ่ายเทจำนวนอิเลคตรอนไปในทิศทางตรงกันข้ามกับออกซิเจน คืออิเลคตรอนจะส่งผ่านไปยังสารกึ่งตัวนำที่มีความเข้มของอิเลคตรอนมากกว่า เป็นผลทำให้ค่าความนำทางไฟฟ้า ของตัวแก๊ส เซนเซอร์เพิ่มขึ้น นั่นคือ ค่าความต้านทาน ของตัวมันลดลงและจะลดลงเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มของแก๊สที่เข้ามาและชนิดของแก๊สด้วย ดังรูปที่ 2.22

3.<u>วิธีใช้งานของตัวแก๊สเซนเซอร์</u>

การใช้งานแก๊สเซนเซอร์จะใช้แรงดัน 5 โวลท์ มาป้อนให้แก่ลวดความร้อน ขดลวดความร้อนจะกินกระแสไฟประมาณ 125 มิลลิแอมป์ แล้วต่อปลายอิเลคโทรด (electrode) ทั้งสองด้านของชิ้นสารกึ่งตัวนำไปหาไฟเลี้ยง (Vcc) โดยผ่านความต้านทานโหลด (R_L) ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงวิธีการใช้งานตัวแก๊สเซ็นเซอร์แบบเบื้องต้น

4. <u>พื้นฐานในการวัดด้วยแก๊สเซ็นเซอร์</u>

ในสภาวะอากาศปกติ ตัวแก๊สเซ็นเซอร์จะมีความต้านทานทางไฟฟ้าสูง (High electrical resistance) ถ้าตัวแก๊สเซ็นเซอร์ อยู่ในสภาพที่มีแก๊สติดไฟไปปกคลุมก็จะทำให้ค่าความต้านทานของมันลดลง เนื่องจากความเข้มของแก๊สดังได้กล่าวมาแล้ว จากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานนี้ ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานโหลด เปลี่ยนแปลงไปด้วย

นั่นคือ เมื่อความต้านทาน ของแก๊สเซ็นเซอร์ลดลงมาก จะได้ค่าแรงดันที่ความต้านทานโหลดสูงขึ้น ซึ่งเราสามารถนำขนาดของแรงดันนี้ไปเปรียบเทียบหาปริมาณของแก๊สเซ็นเซอร์ รับ

มาได้อย่างไรก็ตามเนื่องจากความต้านทาน ของชิ้นสารกึ่งตัวนำไม่ได้ลดลงเป็นอัตราส่วนกับปริมาณของแก๊สหรือไอ แต่จะลดลงในลักษณะ เอ็กโพเนนเชียล (Exponential) ดังนั้นจะแปรค่าแรงดันที่ได้รับออกมา เป็นความเข้มข้นของแก๊สโดยทางตรงไม่ได้ ใช้ได้แต่เปรียบเทียบว่ามีมากหรือน้อยเท่านั้น ลักษณะที่สำคัญ อีกอย่างหนึ่งในตัวแก๊สเซ็นเซอร์ ก็คือ มันจะสามารถคงค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง อันเนื่องจากความเข้มของแก๊สไว้ชั่วระยะหนึ่ง ซึ่งนับว่านานพอสมควรกว่าจะกลับสู่สภาพปกติได้

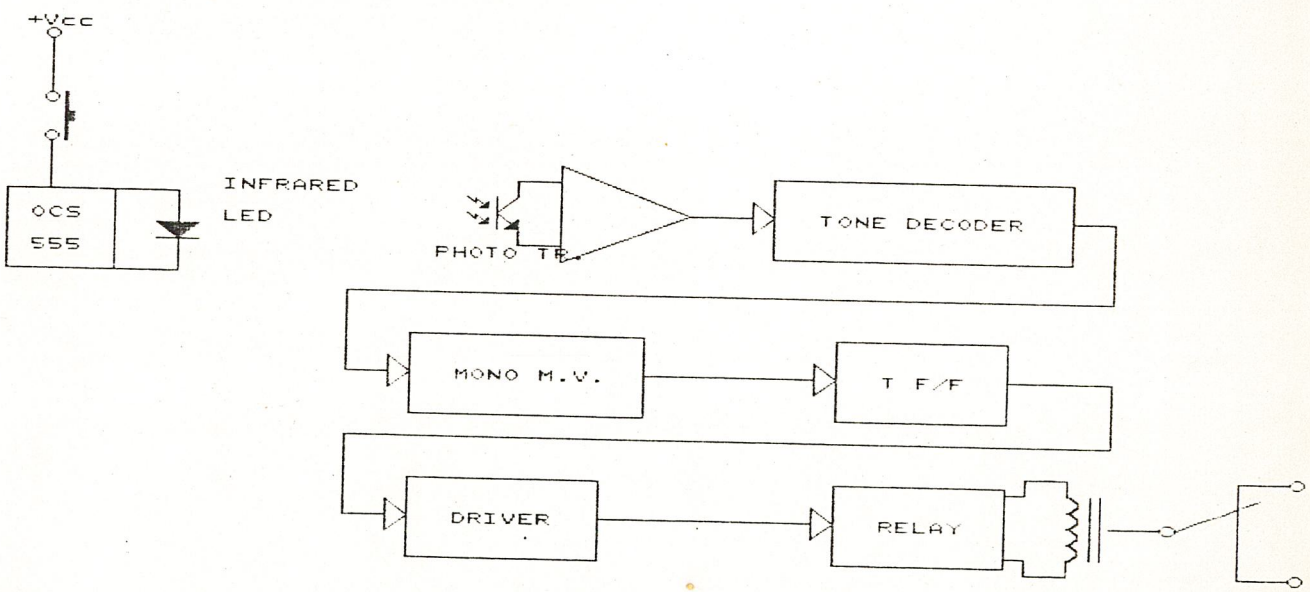
5. ข้อแนะนำบางประการที่ควรทราบ

เมื่อเริ่มใช้งาน (ป้อนไฟเลี้ยงเข้าวงจร) ควรจะอุ่นตัวแก๊สเซ็นเซอร์ก่อนประมาณ 10 นาทีให้ความต้านทานของชิ้นสารกึ่งตัวนำเข้าที่เสียก่อน และถ้าไม่ได้ใช้งานมานาน หรือเก็บไว้ในที่มีความชื้นมากมานาน ๆ ก็ควรขับไล่ความชื้น หรือแก๊สพิษที่ตกค้างอยู่ โดยการป้อนแรงดันให้ขดลวดความร้อนสูงกว่าปกติเล็กน้อย เช่น ป้อนไฟ 6 โวลท์ เข้าไปประมาณ 2-5 นาทีก่อนแล้วจึงค่อยลดลงมาเป็น 5 โวลท์ ตามเดิม

เมื่อมันพร้อมแล้ว จะสามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สได้ภายในเวลาไม่กี่วินาทีเท่านั้น และเมื่อแก๊สหมดไปแล้วก็จะคืนกลับสภาพเดิมได้อีกในเวลาประมาณ 2 - 3 นาที

2.2.4 ระบบตรวจจับสัญญาณแบบอินฟาเรด

1. หลักการทำงานของการบังคับด้วยแสงอินฟาเรด



รูปที่ 2.24 บล็อกไดอะแกรมของการบังคับด้วยแสงอินฟาเรดแบบหนึ่งแชลแนล

ภาคส่ง

เราจะใช้ความถี่ออกจากออสซิลเลเตอร์ ซึ่งเป็นพัลส์ไปผสมกับแสงอินฟาเรด โดยที่พัลส์ออกจากออสซิลเลเตอร์ ไปทำให้แสงอินฟาเรดมีหรือไม่มี ตามความถี่ที่สร้างมา แล้วถูกส่งผ่านอากาศ ไปยังภาครับต่อไป

ภาครับ

ที่ภาครับ จะประกอบด้วยภาคต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.24 เมื่อแสงอินฟาเรดมาตกกระทบที่ Photo Diode หรือ Photo Transistor ซึ่งจะทำหน้าที่ Detect แสงอินฟาเรด ออกมาเป็นพัลส์ ตามที่ LED ตัวส่ง ส่งมากับแสงอินฟาเรด ซึ่งความถี่ที่ถูกส่งมานี้จะมีการเพี้ยนของสัญญาณ ไม่เป็นไปตามรูปคลื่นที่ส่งมา จึงต้องนำไปทำการเปรียบเทียบความคัน เพื่อที่จะได้รูปคลื่นความถี่ที่ถูกต้องขึ้น แล้วให้มีอัตราขยายทางแรงดันสูงพอสมควร จากนั้นความถี่ของพัลส์ จะถูกนำไปผ่านโทนดีโค๊ดเดอร์ เพื่อถอดรหัสความถี่ออกมา โดยจะทำการเปรียบเทียบความถี่ที่เข้ามา กับความถี่ที่ตั้งไว้ ถ้าความถี่ตรงกับที่กำหนดไว้ เอาท์พุท ที่ออกมาจะได้ลอจิก " 0 " แต่ถ้าความถี่พัลส์ไม่ตรงจะได้ลอจิก " 1 " ซึ่งช่วยให้สามารถป้องกันการรบกวน จากความถี่อื่น ๆ ได้ แล้วรหัสความถี่ที่ได้จะถูกนำไปยังภาค โมโนสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์ ให้สร้างพัลส์ขึ้นมาเพื่อที่จะส่งไปยังภาค ที ฟลิบฟลอบ เพื่อให้ภาคนี้ที่เอาท์พุท มีการเปลี่ยนจากสถานะเดิมไปสู่สถานะใหม่ เช่น เดิมเป็นลอจิก " 0 " จะเปลี่ยนเป็นลอจิก " 1 " เป็นต้น จากนั้นระดับของลอจิกจะถูกส่งไปทำงานยังส่วนเชื่อนต่อ อีกต่อไป

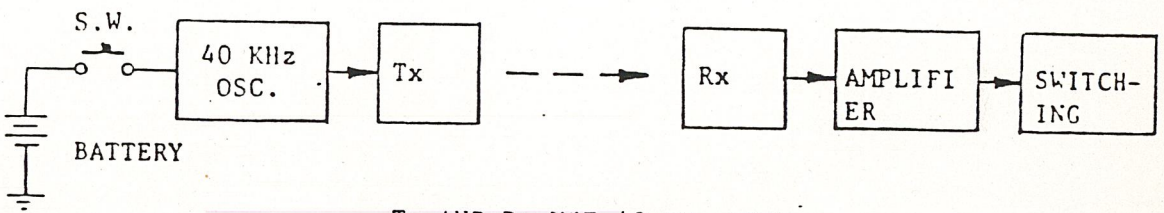
บทที่ 3

การคำนวณออกแบบและการสร้าง

3.1 ตัวตรวจจับสัญญาณแบบใช้ความถี่เหนือเสียง (ULTRASONIC SENSOR)

1 การสร้างวงจรภาครับและภาคส่ง

การสร้างวงจรภาครับและภาคส่งในที่นี้ จะให้วงจรภาครับและภาคส่งอยู่ห่างจากกัน โดยวงจรภาครับจะทำงานให้สัญญาณออกมา เมื่อมีความถี่ 40 กิโลเฮิทซ์ เข้ามากระทบตัวรับหรือตัวรับไม่สามารถ รับความถี่นี้ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งแล้วแต่การนำไปใช้งาน



Tx AND Rx USE 40 KHz TYPE.

รูปที่ 3.1 แสดงการใช้งานแบบหนึ่งของตัวส่งและตัวรับความถี่เหนือเสียง

เพื่อความสะดวกในการทำความเข้าใจ ขอแบ่งการอธิบายการทำงานของวงจรที่ออกแบบไว้เป็น 2 ส่วน คือ วงจรภาคส่งและวงจรภาครับ ซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อต่อไป

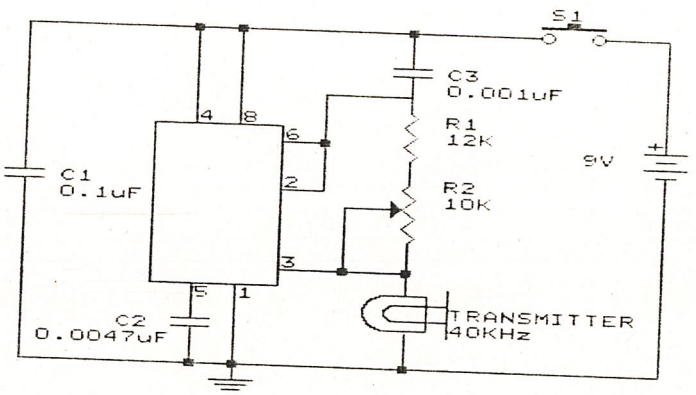
2 วงจรภาคส่ง

วงจรภาคส่งไม่มีอะไรซับซ้อน เพียงแต่ใช้วงจรกำเนิดสัญญาณ รูปสี่เหลี่ยม หรือรูปซาย์ หรือเป็นรูปพัลส์ก็ได้ ที่สามารถสร้างความถี่ตรงกับความถี่กำธรของทรานดิวเซอร์ ที่ใช้เป็นตัวส่ง แล้วต่อตัวส่งเป็นโหลดเท่านั้นเอง ในที่นี้เสนอวงจรอย่างง่าย ๆ ดังรูปที่ 3.2

ในรูปที่ 3.2 เป็นการนำเอาไอซี เบอร์ 555 มาต่อเป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งให้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมออกมาป้อนให้แก่ทรานดิวเซอร์ตัวส่งความถี่ 40 กิโลเฮิทซ์ ที่ต่อเป็นโหลดที่ขาสัญญาณออกของ ไอซี วงจรจะส่งสัญญาณความถี่เหนือเสียงออกมาเมื่อกดสวิทช์ S_1 เท่า

นั้น ความต้านทาน R_2 มีไว้เพื่อใช้ปรับแต่งความถี่ของการออสซิลเลทของวงจรที่ให้ เท่ากับความถี่กำธรของตัวส่งที่ใช้ เพื่อให้ได้กำลังส่งออกสูงสุด ดูในรูปที่ 3.2

ผลการทำงานของวงจรภาคส่ง คือ ส่งคลื่นความถี่เหนือเสียง แพร่ออกมาในอากาศได้ สำหรับวงจรภาคส่งที่ยุ่งยากขึ้นอาจจะมีวงจรสร้างคลื่นความถี่ต่ำ เช่น 300 เฮิทซ์ ผสมเข้าไปกับความถี่ 40 กิโลเฮิทซ์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนความถี่สูงที่ออก เข้าไปรบกวนภาครับ โดยให้ภาครับรู้คำสั่งที่เป็นคลื่นความถี่เหนือเสียงที่มีความถี่ต่ำ เช่น 300 เฮิทซ์ ขี่มาด้วยเท่านั้น

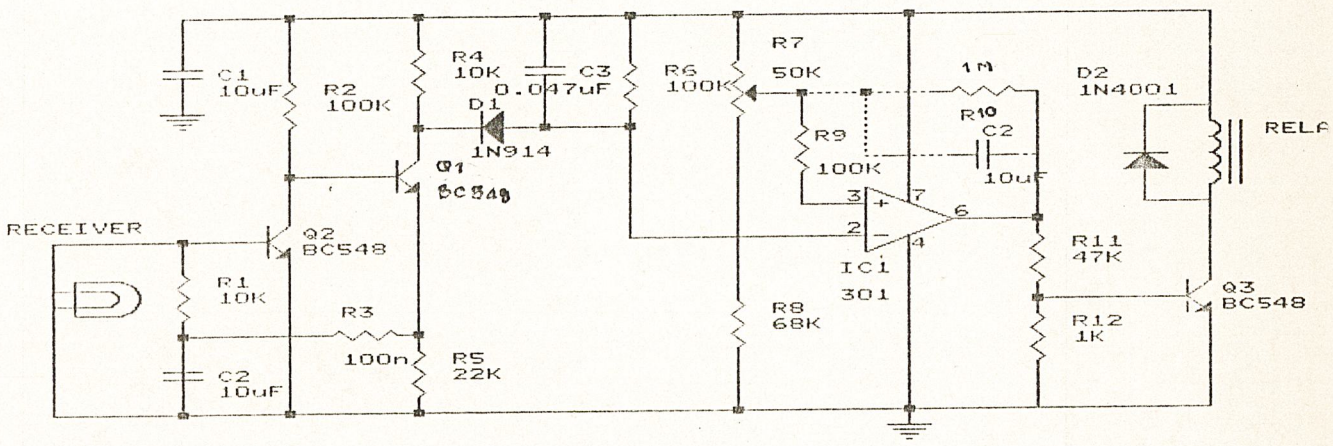


รูปที่ 3.2 วงจรส่งที่ใช้ I.C. LM 555

3 <u>วงจรภาครับ</u>

ตามที่ได้อธิบายมาแล้วว่า เมื่อมีคลื่นความถี่เหนือเสียงมาตกกระทบทรานดิวเซอร์ ที่เป็นตัวรับสัญญาณ จะเกิดแรงดันขนาดเล็กขึ้นมาคร่อมตัวมัน โดยแรงดันนี้จะมีคลื่นออกมาเป็นซายน์ที่มีความถี่เดียวกับคลื่น ที่มาตกกระทบตัวมัน และจะมีขนาดสูงสุดเมื่อความถี่ของคลื่นเสียงที่เข้ามาตรงกับความถี่กำธรของตัวรับ ที่เป็นเช่นนี้เพราะคลื่นรูปสี่เหลี่ยมประกอบไปด้วย คลื่นรูปซายน์หลาย ๆความถี่ผสมกัน คลื่นรูปซายน์ที่มีขนาดสูงสุดก็ คือ คลื่นที่มีความถี่ 40 กิโลเฮิทซ์ ส่วนคลื่นซายน์ความถี่อื่น ๆ จะมีความถี่สูงกว่า 40 กิโลเฮิทซ์ เช่น อาจจะเป็น 80 หรือ 120 กิโลเฮิทซ์

เป็นต้น ส่วนตัวรับคลื่นจะยอมให้ผ่านไปเพียงความถี่เดียว คือ 40 กิโลเฮิทซ์ ความถี่อื่น ๆ จะโดนตัดทิ้งไป ดังนั้นสัญญาณที่ออกมาจากตัวรับจึงเป็นคลื่นรูปซายน์ความถี่ 40 กิโลเฮิทซ์ เมื่อเอาตัวรับและตัวส่งมาวางหันหน้าชนกัน ขนาดแรงดันคร่อมตัวรับโดยทั่วไปจะน้อยกว่า 1 โวลท์ ยิ่งระยะระหว่างตัวรับและตัวส่งห่างกันมากขึ้น ขนาดแรงดันก็จะยิ่งลดลงอย่างเช่น ที่ระยะห่างประมาณ 30 เมตร แรงดันที่เกิด ขึ้นคร่อมตัวรับจะตกอยู่ในราว ไม่กี่สิบไมโครโวทล์เท่านั้น ดังนั้นในวงจรภาครับจึงต้องมีภาคขยายเพื่อทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ออกจากตัวรับให้มีขนาดสูงพอ สิ่งที่ควรตระหนักเกี่ยวกับวงจรภาครับก็คือ วงจรขยายสัญญาณในภาครับมักจะมีอัตราการขยายสูงมาก ไฟเลี้ยงที่จ่ายเข้ามาจึงควรใช้วงจรเลคกูเลเตอร์มาช่วยทำให้วงจรไฟเลี้ยงเรียบและคงที่พอสมควร เพื่อให้เสถียรภาพในการทำงานของวงจรดีไม่ออสซิเลท และไม่ทำงานผิดพลาดเมื่อแรงดันไฟเลี้ยงเปลี่ยนไปบ้างเล็กน้อย ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาครับ

วงจรภาครับในรูปที่ 3.3 ใช้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 เป็นวงจรขยายสัญญาณความถี่ 40 กิโลเฮิทซ์ ที่ผ่านตัวรับออกมาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นประมาณ 3,000 เท่า (70db) R_1 และ R_3 ทำ

หน้าที่ให้ไบอัสแก่ขาเบสของ Q_1 โดยมี C_2 ลัดวงจรไบอัสส่วนนั้น ในขณะที่มีสัญญาณความถี่เหนือเสียงเข้ามา เพื่อช่วยเพิ่มอัตราขยายให้สูงขึ้น ถ้าสัญญาณความถี่เหนือเสียงที่เข้ามาแรงมาก วงจรขยายก็จะขลิบสัญญาณที่จุดสัญญาณออก ให้ออกมาเป็นสี่เหลี่ยมแกว่งไปมา ระหว่างไฟเลี้ยงและ กราวด์ จุดสัญญาณออกของ Q_2 จะถูกเรคติฟายโดย D_1 และมี C_3 กรองให้เป็นไฟตรงที่เรียบขึ้นแล้วมาป้อนให้แก่ขาสัญญาณ 2 ของ ไอซี 1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งจะคอยเปรียบ เทียบระดับแรงดันที่ขา 2 กับขา 3 ซึ่งมีขนาดคงที่อยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งกำหนดโดยการตั้งขากลางของ R_7 ให้เหมาะสม ถ้าแรงดันที่ขา 2 ต่ำกว่าขา 3 เนื่องจากมีคลื่นเสียงที่มีความถี่เหนือเสียงเข้ามากระทบตัวรับ จุดสัญญาณออกของ ไอซี 1 จะเปลี่ยนจากแรงดันต่ำ (ลอจิก 0) เป็นแรงดันสูง (ลอจิก 1) ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_3 นำกระแสทันที ความต้านทาน R_{10} ที่เพิ่มเข้าไปช่วยให้เกิดการป้อนกลับแบบบวก คือ ถ้าแรงดันที่จุดสัญญาณออกสูงขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากมีสัญญาณความถี่เหนือ เสียงเข้ามา การเปลี่ยนแปลงแรงดันนี้จะผ่าน R_{10} ไปทำให้แรงดันที่ขา 3 สูงขึ้นเพิ่มกว่าเดินเล็กน้อย นั่นก็คือ ยิ่งทำให้แรงดันที่ขา 2 มีค่าต่ำกว่าแรงดันที่ขา 3 ไอซี 1 ก็จะเปลี่ยนขนาดแรงดัน จุดสัญญาณออกไปเป็นลอจิก 1 ได้เร็วขึ้น

การนำไปใช้งานวิธีที่ง่ายที่สุด คือ สร้างเครื่องรับและเครื่องส่งขึ้นมา เอาทั้งสองเครื่องนี้วางอยู่คนละฟากของทางเดิน ที่คิดว่าผู้บุกรุกจะต้องผ่านเข้ามา เช่น ใกล้ประตูหรือบริเวณทางขึ้น บันได เป็นต้น ให้ตัวรับและตัวส่งที่อยู่ตรงกันและหันหน้าเข้าหากัน เมื่อมีผู้บุกรุกเดินเข้ามาตัดลำแสง วงจรทางด้านภาครับจะเปลี่ยนสถานะทางลอจิกทันที จะเห็นว่าวิธีนี้ดีกว่าเครื่องเตือนภัยที่ใช้ลำแสงไฟกับแอลดีอาร์ เพราะไม่มีแสงให้เห็นและเสียงที่ส่งออกมาก็ไม่สามารถได้ยิน ข้อสำคัญคือ ควรเลือกวงจรภายในขยายเครื่องรับที่มีความไวไม่มากนัก เพื่อจำกัดรัศมีทำการให้อยู่ในระยะและทิศทางที่ต้องการเท่านั้น

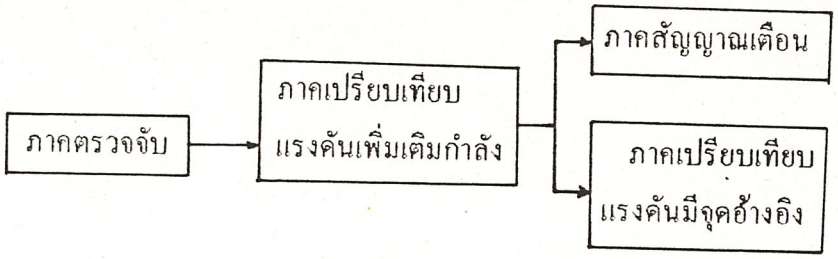
3.2 ตัวตรวจจับก๊าส (GAS SENSOR)

1. <u>การสร้างวงจรเครื่องตรวจจับแก๊ส</u>

มีส่วนประกอบ 4 ภาคด้วยกัน คือ

- ภาคตรวจจับ
- ภาคเปรียบเทียบแรงดันแบบป้อนกลับเพิ่มกำลัง
- ภาคสัญญาณเตือน
- ภาคเปรียบเทียบแรงดันแบบมีแรงดันอ้างอิงธรรมดา

ซึ่งสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 3.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องตรวจจับแก๊ส

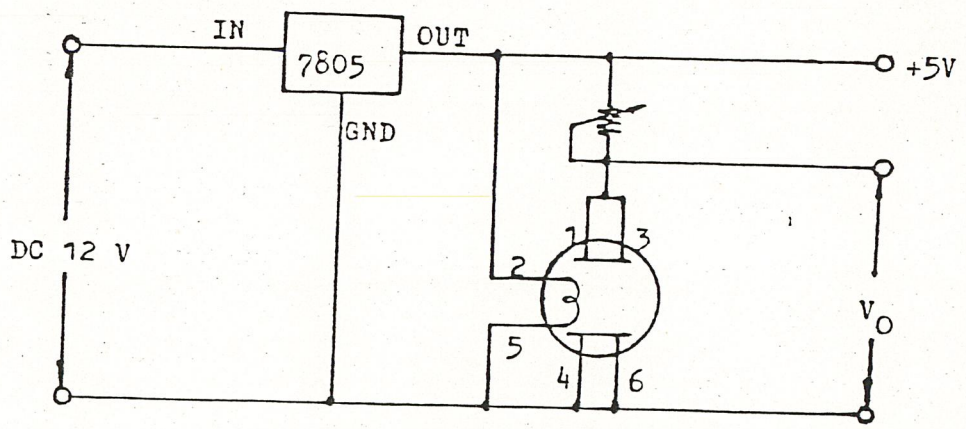
ภาคตรวจจับ

วงจรภาคตรวจจับ ประกอบด้วย ไอซี เรคกูเลท (I.C. Regurate) ตัวแก๊สเซนเซอร์ (Gas Sensor) ตัวความต้านทานปรับค่าได้

ในการใช้งานนั้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ประกอบกับวงจรภาคส่งต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ต้องการ จึงนำเอาแรงดันที่ตกคร่อมตัวแก๊สเซนเซอร์เป็นแรงดันสำหรับการนำไปเปรียบเทียบต่อไป

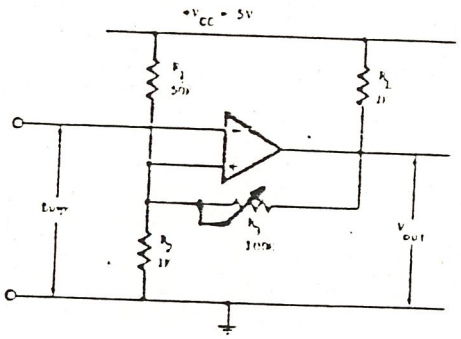
สำหรับความต้านทานที่ปรับค่าได้ ก็เพื่อให้สามารถเปลี่ยนแปลงใช้ได้ กับการดักจับแก๊สแต่ละชนิด ตามคุณสมบัติของตัวแก๊สเซนเซอร์

ส่วน ไอซี เรกูเลท ก็เพื่อป้อนไฟเลี้ยงขคลวดความร้อนให้คงที่ เพื่อให้การทำงานของแก๊สเซนเซอร์ดีขึ้นและเชื่อถือได้สูงนอกจากนี้ยังทำให้เวลาที่ใช้ในการทำให้ค่าความนำทางไฟฟ้าของตัวจับแก๊สที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากได้รับแก๊สกับมีค่าความนำทางไฟฟ้าเหมือนอยู่ในสภาพแก๊สปกติเมื่อควันหรือแก๊สนั้นหมดไปได้เร็วขึ้น เราก็สามารถใช้งานอีกครั้งหนึ่งติดต่อกันไป



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรภาคตรวจจับแก๊ส

ภาคเปรียบเทียบแรงดันแบบป้อนกลับเพิ่มกำลัง



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบป้อนกลับเพิ่มกำลัง

รูปที่ 3.6 แสดงวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบป้อนกลับเพิ่มกำลัง จากรูปไอซีโวทล์เตจคอมพาราเตอร์ (I.C. Voltage Comparator) จะประกอบวงจรในลักษณะของวงจรเปรียบเทียบแรงดันกลับเฟสแบบมี ฮีทเทอร์รีซีส (Hysteresis) ซึ่งจะทำให้แรงดันเข้า (Input Voltage : Vin) มีค่ากลับกันกับแรงดันออก (Output Voltage : Vo) โดยแรงดันอ้างอิงซึ่งเป็นจุดที่วงจรเปรียบเทียบมีการเปลี่ยนสถานะจะมีค่า 2 ค่า ขึ้นอยู่กับแรงดันเข้าที่มีค่ามากหรือน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง ในค่าใดค่าหนึ่ง ซึ่งแรงดันอ้างอิงได้จากการป้อนกลับแบบเพิ่มกำลังจากทางด้านแรงดันออกนั่นเอง

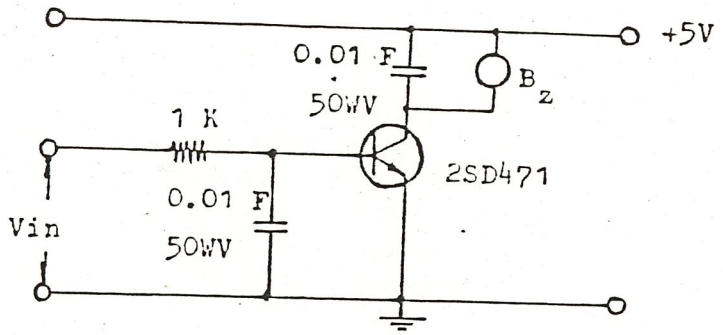
แรงดันเข้าได้มาจากแรงดันที่ตกคร่อมตัวแก๊สเซ็นเซอร์ ซึ่งในสภาพปกติแล้วจะมีค่าแรงดันสูงมาก ทำให้แรงดันออกของวงจรเปรียบเทียบมีค่าแรงดันต่ำ ประมาณแรงดันต่ำสุดของตัว ไอซี (ประมาณ 0 โวลท์)

เมื่อมีแก๊สปกคลุมตัวแก๊สเซ็นเซอร์ จะทำให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวแก๊สเซ็นเซอร์ ต่ำลงมากจนมีค่าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงที่ค่าต่ำ เป็นผลให้ที่ค่าออกเปลี่ยนสถานะ มีค่าประมาณแรงดันสูงสุดของตัว ไอซีโวลท์เตจคอมพาราเตอร์ (Vcc 5 โวลท์)

ภาคสัญญาณเตือน

จากรูปที่ 3.7 การทำงานของอิเลคทรอนิคบัซเซอร์ (Electronic Buzzer) จะทำการส่งเสียงที่มีความถี่คงที่ออกมา โดยต้องขึ้นอยู่กับทรานซิสเตอร์ที่มีการทำงานหรือไม่ ถ้าทรานซิสเตอร์

ไม่ทำงานจะเป็นเสมือนความต้านทานที่มีค่าสูงมากมาต่ออนุกรม ทำให้บัซเซอร์มีแรงดันตกคร่อมไม่เพียงพอ จึงไม่ส่งเสียงออกมา

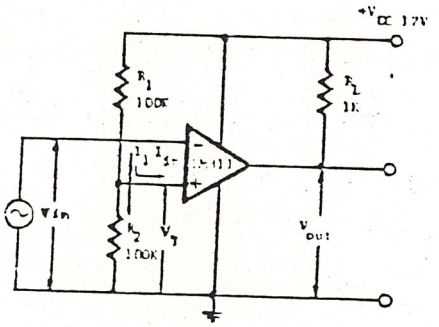


รูปที่ 3.7 วงจรแสดงภาคสัญญาณเตือน

ในสภาพปกติแรงดันเข้ามีค่าต่ำประมาณ 0 โวลท์ (เพราะไอซีคอมพาราเตอร์) จึงทำให้แรง ดันไบอัส (Bias Voltage) ไม่พอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้

เมื่อแรงดันเข้ามีค่าสูงก็จะทำให้มีไบอัสเพียงพอให้ทรานดิวเซอร์ทำงานได้ บัซเซอร์ก็จะส่งเสียงออกมาได้

<u>ภาคเปรียบเทียบแรงดันแบบมีแรงดันอ้างอิงธรรมดา</u>



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรภาคเปรียบเทียบแรงดันแบบมีแรงดันอ้างอิงธรรมดา

จากรูป ไอซีคอมพาราเตอร์ ประกอบเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันกลับเฟส ที่มีแรงดันอ้าง อิงโดยไม่มีการป้อนกลับเพิ่มกำลัง ดังนั้นจึงมีแรงดันอ้างอิงที่มีค่าคงที่ เพียงค่าเดียว

ดังนั้น เมื่อแรงดันเข้ามีค่าต่ำกว่าแรงดันอ้างอิง แรงดันออกจะมีค่าสูงประมาณแรงดันสูงสุดของตัวไอซี

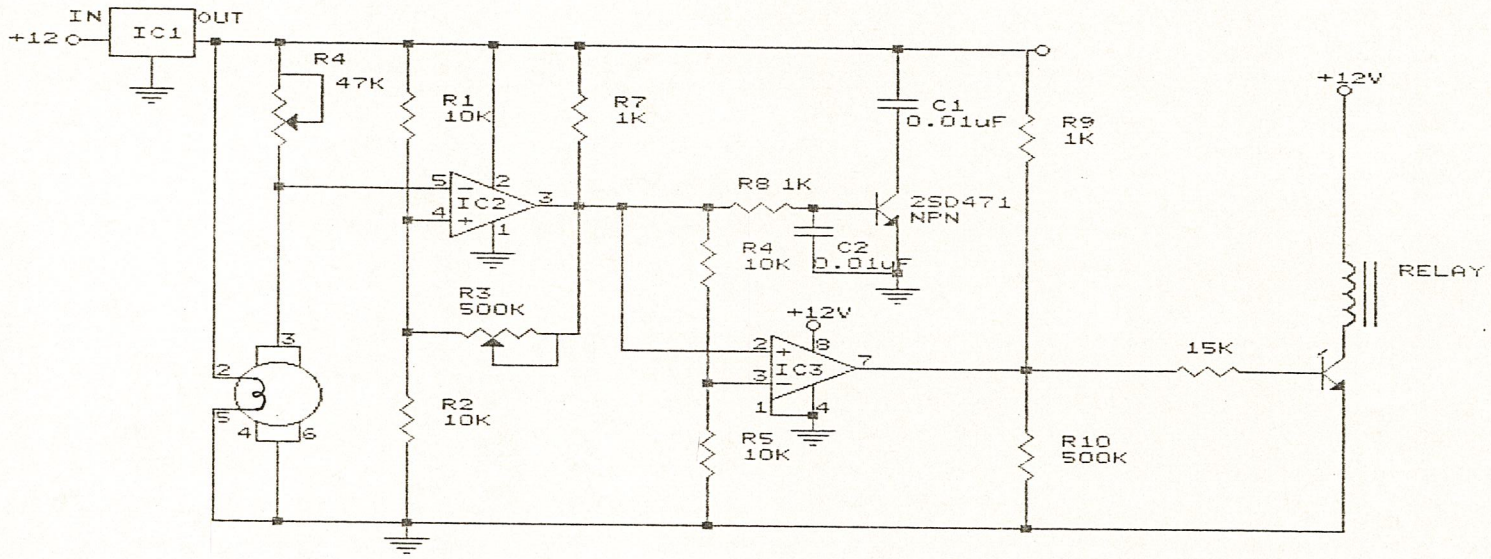
ในทางตรงกันข้าม แรงดันเข้าเมื่อมีค่าสูงกว่าแรงดันอ้างอิง แรงดันออกจะมีค่าต่ำประมาณ แรงดันต่ำสุดของตัวไอซี (ประมาณ 0 โวลท์)

จากภาคต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2.1 ทั้งหมด เป็นส่วนประกอบของเครื่องตรวจจับแก๊ส วงจรย่อยเหล่านั้นจะนำมาประกอบรวมกันเป็นวงจรของเครื่องตรวจจับแก๊ส ดังรูปที่ 3.9

การทำงานของวงจรทั้งหมด เริ่มจากตัวแก๊สเซ็นเซอร์ โดยมี ไอซี เรกูเลท เป็นตัวลดแรงดันของไฟเลี้ยง 12 โวลท์ เหลือเพียง 4 โวลท์ ให้กับวงจรและขดลวดความร้อนของตัวแก๊สเซ็นเซอร์เพื่อขับไล่ความชื้น และแก๊สที่ตกค้างอยู่ในตัวแก๊สเซ็นเซอร์ออกให้หมด ตัวแก๊สเซ็นเซอร์ก็จะอยู่ใน สภาพที่พร้อมจะใช้งาน

ในสภาวะปกติ คือ ไม่มีแก๊สหรือไอของสารบางชนิดอยู่ในตัวแก๊สเซ็นเซอร์ ความต้านทานของแก๊สเซ็นเซอร์ จะมีค่าสูงมากคงที่ค่าหนึ่ง ทำให้แรงดันตกคร่อมมากกว่าแรงดันอ้างอิงที่เราตั้งไว้ที่ขาสัญญาณ (+) ของไอซี 2 ทำให้แรงดันออกของไอซี 2 มีแรงดันประมาณ 0 โวลท์ ทำให้วงจรดึงกระแสทางเอาท์พุท เป็นผลให้แรงดันไบอัสไม่เพียงพอให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ บัซเซอร์ ก็จะไม่ส่งเสียงเตือน ในขณะเดียวกันแรงดันออกของไอซี 2 ซึ่งมีค่าต่ำกว่านี้ จะต่ำกว่าแรงดันอ้าง อิงของไอซี 3 ทำให้แรงดันออกของไอซี 3 มีค่าสูงประมาณแรงดันสูงสุดของตัวไอซี 3

เมื่อมีแก๊สหรือไอบางชนิด เข้าไปอยู่ในตัวแก๊สเซ็นเซอร์ ไปทำปฏิกิริยากับกึ่งตัวนำ ทำให้ความต้านทานของแก๊สเซ็นเซอร์ลดลงอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้แรงดันตกคร่อมตัวแก๊สเซ็นเซอร์ลดลงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความต้านทานปรับค่าได้ (ที่เราตั้งเอาไว้ ให้มีผลต่อแก๊สแต่ละชนิดตามคุณสมบัติ ของตัวแก๊สเซ็นเซอร์) จนกระทั่งแรงดันตกคร่อมตัวแก๊สเซ็นเซอร์ มีค่าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงที่จุดต่ำที่เราตั้งเอาไว้ ทำให้แรงดันออกของไอซี 2 เปลี่ยนสถานะไปเป็นแรงดันที่มีค่าสูงประมาณแรงดันสูงสุดของไอซี 2 เป็นผลให้มีแรงดันไบอัสไปจ่ายให้กับทรานซิสเตอร์ให้ทำงานได้ ทำให้บัซเซอร์มีแรงดันเพิ่มขึ้นเพียงพอ ให้ส่งเสียงเตือนออกมาได้ และในขณะเดียวกัน เนื่องจากแรง ดันออกของไอซี 3 ทำให้แรงดันออกของไอซี 3 มีค่าต่ำประมาณแรงดันสูงสุดของไอซี 3 คือประมาณ 0 โวลท์ เพื่อนำไปเป็นสัญญาณให้กับระบบเตือนภัยต่อไป



IC1 : μA 7805

IC2 : M 51204L

IC3 : LM 311

รูปที่ 3.9 วงจรเครื่องตรวจจับแก๊ส

2. <u>การติดตั้งเครื่องตรวจจับแก๊ส</u>

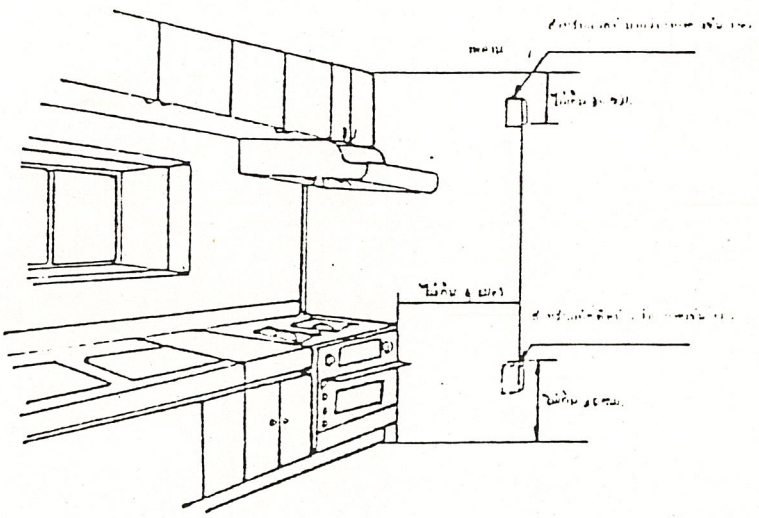
การติดตั้งเครื่องตรวจจับแก๊ส ต้องคำนึงถึงอาคาร สถานที่ และตำแหน่งที่จะติดตั้งเครื่องตรวจจับแก๊ส เพราะถึงเครื่องตรวจจับแก๊สจะมีประสิทธิภาพดีอย่างไรก็ตาม แต่การติดตั้งไม่ดีก็จะให้ประสิทธิภาพในการเตือนภัยลดต่ำลง ฉนั้นการติดตั้งเครื่องตรวจจับแก๊สจึงถือได้ว่า มีความสำคัญต่อระบบตรวจจับแก๊สเช่นกัน

การติดตั้งเครื่องตรวจจับแก๊สนั้น ต้องขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งานด้วยว่า เราจะใช้เตือนภัยแก๊สรั่ว หรือเตือนภัยเมื่อเกิดไฟไหม้

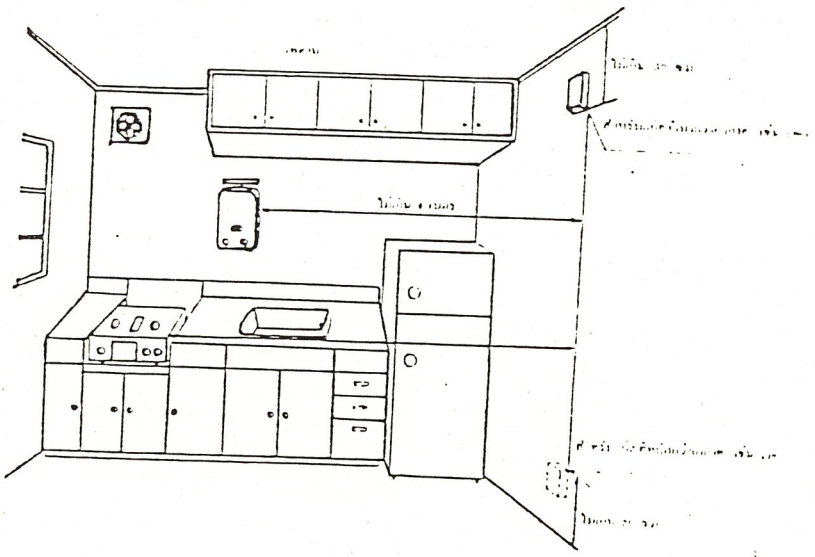
ในกรณีที่ใช้เตือนภัยแก๊สรั่ว เช่นการติดตั้งเครื่องตรวจจับแก๊สในครัวนั้น ระยะห่างระหว่างเครื่องตรวจจับแก๊สกับเตาแก๊สไม่ควรเกิน 4 เมตร สูงสุด และในกรณีเป็นประเภทหนักกว่าอากาศ เช่น LPG (แก๊สที่ใช้หุงต้มทั่วไป) ก็ควรติดตั้งเครื่องตรวจจับแก๊สสูงจากพื้นไม่เกิน 30 เซนติเมตร เช่นกัน แสดงได้ดังรูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11

LPG = Liquified Petrolium Gas

LNG = Liquified Natural Gas

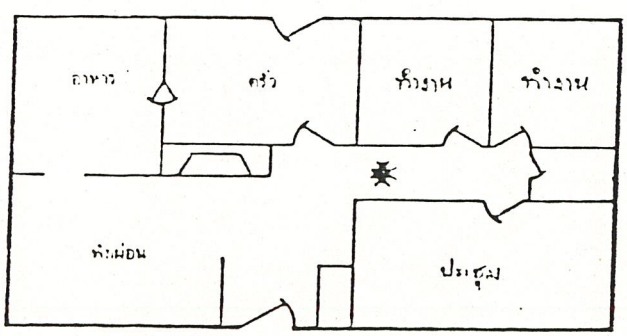


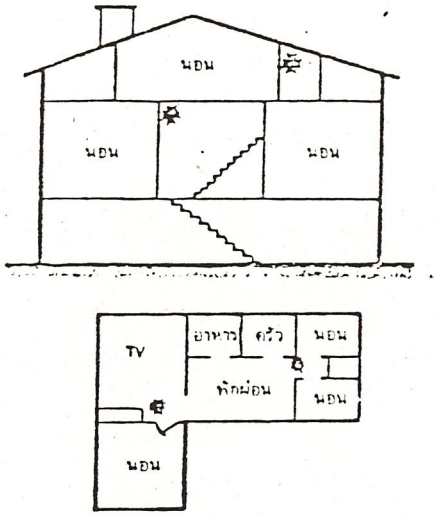
รูปที่ 3.10



รูปที่ 3.11

ในกรณีที่ใช้เตือนภัยเมื่อเกิดไฟไหม้ ในอาคารทั่วไป สำหรับระดับการเตือนภัยที่ดีที่สุด ควรติดตั้งเครื่องตรวจจับแก๊ส ที่บริเวณช่องทางเดินที่อยู่ระหว่างห้องต่างๆ และที่บริเวณฝ้าเพดานเหนือช่องบันได บริเวณอื่นๆที่ควรติดตั้งเพิ่มเติมต่อไปคือ ในห้องต่างๆ เช่น ห้องทำงาน ห้องประชุม ห้องโถง ห้องอาหาร ห้องพักผ่อน โรงรถ ฯลฯ ในการติดตั้งเครื่องไว้ที่ฝ้าเพดานบริเวณกลางห้อง หรือใกล้เคียงควรติดห่างจากผนังห้องอย่างน้อย 15 ซม. ส่วนกรณีที่ติดตั้งเครื่องไว้ที่ฝาผนังห้องควรติดให้ต่ำลงมาจากฝ้าเพดานอย่างน้อย 15 ซม. แต่ไม่ควรติดให้ต่ำลงมาจากฝ้าเพดานเดิน 30 ซม.และควรติดตั้งเครื่องให้ห่างจากมุมห้องอย่างน้อย 30 ซม. แสดงได้ดังรูปที่ 3.12





รูปที่ 3.12 แบบแปลนและสถานที่ติดตั้งเครื่อง

3.3 ตัวตรวจจับสัญญาณด้วยแสงอินฟาเรด

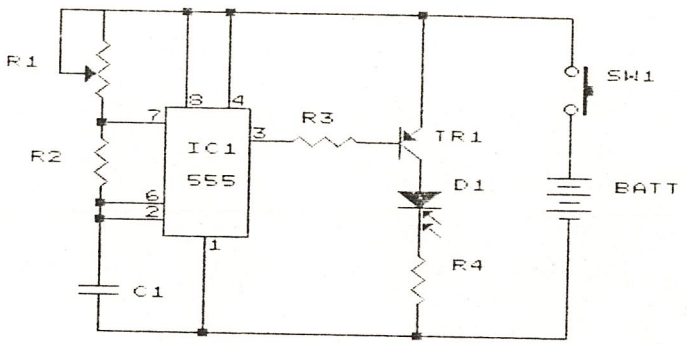
1. <u>การคำนวณและการสร้าง</u>

เนื่องจากในการสร้างนี้ เราได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนภาคส่งสัญญาณและภาครับ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ การทำงานของวงจรการบังคับด้วยแสงอินฟาเรด

1.1 วงจรภาคส่ง

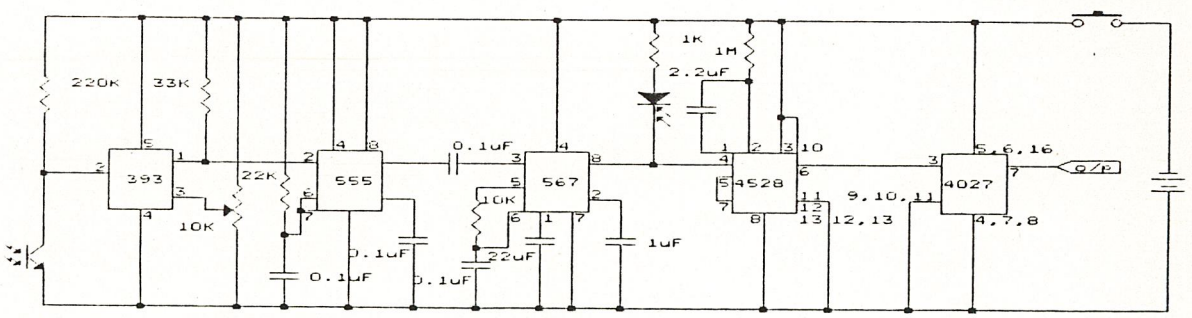
ภาคส่งนั้น วงจรแสดงได้ดังรูปที่ 3.13 ซึ่งในภาคนี้มี ไอซี 555 เป็นหัวใจของการทำงาน กล่าวคือ จะทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดความถี่ออกมา ในที่นี้เราสามารถกำหนดความถี่ได้ โดยความต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งทำให้สามารถกำหนดความถี่ที่ใช้ได้ ซึ่งความถี่ที่ผ่าน ไอซี เบอร์ 555 ที่ต่อเป็นแบบวงจร อะสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์ ที่จะให้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมออกมา ป้อนให้แก่ตัว

ส่งอินฟาเรด แอลอีดี ทำให้แอล อีดี มีการส่งแสงตามสัญญาณความถี่ของพัลส์ แวส่งผ่านอากาศไปยังภาครับต่อไป



รูปที่ 3.13 วงจรภาคส่ง

1.2 วงจรภาครับ



รูปที่ 3.14 วงจรภาครับ

จากรูปที่ 3.14 เมื่อรับแสงอินฟาเรดที่ผสมกันกับความถี่พัลส์ แล้วส่งมายังภาครับที่ โฟโต้ ทรานซิสเตอร์ จะดีเทคแสงอินฟาเรดออกเป็นความถี่พัลส์ โดยกระแสที่ โฟโต้ ทรานซิสเตอร์ จะไหลและหยุดไหล ตามความถี่ที่เข้ามา แต่เนื่องจากสัญญาณที่ดีเทคได้ ไม่ได้เป็น square wave ตามที่ภาคส่งส่งมา จึงต้องนำสัญญาณไปผ่านส่วนของ ไอซี 393 ซึ่งทำงานเป็น op-amp comparator ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบ แรงดันที่ขา 2 และขา 3 ซึ่งที่ขา 3 เราจะตั้งค่า แรงดันไว้เป็นตัวเปรียบเทียบ โดยจะมีค่าอยู่ระหว่างกลางของแรงดันสูงสุดและต่ำสุด ซึ่งเอาท์พุทที่ได้ออกมา ก็จะมีความสวยงามเป็นลูกคลื่นมากยิ่งขึ้น สัญญาณที่ได้จะถูกนำไป ผ่าน ไอซี เบอร์ 555 ที่ทำหน้าที่เป็น ไอซีสำเร็จรูป ในการสร้าง clock แบบ โมโนสเตเบิ้ล โดยจะปล่อยออกมา 1 ครั้ง เมื่อมีการสวิทช์ 1 ครั้งที่ขาอินพุท clock ที่ได้จากไอซีเบอร์ 555 ก็จะมีความแม่นยำมากขึ้น และเราก็จะนำไปผ่านส่วนของการถอดรหัส โดยใช้ไอซีเบอร์ 567 ที่ทำงานเป็น โทน ดีโคดเดอร์ ซึ่งถ้าความถี่ที่รับมา ที่มาจากไอซี 555 ตรงกับความถี่ที่ตัวมันตั้งอยู่ภายใน ก็จะได้ลอจิก " 0 " แต่ถ้าไม่ตรงก็จะได้ลอจิก " 1 " โดยมี R_4 และ C_4 เป็นตัวปรับหาความถี่ของ โทน ดีโค๊ดเดอร์ ซึ่งลอจิก " 0 " นี้จะถูกส่งไปทริก ไอซี 4528 ซึ่งเป็น โมโน สเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์ จะสร้างพัลส์สำหรับป้อนให้อินพุท ให้ ไอซี 4027 ที่จะทำงานแบบ ที ฟลิบฟลอบต่อไป

บทที่ 4

โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS-51

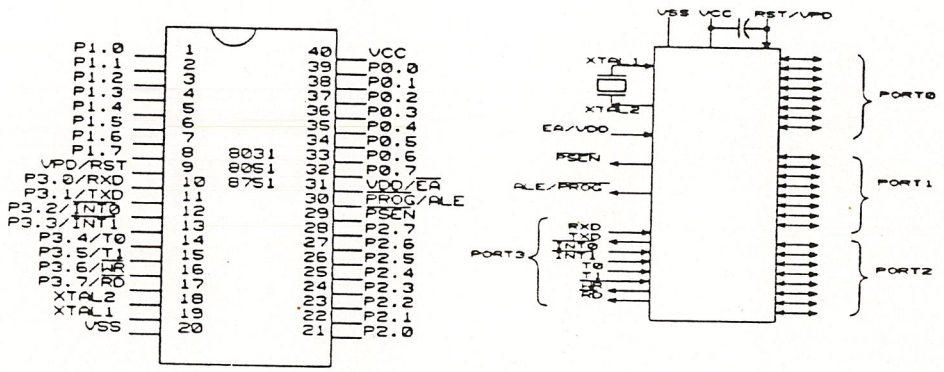
ลักษณะหลักทั่วๆ ไปของMCS-51 จะประกอบด้วย

1. ใช้ HMOS และ CHMOS เทคโนโลยีในการสร้างและทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟขนาด 5 V เพียงแหล่งเดียว
2. ซีพียูมีขนาดคำ 8 บิต
3. มีวงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรนาฬิกาบนชิป
4. ชุดแบงค์ (BANK) เรจิสเตอร์มี 4 ชุด แต่ละชุดมีเรจิสเตอร์ 8 ตัว งานเช่นเดียวกับ MCS-48
5. มีตัวจับเวลา/ตัวนับขนาด 16 บิต 2 ชุด และสำหรับเบอร์ 8032/8052 มี 3 ชุด
6. มีพอร์ตไอโอแบบขนานสองทิศทางจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต รวมทั้งหมดเป็น 32 เส้น แต่จะเหลือเพียง 16 เส้น สำหรับเบอร์ 8031 อีก 16 เส้น จะใช้ในการเข้าถึงทางแอดเดรสและข้อมูล
7. พอร์ตแบบอนุกรมสามารถที่จะโปรแกรมการรับส่ง แบบ Full Duplex ที่ความเร็วสูง
8. หนึ่งวัฏจักรคำสั่งจะกินเวลา 1 ไมโครวินาที ด้วยการใช้คริสตัล 12 เม็กกะเฮิรตซ์
9. แอดเดรสข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
10. แอดเดรสโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
11. สามารถกำหนดเลขที่อยู่ข้อมูลขนาดไบต์หรือ บิตได้โดยตรง
12. มีซอฟต์แวร์บิตแฟลกสำหรับผู้ใช้ที่จะกำหนดเองได้ถึง 128 ตำแหน่งบิต
13. โครงสร้างอินเตอร์รัพต์จะติดตั้งได้ถึง 5 แหล่ง ละ 6 แหล่ง สำหรับ 8032/8052 พร้อมด้วยการจัดไพรโอริตี้ได้ 2 ระดับ
14. ตัวโพรเซสเซอร์สามารถใช้งานแบบบูลีนได้ สำหรับการใช้กับกระบวนการงานควบคุม
15. มีคำสั่งคูณ และหารทางฮาร์ดแวร์ที่ทำได้ภายใน 4 ไมโครวินาที
16. ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ใช้ได้ทั้งระบบไบนารี และเดซิมัล
17. การใช้พื้นที่สแตกสำหรับโปรแกรมย่อยต่าง ๆ ทำได้กว้างกว่า MCS-48
18. ชุดคำสั่งของ MCS-51 จะมีความสามารถสูงกว่าคำสั่งของ MCS-48

4.1 การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51

รูปที่ 4-1 แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิป MCS-51 ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มการจัดขาตามสถาปัตยกรรมของMCS-51 อยู่ 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มขารับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และระบบสัญญาณนาฬิกา
2. กลุ่มขาแอดเดรสและข้อมูล
3. กลุ่มขาควบคุม
4. กลุ่มขาพอร์ตแบบขนานและอนุกรม



รูปที่ 4.1 แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิพ MCS-51

รายละเอียดหน้าที่ขาแต่ละขาจะมีดังนี้

ขา Vss (ขา 20) เป็นขาสำหรับต่อลงดิน

ขา Vcc (ขา 40) เป็นขาที่ต่อแรงดันไฟกระแสตรงขนาด 5 V และใช้สำหรับการโปรแกรม

ขา PORT 0 (P0.0-P0.7/ AD0-AD7) (ขา32-37)	ทำหน้าที่เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional สามารถที่จะรับโหลดทีทีแอลได้ 8 ตัว การเขียนค่า '1' ไปที่พอร์ตนี้ จะเป็นการปล่อยลอย (Float) ขาของพอร์ตนี้ ทำให้มันทำงานเป็นอินพุต มีสถานะอิมพีแดนซ์สูง
ขา PORT 1 (P1.0-P1.7) (ขา1-8)	เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional พร้อมด้วยการพูลอัพภายใน ถ้าเป็นพอร์ตเอาต์พุต บัฟเฟอร์สามารถขับโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสไอได้ 4 ตัว พอร์ต 1 เมื่อถูกเขียนค่า '1' ด้วยโปรแกรมมันจะมีสถานะสูงด้วยการพูลอัพภายใน
ขา PORT 2 (P2.0-P2.7) ขา 21-28)	เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional ด้วยการพูลอัพภายใน พอร์ต 2 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เอาต์พุต สามารถจ่ายโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว อีกหน้าที่หนึ่งของพอร์ต จะถูกใช้งานเป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์สูงด้วย เมื่อใช้งาน ร่วมกับหน่วยความจำภายนอกเพื่อให้แอดเดรสได้ถึง 16 บิต
ขา PORT 3 (P3.0-P3.7) (ขา 10-17)	เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบพูลอัพภายใน นอกจากทำเป็นพอร์ตไอโอที่สามารถรับโหลดทีทีแอล พวกตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว แล้วยังมีอีกหน้าที่หนึ่งของตระกูล MCS-51 ตามรายการข้างล่างนี้ด้วย

ขาพอร์ต	ขา	การทำงานตามฟังก์ชั่นพิเศษ
P3.0	10	RxD พอร์ตอนุกรมอินพุต
P3.1	11	TxD พอร์ตอนุกรมเอาต์พุต
P3.2	12	INT0 อินเตอร์รัพต์ภายนอกตัวที่ 1
P3.4	13	INT1 อินเตอร์รัพต์ภายนอกตัวที่ 2
P3.5	14	T0 สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวจับเวลา/ตัวนับ 0
P3.6	15	T1 สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวจับเวลา/ตัวนับ 1

P3.7 16 WR สัญญาณควบคุมการเขียน

P3.8 17 RD สัญญาณควบคุมการอ่าน

การที่จะให้ทำงานตามฟังก์ชั่นข้างบนได้ จะต้องติดตั้งโปรแกรมด้วย การส่งค่า'1'ไปแลทช์ไว้ก่อนที่ให้ทำงานตามฟังก์ชั่นข้างบน

ขา RST (ขา 9)

ต้องคงสถานะค่าสูงเป็นเวลาประมาณอย่างน้อย สองวัฏจักรระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ทำงานขณะที่ต้องการรีเซตทั้งระบบงาน โดยจะต่อรีซิสเตอร์พูลดาวน์ (8.2 กิโลโอมห์) จากขา RST ไปลงดิน

ขา ALE/PROG (ขา 30)

เป็นขาแอดเดรสแลทช์อีนาเบิ้ลด้วยการส่งพัลส์ออกไปใช้สำหรับแลทช์ค่า แอดเดรสไบต์ต่ำจากพอร์ต 0 ในระหว่างการเข้าถึงข้อมูลจากหน่วยความจำภายใจ ALE จะถูกส่งสัญญาณนาฬิกาออกมา ในอัตราความเร็วคงที่ ที่ 1/8 ของความถี่ออสซิเลเตอร์ตลอดเวลา

ขา PSEN (ขา 29)

Program Storage Enable เป็นสโตรบอ่านข้อมูลจากโปรแกรมหน่วยความจำภายนอกเมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมภายนอก ขา PSEN จะสร้างสโตรบต่ำสองครั้งภายในแต่ละวัฏจักรแมชชีน สัญญาณจะมีสถานะสูงหรือพัลส์ต่ำทั้งสองลูกจะหายไป เมื่อทำงานในช่วงการอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก และ PSEN จะไม่มีพัลส์ส่งออก ถ้าชิปทำงานด้วย โปรแกรมหน่วยความจำภายใน

ขา EA/Vpp (ขา 31)

มีสถานะสูง ตัวซีพียูในชิปจะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายใน (โดยที่โปรแกรมจะต้องไม่ยาวกว่า 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 AH และ 8 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 AH) การทำให้ EA มีสถานะต่ำจะเป็นการควบคุมให้ซีพียูทำงานตามโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก ซึ่งขยายโปรแกรมได้ยาวถึง

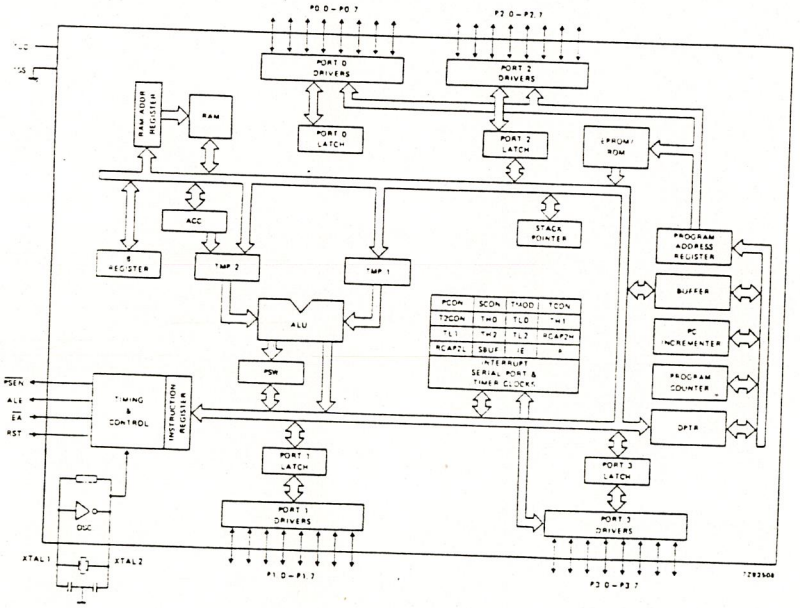
64 กิโลไบต์

ขา XTAL1 (ขา 19) ใช้เป็นตัวอินพุตเข้าสู่ตัวออสซิเลเตอร์ขยายแบบ Invert

ขา XTAL2 (ขา 18) ใช้เป็นตัวเอาต์พุตเข้าสู่ตัวออสซิเลเตอร์ขยายแบบ Invert

4.2 การจัดการทางสถาปัตยกรรม

รูปที่ 4-2 เป็นบล็อกไดอะแกรมที่แบ่งตามลักษณะงานทางสถาปัตยกรรมภายใน MCS-51 โดยชิงเกิลชิปแต่ละตัวของตระกูลนี้จะประกอบด้วยหน่วยศูนย์กลางประมวลผลหน่วยความจำสองชนิด คือ แบบ RAM กับ ROM หรือ EPROM พอร์ตเอาต์พุต อินพุต โหมดเรจิสเตอร์สถานะและข้อมูล ส่วนวงจรตรรกในการ RANDOM ที่จำเป็นสำหรับตัวแปรของฟังก์ชั่นการต่อพ่วงส่วนต่างๆ ที่กล่าวนี้จะติดต่อกันด้วยบัสข้อมูลขนาด 8 บิต และจะมีบัฟเฟอร์สำหรับการติดต่อข้อมูล กับภายนอกผ่านพอร์ตไอโอ เมื่อต้องการขยายหน่วยความจำหรือพอร์ตไอโอ



รูปที่ 4.2 แสดง BLOCKDIAGRAM

4.3 หน่วยศูนย์กลางประมวลผลหรือซีพียู

ซีพียูเป็นมันสมองของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ การอ่านโปรแกรม และทำงานตามคำสั่งโปรแกรมจะกระทำที่ส่วนนี้ โดยการใช้ส่วนคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์ทำงานร่วมกับเรจิสเตอร์ A,B,PSW(Program Status Word) , SP (Stack Pointer) ตัวนับโปรแกรม (PC:Program Conter) ขนาด 16 บิต และตัวชี้ตำแหน่งข้อมูล (DPTR:DataPointer) ส่วนคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ (ALU:Arithmetic Logic Unit) ALU นี้ทำงานในฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ด้วยตัวแปรต่างๆ ขนาด 8 บิต ที่มีลักษณะการทำงานทางคณิตศาสตร์เป็น บวก ลบ คูณ หาร รวมทั้งทางตรรกศาสตร์ เช่น AND OR XOR รวมทั้งการเลื่อนและวนรอบบิต การเคลียร์ค่าและกลับค่า (Complement)เป็นต้น

สิ่งสำคัญในการทำงานทางสถาปัตยกรรมของ MCS-51 คือ ความสามารถในการทำงานสำหรับข้อมูลขนาด 8 บิตและ 1 บิต การใช้งานในระดับบิตในการเซต เคลียร์ หรือกลับค่า การเคลื่อนย้าย การทดสอบ และใช้ในการคำนวณทางตรรกขนาด 1 บิต ความสามารถเช่นนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานควบคุมของสัญญาณเข้าและออกที่มีการคิดและออกแบบทางตรรกด้วยพีชคณิต Boolean ซึ่งโดยปกติทำได้ลำบากสำหรับไมโครโพสเซสเซอร์ทั่วๆไป งานในลักษณะเช่นนี้จึงได้ชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า ตัวประมวลผลบูลีน (Boolean Processor)

4.3.1 แอกคูมิวเตอร์ (Accumulator : ACC)

MCS-51 ก็เช่นเดียวกับ MCS-48 ที่ใช้ ACC ที่มีขนาด 8 บิต ตัว ACC ยังสามารถใช้เป็นตัวแหล่งกระทำหรือถูกกระทำในการทำงานทางตรรกและใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกไอโอ และหน่วยความจำภายนอก รวมถึงการตรวจสอบตารางข้อมูล

4.3.2 เรจิสเตอร์ B

เป็นเรจิสเตอร์พิเศษที่ใช้งานสำหรับคำสั่งของการคูณและหารโดยใช้เป็นที่เก็บตัวคูณหรือตัวหารและที่เป็นที่เก็บผลลัพธ์ตัวที่สองหลังการคูณและเศษหลังการหาร

4.3.3 เรจิสเตอร์คำแสดงสถานะโปรแกรม (Program Status Word : PSW)

เรจิสเตอร์ PSW เป็นเรจิสเตอร์ที่แสดงผลที่แสดงผลที่ได้หลังจสกการใช้คำสั่งต่างๆ และใช้เป็นตัวเลือกกลุ่มการทำงานของเรจิสเตอร์กลุ่มต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4-1

(MSB)						(LSB)
CY	AC	F0	RS1	RS0	0V	P

สัญลักษณ์	ตำแหน่ง	ข้อกำหนดการทำงาน
CY	PSW7	แฟลกตัวทด จะเซต/เคลียร์ด้วยฮาร์แวร์หรือซอฟต์แร์ ระหว่างผลลัพธ์ หลักการใช้คำสั่งทางคณิตศาสตร์ หรือ ตรรกศาสตร์ที่แน่นอน
AC	PSW6	แฟลกตัวทดของ Auxiliary จะเซต/เคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์ ระหว่างการบวกและลบ ที่แสดงผลจากการทดหรือยืมจากบิตที่ 3 ของ ACC
F0	PSW5	แฟลก 0 จะ เซต/เคลียร์ ด้วยซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้กำหนดสถานะแฟลกนี้เอง
RS1	PSW4	เรจิสเตอร์ตัวควบคุมการเลือกแบงค์ด้วยค่า RS1 และ RS0
RS2	PSW3	จะเซต/เคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ เพื่อเลือกกลุ่มเรจิสเตอร์ทำงานในแต่ละแบงค์ โดยปรับค่าใน RS1 และ RS0 ให้ดีนาเบิลคลุมลักษณะการเลือกแบงค์ต่อไปนี้
0V	PSW2	แฟลก Overflow จะเซต/เคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์ระหว่างการใช้คำสั่งที่แสดงผลถึงการเกิดลักษณะ Overflow ทางคณิตศาสตร์
-	PSW1	บิตสำรอง จะไม่สามารถเซต/เคลียร์ด้วยผู้ใช้ เพราะสำรองไว้สำหรับโรงงานผู้สร้าง
P	PSW0	แฟลกพาริตี้ จะเซต/เคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์ในแต่ละวัฏจักรคำสั่ง แสดงถึงตัวเลขค่า'1'ในแต่ละบิตของแอกคูมิวเลเตอร์ เช่น '1' มี 6 ตัวจะเป็นพาริตี้คู่ P บิตจะเท่ากับ 0

RS1	RS0	เลือกแบงค์	ค่าแอดเดรส
0	0	แบงค์ 0	00H-07H
0	1	แบงค์ 1	08H-0FH
1	0	แบงค์ 2	10H-17H
1	1	แบงค์ 3	18H-1FH

ตารางที่ 4-1 เรจิสเตอร์คำแสดงสถานะโปรแกรม

4.3.4 ตัวชี้สแตก (Stack Pointer : SP)

MCS-51 จะใช้ RAM ภายในเป็นบริเวณสแตกทางฮาร์แวร์สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมหลัก สแตกการผ่านพารามิเตอร์ระหว่างงานในแต่ละส่วน โปรแกรมและสแตกเก็บตัวแปรข้อมูลชั่วคราว หรือสแตกการเก็บสถานะระหว่างการบริการงานอินเตอร์รัพต์ไว้ ภายในชิป โดยที่ SP จะมีขนาด 8 บิต จะเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติก่อนที่ข้อมูลจะนำมาเก็บในหน่วยความจำระหว่างการใช้คำสั่ง PUSH และ CALL และจะลดค่าของ SP ลงหลังจากที่ได้ถ่ายเทข้อมูลออกไปแล้ว ในคำสั่ง POP หรือ RETURN

4.3.5 ตัวชี้ข้อมูล (Data Pointer : DPTR)

DPTR เรจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ที่ประกอบด้วยไบต์สูง (DPH) และไบต์ต่ำ (DPL) ที่สามารถเลือกแบ่งออกเป็น เรจิสเตอร์ 8 บิตสองตัวที่ใช้ได้อย่างอิสระ หรือจะใช้รวมกันทั้ง 16 บิตก็ได้ ในการ Increment หรือ Decrement เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นฐานของเลขที่อยู่ในเรจิสเตอร์ในการกระโดด โดยทางอ้อมในการใช้คำสั่งเกี่ยวกับตารางข้อมูล และชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก

4.3.6 พอร์ต 0 ถึง 3

เรจิสเตอร์ P0,P1,P2และP3ของกลุ่มเรจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register : SFR) จะเป็นตัวเรจิสเตอร์ที่แลทช์ค่าของพอร์ต 0,1,2,3 ตามลำดับ ในขณะใช้งาน

4.3.7 บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer : SBUF)

บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรมแบ่งออกเป็นเรจิสเตอร์สองตัว ตัวหนึ่งเป็นบัฟเฟอร์การส่งและอีกตัวเป็นบัฟเฟอร์การรับ เมื่อข้อมูลถ่ายเทเข้า SBUF มันจะถ่ายเข้าบัฟเฟอร์ส่งซึ่งเป็นตัวจักการส่งข้อมูลอนุกรม วิธีการเคลื่อนย้ายเข้า SBUF ขึ้นอยู่กับการติดตั้งโปรแกรมการส่งเมื่อข้อมูลย้ายออกจาก SBUF จะเป็นการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์ตัวรับ

4.3.8 เรจิสเตอร์ CAPTURE

ไอซีเบอร์ 8032/8052 จะมีคู่เรจิสเตอร์ (RCAP2H,RCAP2L)เพิ่มเติมเป็นเรจิสเตอร์เค็ปเจอร์สำหรับตัวจับเวลา 2 ในโหมดการใช้งานของเรจิสเตอร์ตัวนี้ จะรับการเปลี่ยนแปลงที่เข้ามาที่ขา T2EX ตัว TH2 และ TL2 จะลอกข้อมูลเข้าไปในเรจิสเตอร์คู่ RCAP2H และ RCAP2L ด้วย การใช้ตัวจับเวลา จะมีโหมดการบรรจุอัตโนมัติขนาด 16 บิต สำหรับการใช้ตัวจับเวลา/ตัวนับ 2

4.3.9 เรจิสเตอร์ควบคุม (Control Register)

กลุ่ม SFR ที่เป็น IP,IE,TMOD,TCON,T2CON,SCON และ PCON จะประกอบด้วยบิตที่ใช้ในการควบคุม และแสดงสถานะของการใช้งานในระบบอินเตอร์รัพต์ ตัวจับเวลา /ตัวนับและพอร์ต่อนุกรม

4.4 การจัดการหน่วยความจำ

ตัว MCS-51 จะแยกแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำของโปรแกรม และหน่วยความจำของข้อมูลออกจากกัน หน่วยของจำของโปรแกรมขยายได้ถึง 64 กิโลไบต์ และจำนวนไบต์ต่ำ 4 กิโลไบต์จะอยู่ใน 8051 หน่วยความจำของข้อมูลภายในมี 128 ไบต์ บนชิป และอีก 128 ไบต์ใช้สำหรับเรจิเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special function Register :SFR) และเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้อีก 64 กิโลไบต์

4.5 โครงสร้างพอร์ตและการทำงาน

ใน MCS-51 มีพอร์ต 4 พอร์ต และทั้งสี่พอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง แต่ละพอร์ตจะประกอบด้วยแลทช์เป็น P0 ถึง P3 ของ SFR จะมีตัวขับเอาต์พุตและบัฟเฟอร์อินพุต ตัวขับเอาต์พุตของพอร์ต 0 และ 2 และบัฟเฟอร์อินพุตของพอร์ต 0 จะใช้งานสำหรับการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอก ในการใช้งานลักษณะนี้เอาต์พุตพอร์ต 0 จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดไบต์ต่ำของแอดเดรสหน่วยความจำภายนอก โดยที่ค่าแอดเดรส และค่าข้อมูลจะถูกมัลติเพลกซ์ด้วยช่วงจังหวะการแฟกซ์และการอ่านหรือเขียนข้อมูล ส่วนเอาต์พุต2 จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดส่งไบต์สูงของแอดเดรส ในการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอกบางขาของตัวขับเอาต์พุต และบัฟเฟอร์ อินพุตของขา 1.0,1.1 และพอร์ต 3 ทั้งหมดสามารถนำไปใช้งานเป็นแบบหลายฟังก์ชั่นได้ดังนี้

ขาพอร์ต	การใช้งานตามฟังก์ชั่น
*P1.0	T2 (Timer/Counter2 สัญญาณอินพุตจากภายนอก)
*P1.1	T2RST (Timer/Counter2 สัญญาณอินพุตการรีเซตภายนอก)
P3.0	RxD (พอร์ตรับข้อมูลอนุกรม)
P3.1	TxD (พอร์ตส่งข้อมูลอนุกรม)
P3.2	INT0 (การใช้อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 1)
P3.3	INT1 (การใช้อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 2)

P3.4 T0 (Timer/Counter 0 สัญญาณอินพุตภายนอก)

P3.5 T1 (Timer/Counter 1 สัญญาณอินพุตภายนอก)

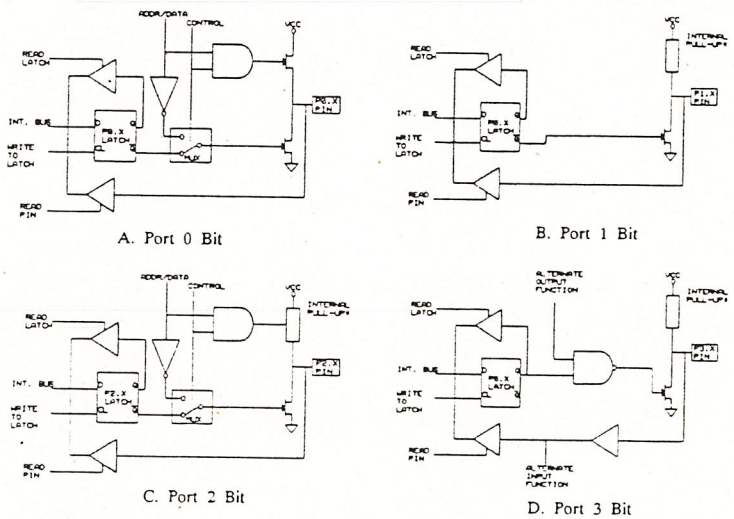
P3.6 WR (สโตรบการเขียนหน่วยความจำภายนอก)

P3.7 RD (สโตรบการอ่านหน่วยความจำภายนอก)

ตัวขับเอาต์พุตแลทช์ในการที่จะใช้ทำงานตามตารางบน จะต้องเริ่มโปรแกรมด้วยการเซตค่า '1' เก็บในแลทช์ก่อน

4.5.1 การกำหนดใช้งานไอโอ (I/O Configuration)

รูปที่ 4.3 เป็นพอร์ตวงจรการแลทช์และบัฟเฟอร์ แสดงรูปแบบของบิตแต่ละพอร์ต ที่พอร์ต 1,2 และ 3 จะมีพูลอัพภายใน พอร์ต 0 เอาต์พุตเป็น Open Drain แต่ละเส้นไอโอจะเป็นอิสระในการกำหนดเป็นอินพุตหรือเอาต์พุต พอร์ต 0 และ 2 อาจใช้เป็นไอโอทั่วไปไม่ได้ ถ้าถูกกำหนดให้ใช้เป็นบัสแอดเดรสและข้อมูลแล้ว กรณีการใช้พอร์ตเป็นอินพุตนั้น จะสามารถรับการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากระดับสูงสู่ระดับต่ำดังนั้นการใช้ขาใดขาหนึ่งของพอร์ตเป็นอินพุตต้องทำการเซตขานั้นให้เป็นระดับสูงก่อน



รูปที่ 4.3 วงจรการแลทช์และบัฟเฟอร์

4.5.2 การเขียนไปยังพอร์ต

การทำงานตามคำสั่ง ที่เปลี่ยนค่าในแลทช์ของแต่ละพอร์ต ค่าใหม่จะเข้ามาเก็บในช่วงระหว่าง S6P2 ของวัฏจักรสุดท้ายของคำสั่ง อย่างไรก็ตามพอร์ตจะเก็บค่าในแลทช์ เมื่อมีการใช้ส่ง

ข้อมูลออกที่บัฟเฟอร์เอาต์พุตระหว่างเฟส 1 ของคาบเวลาใดๆ ของสัญญาณนาฬิกา โดยลำดับค่าใหม่ที่แลทช์ไว้จะยังไม่ไปปรากฏที่ขาของพอร์ตจนกว่าจะถึงเฟส 1 ตัวใหม่ ซึ่งอยู่ในช่วง S1P1 ของวัฏจักรแมชชีนตัวต่อมา

4.6 การเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอก

ลักษณะการเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอก มี 2 แบบ คือ การเข้าถึงของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก กับของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การเข้าถึงของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก จะใช้ขาสัญญาณ PSEN (Program Store Enable) แอกทีฟต่ำ เป็นสโตรบควบคุมการอ่านและการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก จะใช้ขา RD หรือ WR แอกทีฟต่ำเป็นสัญญาณสโตรบควบคุมหน่วยความจำการแฟทช์โปรแกรมภายนอกจะใช้ขาแอดเดรส 16 บิตเสมอ ส่วนการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลสามารถที่จะใช้กำหนดเลขคี่อยู่ได้ทั้ง16 บิตแอดเดรส เช่น MOVX @DPTR หรือ 8 บิตแอดเดรส เช่น MOVX @Ri

เมื่อไรที่ใช้ 16 บิตแอดเดรส ไบต์สูงของค่าแอดเดรสจะส่งออกที่พอร์ต 2 และจะคงสถานะค่านั้นตลอดในช่วงวัฏจักรการอ่านและเขียน ระหว่างช่วงเวลานี้ ตัวแลทช์ของพอร์ต 2 ใน SFR จะไม่ต้องประกอบด้วยค่า '1' และค่าข้อมูลใน SFR จะไม่มีการเซต ถ้าช่วงวัฏจักรการใช้หน่วยความจำภายนอกไม่มีการเข้าถึงข้อมูลในวัฏจักรต่อมา ค่าใน SFR ของพอร์ต 2 จะปรากฏค่าเดิมกลับมาใหม่ในวัฏจักรตัวต่อมา ถ้าใช้เป็น 8 บิตแอดเดรส ค่าใน SFR ของพอร์ตจะยังคงค่าเดิมที่ขาพอร์ต 2 ตลอดช่วงวัฏจักรการใช้ความจำภายนอก ซึ่งมีลักษณะนี้ จะเป็นการใช้งานค้านเพจของหน่วยความจำ

ในกรณีใช้แอดเดรสไบต์ต่ำ เป็นช่วงเวลามัลติเพลกซ์กับข้อมูลของพอร์ต 0 ขาสัญญาณแอดเดรส/ข้อมูล จะขับ FET ทั้ง 2 ตัวในพอร์ต 0 เป็นบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลออก ดังนั้นในการใช้งานพอร์ต 0 จะไม่มีการรับกระแสเข้า จึงไม่จำเป็นต้องพูลอัพจากภายนอก สัญญาณ ALE : Address Latch Enable ก็จะใช้เป็นขาควบคุมรับไบต์แอดเดรสเก็บไว้ภายนอก ซึ่งค่าแอดเดรสจะคงที่ที่ช่วงขอบขาลงของ ALE ดังนั้น ในวัฏจักรการเขียนข้อมูลจะถูกเขียนออกไปที่พอร์ต 0 ก่อนที่ WR จะแอกทีฟต่ำ ส่วนวัฏจักรการอ่านข้อมูลจะรับเข้ามาที่พอร์ต 0 ก่อนสโตรบ การอ่านจะปรากฏเล็กน้อย และระหว่างการเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอกตัวซีพียูจะส่งค่า 0FFH มาเก็บไว้ที่พอร์ต 0 ของ SFR

การใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก จะขึ้นอยู่กับสองกรณีคือ

1. เมื่อไรก็ตามที่ EA แอกทีฟ หรือ
2. เมื่อไรก็ตามที่ตัวนับโปรแกรม PC ประกอบด้วยตัวเลขที่มีค่ามากกว่า 0FFFH

ในรุ่นที่ไม่มี ROM ในตัว ให้ใช้ค่าแอกทีฟต่ำป้อนที่ขา EA เพื่อกำหนดแฟทช์โปรแกรมภายนอกที่มีค่าต่ำกว่า 4 กิโลไบต์ได้ เมื่อโปรแกรมหน่วยความจำภายนอกถูกใช้งานทั้ง 8 บิต ของพอร์ต 2 จะส่งค่าแอดเดรสออกมาด้วย ทำให้ไม่สามารถจะใช้งานเป็นพอร์ตไอโอในระหว่างการแฟทช์โปรแกรมภายนอกเพราะจะส่งค่าไบต์สูงจาก PC ออกมาที่พอร์ต 2 นี้ แสดงระหว่างการเข้าถึงของข้อมูลภายนอก จะใช้พอร์ต 2เป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์สูงจาก DPH ใน SFR ขึ้นอยู่กับการใช้คำสั่งว่า จะใช้แบบให้คำสั่งส่งเอาต์พุตออกจาก DPH ในการกำหนดแอดเดรสข้อมูลภายนอก ก็จะใช้คำสั่ง MOVX @DPTR หรือจะใช้แบบให้ข้อมูลส่งข้อมูลออกที่พอร์ตของ SFR ก็จะใช้คำสั่ง MOVX @RI

4.7 ตัวจับเวลา/ตัวนับ (Timer/Counter)

MCS-51 มี 16 บิตตัวจับเวลา/ตัวนับ 2 ตัว คือ Timer/Conter 0 และ Timer/Counter1 ส่วน 8032/8052 มีเพิ่มอีก 1 ชุด คือ Timer/Counter2 ขณะที่แต่ละ ตัวจับเวลา/ตัวนับ สามารถที่จะติดตั้งให้ทำงานได้เป็นตัวจับเวลาหรือตัวนับก็ได้

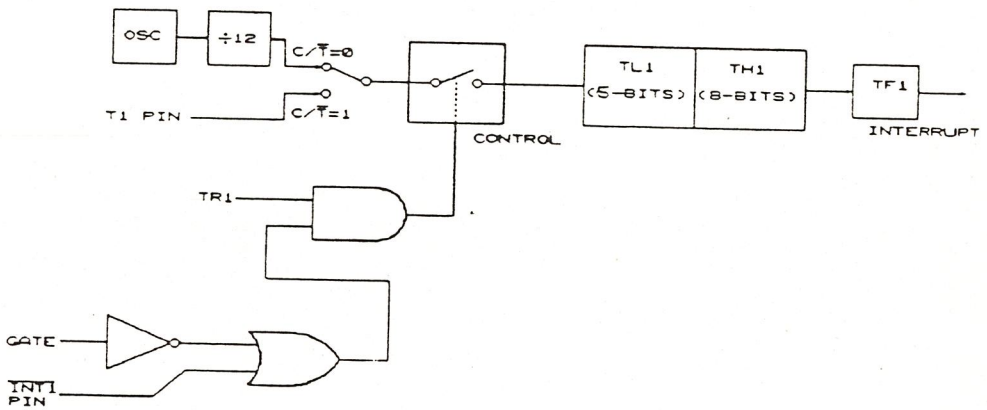
4.7.1 ตัวจับเวลา/ตัวนับ 0 และตัวจับเวลา/ตัวนับ 1

แต่ละตัวจะถูกติดตั้งให้ทำงานเป็นตัวจับเวลาหรือเป็นตัวนับ ได้ด้วยการเซตหรือ เคลียร์บิตที่ตัวควบคุมในเรริสเตอร์ TMOD ในกลุ่ม SFR ในฟังก์ชั่นตัวจับเวลา ตัวเรจิสเตอร์จะเพิ่มค่าทุกๆ วัฏจักรแมชชีน ดังนั้น ตัวเลขในเรจิสเตอร์ จะเป็นจำนวนของวัฏจักรแมชชีน เนื่องจาก แต่ละวัฏจักรแมชชีนประกอบด้วย 12 คาบของออสซิลเลเตอร์ อัตราการนับแต่ละครั้ง จะกินเวลาเป็น 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

โหมด 0

การใช้ตัวจับเวลา/ตัวนับ 0 หรือ 1 ให้อยู่ในโหมด0 จะทำงานคล้ายกับของ MCS-48 โดยจับตัวเวลาของ MCS-48 มีขนาด 8 บิต มีตัว Prescaler เป็นตัวหาร 12 รูปที่ 4.4 แสดงการทำงานในโหมด 0 ของตัวจับเวลา/ตัวนับ1

เรจิสเตอร์ตัวนับจะมี 13 บิต ประกอบด้วย TH1 8 บิต และ TL1 อีก 5 บิตอันดับต่ำส่วนอีก 3 บิตที่เหลือในอันดับสูงของ TL1 จะไม่ใช้ การเซตเฟส TR1 ให้ทำงานจะไม่ได้เคลียค่าในเรจิสเตอร์ของ TH1 และ TL1 การทำงานโหมด 0 ในตัวจับเวลา/ตัวนับ 0 จะทำงานเหมือนกับตัวจับเวลา / ตัวนับ 1โดยใช้ TR0 และ INT0 รวมกันควบคุมแทนสัญญาณต่าง ๆ ในรูปที่ 4-4 มีความแตกต่างในการควบคุม คือ บิตของ Gate ทั้งสอง ตัวหนึ่งจะแทนตัวจับเวลา/ตัวนับ 1 และอีกตัวจะแทนตัวจับเวลา/ตัวนับ 0



รูปที่ 4.4

4.7.2 ตัวจับเวลา/ตัวนับ2

ตัวจับเวลา/ตัวนับ2 เป็นตัวตัวจับเวลาและตัวนับขนาด 16 บิต แบบบรรจุเข้าโดยอัตโนมัติ และใช้เรจิสเตอร์ควบคุมของ SFR เป็น T2CON เมื่อตัวจับเวลา/ตัวนับ 2 ทำงานเป็นตัวจับเวลา เรจิสเตอร์ตัวจับเวลา/ตัวนับ2 จะเพิ่มค่าทุกครั้งในแต่ละวัฏจักรแมชชีน ขณะที่ใช้เป็นตัวนับ ตัวจับเวลา/ตัวนับ2 จะเพิ่มค่าขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนสถานะจาก '1' -> '0' ที่เข้ามาที่ T2 (P1.0) สัญญาณอินพุตถูกแซมปลิ้งที่ S3P2 ของทุกวัฏจักรแมชชีนในการใช้ฟังก์ชั่นให้แอกทีฟ เพราะฉะนั้นเมื่อสัญญาณตัวอย่างแสดงสถานะสูงในช่วงวัฏจักรแมชชีนหนึ่ง และระดับต่ำในอีกวัฏจักรหนึ่ง การนับจะเพิ่มขึ้นหนึ่ง ค่าตัวใหม่จะปรากฏที่เรจิสเตอร์ตัวจับเวลา/ตัวนับ 2 ช่วง S3P1 ของแต่วัฏจักร เป็นการนับหนึ่งที่สัญญาณการเปลี่ยนแปลง ถูกกระตุ้น ดังนั้น อัตราการนับสูงสุดจะเป็น 1/24 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ ไม่มีการกำหนดความกว้างของพัลส์ของสัญญาณที่เข้ามาจากภายนอก แต่ต้องแน่ใจว่าระดับหนึ่งที่ถูกแซมปลิ้งอย่างน้อยจะต้องคลุมหนึ่งวัฏจักรแมชชีนก่อนที่มันจะเปลี่ยนระดับใหม่

4.7.3 Timer/Counter Control และเรจิสเตอร์ Status

การกำหนดโหมดการทำงานและควบคุมฟังก์ชั่นต่างๆ ของตัวจับเวลา / ตัวนับจะควบคุมได้ที่ SFR : Special Function Register TMOD , TCON และ T2CON ด้วยซอฟแวร์ โดยที่เมื่อมีคำสั่งเปลี่ยนค่าบิตต่างๆใน TMOD,TCONค่าที่ถูกเปลี่ยนก็จะถูกแลทช์เข้าไปที่SFR และเกิดมีผลตามคำสั่งควบคุมที่ช่วง S1P1 ของวัฏจักรตัวแรกของคำสั่งต่อมา เรจิสเตอร์ต่างๆ ที่ใช้นั้นทุกบิตของเรจิสเตอร์เหล่านี้จะถูกเคลียร์ด้วยการรีเซต

4.8 การทำงานครั้งละหนึ่งคำสั่ง (Single Step)

โครงสร้างการอินเตอร์รัพต์ของ 8051 ช่วยให้สามารถทดสอบโปรแกรมสั้นๆได้ด้วยการทำงานทีละคำสั่ง ดังที่กล่าวมาแล้วการร้องอินเตอร์รัพต์จะไม่ตอบสนองในขณะที่กำลังทำงานอินเตอร์รัพต์ในระดับความสำคัญเดียวกัน มันจะไม่ตอบสนองหลังคำสั่ง RETI จนกว่าอย่างน้อยที่สุดคำสั่งได้ทำงานไปแล้วอีกหนึ่งคำสั่งจากโปรแกรม ดังนั้นในการอินเตอร์รัพต์ครั้งหนึ่งๆ ที่เข้ามา มันจะไม่สามารถรับเข้ามาใหม่ได้ จนกว่าอย่างน้อยที่สุดได้ทำงานไปแล้วหนึ่งคำสั่งของโปรแกรมหลัก ทางหนึ่งที่ใช้ประโยชน์ของลักษณะงานเช่นนี้ คือ การทำงานแบบครั้งละหนึ่งขั้นตอนด้วยการโปรแกรมการอินเตอร์รัพต์ภายนอกในแต่ละครั้ง ให้แอกทีฟด้วยระดับต่ำ และโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์จะให้สิ้นสุดด้วยรหัสต่อไปนี้ คือ

```
JNB P3.2,B ; ให้รอที่นี่จนกว่า INT0 จะเข้าสู่ระดับสูง
JB P3.2,B  ; ให้รอที่นี่จนกว่า INT0 จะเข้าสู่ระดับต่ำ
RETI       ; กลับไปที่เก่าและทำงานหนึ่งคำสั่ง
```

ดังนั้นถ้าขา INT0 ที่เป็นขาของ P3.2 มีค่าเป็นระดับต่ำ ซีพียูจะไปยังโปรแกรมการอินเตอร์รัพต์ภายนอก 0 และจะยังคงอยู่ที่โปรแกรมการบริการอินเตอร์รัพต์จนกว่า INT0 จะมีพัลส์ ดังนั้นมันจะทำงานคำสั่ง RETI และกลับไปยังโปรแกรมที่ทดสอบอยู่ และทำงานหนึ่งคำสั่งและกลับเข้าสู่โปรแกรมการบริการอินเตอร์รัพต์ใหม่และรอจนกว่าจะมีพัลส์ลูกใหม่ที่ขา P3.2 การทำงานหนึ่งคำสั่งของโปรแกรม ทดสอบจะควบคุมด้วยพัลส์ที่ขา P3.2 ในแต่ละลูก

ชุดคำสั่ง MCS-51

ชุดคำสั่ง MCS-51 จะมีทั้งสิ้น 111 คำสั่ง ประกอบด้วยคำสั่งที่มี 1 ไบต์อยู่ 49 คำสั่งสองไบต์ 45 คำสั่ง และอีก 17 คำสั่งที่เหลือมีขนาดยาว 3 ไบต์ รูปแบบคำสั่งออปโค้ดจะประกอบด้วยคำสั่งของนิวมอนิค ที่ตามด้วยตัวโอเปอร์แรนด์ที่มีรูปแบบคือ นิวมอนิคคำสั่งต่างๆ

โอเปอร์แรนด์ < >,< >

ตัวข้อมูลที่ <รับถ่ายทอดมา> , <แหล่งกำเนิด> ในฟิลด์โอเปอร์แรนด์นี้ จะมีรูปแบบที่กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ที่สามารถแทนความหมายของการเรียกใช้โหมดการกำหนดเลข ที่อยู่ตามรูปแบบของ MCS-51 MACRO ASSEMBLY LANGUAGE ซึ่งรูปแบบต่างๆ จะอธิบายการใช้ในหัวข้อรายละเอียดของชุดคำสั่ง ตามการออกแบบฮาร์แวร์ MCS-51 ของอินเทล การกำหนดแอดเดรสขนาด 16 บิตหรือสองไบต์

ตัวโอเปอร์แรนด์ข้อมูลจะเก็บไบต์ที่มีความสำคัญนัยต่ำไว้ที่แอดเดรสตำแหน่งสูง และไบต์ที่มีความสำคัญนัยสูงไว้ที่แอดเดรสตำแหน่งต่ำ

1 ลักษณะการทำงานตามฟังก์ชั่น

- ชุดคำสั่งของ MCS-51 จะถูกแบ่งเป็นลักษณะการทำงานตามฟังก์ชั่นได้ 4 กลุ่ม คือ
- กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล
- กลุ่มคณิตศาสตร์
- กลุ่มตรรกศาสตร์
- กลุ่มการควบคุมการถ่ายเท

1.1 กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล

การถ่ายเทข้อมูลนับเป็นส่วนสำคัญของการทำงาน MCS-51 ตัวนี้ จะมีการแบ่งการใช้งานย่อยออกไปเป็น 3 ขั้นด้วยกัน คือ

- เพื่อจุดประสงค์ทั่วไป
- ด้วยการกำหนดงานเฉพาะที่แอกคูมิวเลเตอร์
- เป้าหมายการกำหนดเลขที่อยู่แอดเดรส

การทำงานลักษณะงานทั้งหมดนี้ไม่มีผลต่อแฟลก PSW ยกเว้นการใช้คำสั่ง POP หรือ MOV เข้าเรจิสเตอร์ PSW

การถ่ายเทข้อมูลเพื่อจุดประสงค์ทั่วไป ได้แก่ การใช้คำสั่ง

MOV ที่จะทำงานในลักษณะการถ่ายเทข้อมูล เป็นขนาดไบต์หรือบิตก็ได้ จากตัวแหล่งกำเนิด เข้าสู่ตัวรับข้อมูลในฟิลด์โอเปอร์แรนด์

PUSH จะทำงานโดยเพิ่มค่าในเรจิสเตอร์ SP ก่อน แล้วจึงถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์ จาก

แหล่งกำเนิดที่ฟิลด์โอเปอร์แรนด์กำหนดไว้ ไปยังบริเวณสแตกตามตำแหน่งที่เรจิสเตอร์ SP กำหนด

POP การถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์ จากบริเวณสแตกตามตำแหน่งที่เรจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังตัวเรจิสเตอร์ที่โอเปอร์แรนด์กำหนด และหลังจากนั้นเรจิสเตอร์ SP จะลดค่าลงหนึ่งค่า

การกำหนดการถ่ายเทโดยใช้แอกคูมิวเลเตอร์ จะมีคำสั่ง

XCH คำสั่งแลกเปลี่ยนขนาดไบต์ ระหว่างแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับแอกคูมิวเลเตอร์

XCHD คำสั่งแลกเปลี่ยนขนาดนิบเบิ้ลนัยต่ำของแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับนิบเบิ้ลนัยต่ำของ แอกคูมิวเลเตอร์

MOVX การเคลื่อนย้ายขนาด 1 ไบต์ ระหว่างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกกับแอกคูมิวเลเตอร์ แอดเดรสภายนอกสามารถที่จะถูกกำหนดได้ด้วยเรจิสเตอร์ DPTR ได้เต็มขนาด 64 กิโลไบต์หรือเรจิสเตอร์ R1 หรือ R0 ขนาด 8 บิต มีขนาดข้อมูล 256 ไบต์

MOVC การเคลื่อนย้ายขนาด 1 ไบต์ จากหน่วยความจำโปรแกรมเข้าสู่แอกคูมิวเลเตอร์โดยใช้ตัวโอเปอร์แรนด์ใน A เป็นดัชนีตัวชี้ตารางข้อมูลได้ถึง 256 ไบต์ ด้วยการใช้ ร่วมกับเรจิสเตอร์ DPTR หรือ PC เป็นฐานเรจิสเตอร์ ที่ถูกกำหนดตำแหน่ง เริ่มต้นของกลุ่มข้อมูล จะถ่ายเทเข้าสู่แอกคูมิวเลเตอร์

การถ่ายเทข้อมูลคงที่จากการกำหนดตำแหน่งข้อมูลโปรแกรม

MOV DPTR,#DATA เป็นการโหลดขนาดข้อมูลโดยทันที 16 บิต เข้าสู่คู่เรจิสเตอร์ DPH กับ DPL รวมเป็นเรจิสเตอร์ DATA POINTER ขนาด 16 บิต ซึ่ง สามารถที่จะกำหนดตำแหน่งได้ถึง 64 กิโลไบต์

1.2 กลุ่มทางคณิตศาสตร์

ตัว MCS-51 มีคำสั่งเกี่ยวกับการทำงานทางคณิตศาสตร์ทางพื้นฐานสี่งานด้วยกันและจะใช้ขนาดข้อมูล 8 บิต ที่ไม่คิดเครื่องหมายเป็นคำนวณโดยตรง อย่างไรก็ตามการใช้แฟลก Overflow ยังคงใช้งานการบวกและลบเพื่อบริการข้อมูลที่เป็นตัวเลขลงตัวทางบวกและลบได้ ทางคณิตศาสตร์ยังสามารถที่จะทำงานได้โดยตรง ด้วยการใช้ค่าข้อมูลที่แทนด้วย Pack Decimal (BCD) การใช้งาน Pack Decimal คือการแทนตัวเลขฐานสิบในแต่ละหลักด้วยค่าไบนารี่ 4 บิต ดังนั้นในหนึ่งไบต์ก็

จะแทนได้ 2 หลักตัวเลขฐานสิบ ส่วนตัวเป็น Unpack ก็จะเป็น 1 หลักฐานสิบต่อ 1 ไบต์

<u>คำสั่งการบวกกัน</u>

INC (Increment) เป็นการบวกหนึ่งเข้ากับแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์และใส่ค่าใหม่กลับ เข้าตัวโอเปอร์แรนด์เดิม

ADD เป็นการบวกค่าในแอกคูมิวเลเตอร์ เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ และใส่ผลลัพธ์ กลับคืนมาที่แอกคูมิวเลเตอร์

ADDC (Add with carry) เป็นการบวกค่าในแอกคูมิวเลเตอร์กับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ แล้วบวกค่าที่อยู่ในบิตตัวทด และใส่ผลลัพธ์กลับคืนมาที่แอกคูมิวเลเตอร์

DA (Decimal-Add-Adjust) สำหรับการบวกกันทางระบบตัวเลข BCD เป็นการปรับค่า ผลรวม ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการบวกกันทางไบนารี่ของระบบตัวเลข BCD ขนาด 2 หลัก สองจำนวนที่เป็น Packed Decimal ด้วยการใช้คำสั่ง DA จะได้ผลลัพธ์เก็บ กลับมาที่แอกคูมิวเลเตอร์ ถ้าผลลัพธ์ BCD ทำให้บิตตัวทด CY เซตจะแสดงว่าค่าที่ Packed แล้ว จะมีค่ามากกว่า 99 ส่วนผลลัพธ์ตัวที่น้อยกว่าตัวทด CY จะเคลียร์

<u>คำสั่งการลบกัน</u>

SUBB (Subtracwith borrow) เป็นการนำตัวเลขที่อยู่ในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ ลบออกจากตัวเลขที่อยู่ในแอกคูมิวเลเตอร์ และหลังจากนั้น ก็นำค่าที่อยู่ในบิตทด CY ไปลบอีกครั้งหนึ่ง แล้วนำผลลัพธ์กลับมาเก็บที่แอกคูมิวเลเตอร์

DEC (Decrement) เป็นการลบหนึ่งออกจากตัวเลขที่อยู่ในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์และนำผลลัพธ์กลับมาเก็บที่ตัวโอเปอร์แรนด์นั้น ๆ

<u>การคูณกัน</u>

MULL จะเป็นคำสั่งการคูณกันแบบไม่คิดเครื่องหมายของตัวเลขที่อยู่ในแอกคูมิวเลเตอร์ A กับตัวเลขในเรจิสเตอร์ B แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งขนาดสูงสุดได้ 2 ไบต์ นำกลับเก็บท AB โดยที่ A จะรับนัยไบต์ต่ำ ส่วน B จะรับนัยไบต์สูง ค่าบิต 0 V ใน PSW จะ เคลียร์ ถ้าเรจิสเตอร์ใน B เป็น 0 และจะเซตถ้า B ไม่เป็น 0 ส่วนบิต CY จะ เคลียร์ตลอดและจะไม่มีผลต่อบิต AC

<u>คำสั่งการหารกัน</u>

DIV จะเป็นคำสั่งการหารกันด้วยตัวเลขที่ไม่คิดเครื่องหมายที่อยู่ในแอกคูมิวเลเตอร์ A ที่ถูก

หารด้วยตัวเลขที่อยู่ในเรจิสเตอร์ B และนำผลลัพธ์ที่ได้กลับมาไว้ที่แอกคูมิวเลเตอร์ และเศษส่วนไว้ที่เรจิสเตอร์ B การหารด้วยค่า 0 จะไม่มีผลต่อข้อมูลในเรจิสเตอร์ A และ B และจะเซตบิต 0 V

ส่วนการหารด้วยค่าอื่นเนื่องจากการหารด้วยค่าตัวเลขต่างๆ บิต 0 V จะเคลียร์และจะไม่มีผลต่อบิต AC ถ้าไม่มีการหารกันด้วยตัวเลขที่ไม่เป็นแบบที่กล่าวตามย่อหน้าข้างบนนี้แล้ว ค่าบิตแฟลกต่างๆ ใน PSW จะมีผลดังต่อไปนี้

-บิต CY เซต ถ้ามีการทำงานเนื่องจาก ผลของบิตอันดับสูงมีการทดเข้าสู่หรือยืมออกจากตัวทด

-บิต AC เซต ถ้าผลจากการทำงานเกิดมี การทดจากนิบเบิ้ลต่ำหรือสี่บิตอันดับต่ำ ระหว่างการบวก กัน หรือมีการยืมจากนิบเบิ้ลสูงเข้าสู่นิบเบิ้ลต่ำ ระหว่างการลบกัน นอกเหนือ จากนี้ บิต AC จะเคลียร์

-บิต OV เซตถ้าผลจากการทำงานเกิดตัวทดทดเข้าสู่บิตอันดับสูงสุดของผลลัพธ์แต่ไม่มี การทดบิตสูงสุดเข้าสู่บิตตัวทด หรือในทางกลับกัน คือ OV จะเคลียร์ ถ้าผลลัพธ์ ทำให้มีการทดจากบิตสูงสุดเข้าสู่บิตตัวทด แต่ไม่มีการทดเข้าสู่บิตอันดับสูงสุด ของผลลัพธ์ ส่วนผลทางด้านอื่น เช่น ทดทั้งสองครั้ง หรือไม่ทดทั้งสองครั้งใน ผลลัพธ์ บิต OV ยังใช้เป็น Two's Complement ทางคณิตศาสตร์ เพราะมัน จะเซต ถ้าผลลัพธ์ที่แสดงเครื่องหมายไม่สามารถที่จะแสดงลงภายในขนาด 8 บิต

-บิต P เซตถ้าค่าฐานตัวเลข Modulo 2 หรือ ค่าตัวเลข 1 รวมกันทั้ง 8 บิตในแอกคูมิวเลเตอร์เป็นจำนวนคี่ และบิต P จะเคลียร์ ถ้ารวมกันเป็นคู่ เมื่อค่าในบิตต่างๆ ถูกเขียนเข้าไปยังเรจิสเตอร์ PSW ค่าบิต P จะไม่เปลี่ยนแปลงค่าและจะมี ผลตามค่าพาริตี้ของ A เสมอ

1.3 กลุ่มตรรกศาสตร์

การทำงานทางพื้นฐานทางตรรกศาสตร์ของ MCS-51 จะทำได้ทั้งขนาดไบต์และ บิตโอเปอร์แรนด์ คำสั่งการทำงานโอเปอร์แรนด์ภายในตัวเองจะมี

CLR ปรับค่าในแอกคูมิวเลเตอร์ หรือการให้ตำแหน่งของแอดเดรสบิตนั้น ๆ เป็น 0

SETB ปรับค่าในตำแหน่งแอดเดรสตามบิตนั้นเป็น 1

CPL ด้วยการสั่งกับค่า หรือ Complement ข้อมูลใดๆ ที่สามารถกำหนดโดยตรงโดยไม่มีผลใดๆ ต่อค่าแฟลกใดๆ PSW หรือบิตในตำแหน่งแอดเดรส RL,RLC,RR,RRC,SWAP ทั้ง 5 คำสั่ง นี้เป็นการสั่งทำงานการวนบิตที่สามารถที่สั่งให้ทำบนตัวแอกคูมิวเลเตอร์ RL เป็น การวนซ้าย RR เป็นการวนขวา RLC เป็นการวนซ้ายผ่านบิตทด C RRC เป็นการวนขวา ผ่านบิตทด C และ SWAP เป็นการวนซ้ายสี่ครั้ง สำหรับ RLC และRRC ค่าแฟลกทด CY จะมีค่าเท่ากับค่าบิตสุดท้าย

ที่วนออกมา การ SWAP จะวนซ้ายค่าข้อมูลในแอกคูมิวเล เตอร์เป็นการเปลี่ยนค่าบิต 3 ถึง 0 กับบิต 7 ถึง 4

คำสั่งการทำงานร่วมระหว่างสองโอเปอร์แรนด์

ANL เป็นการ AND กันทางตรรก ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ทำงานตรรกข้อมูลขนาดเป็นไบต์หรือบิตก็ได้ และจะนำผลกลับมาเก็บไว้ที่ตำแหน่งตัวโอเปอร์ แรนด์ที่สั่งในโอเปอร์แรนด์เป็นตัวแรก

ORL เป็นการ OR ทางตรรกกันระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะส่งให้ทำงานตรรกข้อมูลขนาดเป็นไบต์หรือบิตก็ได้ และจะนำผลกลับมาเก็บไว้ที่ตำแหน่งตัวโอเปอร์ แรนด์ที่สั่งในโอเปอร์แรนด์เป็นตัวแรก

XRL เป็นการ XOR ทางตรรกกันระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะส่งให้ทำงาน ตรรกข้อมูลขนาดเป็นไบต์หรือบิตก็ได้ และจะนำผลกลับมาเก็บไว้ที่ตำแหน่งตัวโอเปอร์แรนด์ที่สั่งในโอเปอร์แรนด์เป็นตัวแรก

1.4 กลุ่มคำสั่งควบคุมการถ่ายเทข้อมูล

คำสั่งควบคุมการถ่ายเทข้อมูลมี 3 รูปแบบคือ การเรียกโปรแกรมย่อยโดยไม่ต้องตั้งข้อแม้ แล้วกลับคืนมาที่โปรแกรมหลักและการกระโดดไป และการกระโดดไปด้วยการตั้งข้อแม้ และการใช้อินเตอร์รัพต์การใช้คำสั่งควบคุม การทำงานด้วยเหตุจากการกำหนดข้อแม้ของตัวโปรแกรมหลักที่ทำงานอยู่ จะไม่เป็นไปตามลำดับในหน่วยความจำโปรแกรม

1.4.1 การเรียกโปรแกรมย่อยโดยไม่ต้องตั้งข้อแม้

แล้วกลับคืนมาที่โปรแกรมหลัก และการกระโดดไปตามคำสั่งการเรียกโปรแกรมย่อย โดยไม่ต้องตั้งข้อแม้ แล้วกลับคืนมาและการกระโดดไป เป็นการควบคุมค่าข้อมูลของตัวนับโปรแกรมในขณะนั้น ให้กระโดดไปยังตำแหน่งแอดเดรสใหม่ที่ต้องการจะกระโดดไป การถ่ายเทมีให้ใช้ทั้งแบบโดยตรงและทางอ้อม

คำสั่ง ACALL และ LCALL จะทำงานตามลำดับ ดังนี้โดยคำสั่ง จะ PUSH ค่าตำแหน่งของคำสั่งตัวต่อมาของโปรแกรมหลัก ไว้ที่บริเวณสแตก และถ่ายเทควบคุมเปลี่ยนตำแหน่งใหม่เป็นแอดเดรสที่จะกระโดดไป ACALL จะมีขนาดคำสั่ง 2 ไบต์ โดยใช้เป้าหมายแอดเดรสที่จะกระโดดไปภายใน 2 กิโลไบต์เพจ หรือใช้รหัสแอดเดรสทั้งหมด 11 บิต LCALL จะมีขนาดคำสั่ง 3 ไบต์ เป้าหมายแอดเดรสจะกระโดดไปได้เต็ม 64 กิโลไบต์ หรือใช้รหัสแอดเดรสเต็ม 16 บิต

ในการใช้แอดเดรสขนาด11 บิตของACALLจะเป็นการเปลี่ยนค่าบิตของPCเฉพาะช่วง 11 บิตกลุ่มอันดับต่ำเท่านั้น ส่วนอีก 5 บิตในตำแหน่งกลุ่มอันดับสูงของ PC ในขนาดที่เหลือจะไม่เปลี่ยนแปลง ถ้าคำสั่ง ACALL อยู่ที่ตำแหน่งสองไบต์ของเพจขนาด 2 กิโล หลังจากเรียกโปรแกรมย่อยแล้ว จะเป็นการเรียกตำแหน่งเพจใหม่ เพราะ PC จะเพิ่มค่าไปถึงตำแหน่งคำสั่งตัวต่อมา ซึ่งจะเป็นการเรียกเพจใหม่เป็นการเปลี่ยนค่าบิตที่ 12 ไบต์แล้ว

RET คำสั่งนี้เป็นการควบคุมถ่ายเทกลับคืนสู่โปรแกรมหลักซึ่งค่าตำแหน่งของโปรแกรมหลักได้เก็บอยู่ที่สแตกด้วยคำสั่งการเรียกทำงานโปรแกรมย่อยก่อนหน้าที่จะทำโปรแกรมย่อย คำสั่ง RET นี้จะดึงเอาข้อมูลจากสแตกที่ชี้ด้วย SPหรือที่เรียกว่า POP มาไว้ที่ PC และค่า SP จะลดลงสอง

AJMP, LJMP, SJMP เป็นการควบคุมถ่ายเทไปยังเป้าหมายที่ถูกกำหนดในโอเปอร์แรนด์ การทำงานของคำสั่ง AJMP และ LJMP จะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลง และทำงานเช่นเดียวกับ ACALL กับ LCALL ยกเว้นที่ไม่มีการกลับมาที่ทำงานที่เดิม ส่วน SJMP เป็นการกระโดดถอยหลังหรือเดินหน้าภายใน 256 ไบต์เท่านั้น จากตำแหน่งของคำสั่งนี้ ต่อจาก SJMP ซึ่งจะกระโดดได้ -128 ถึง +127

JMP @A+DPTR คำสั่งนี้ ใช้ความสัมพันธ์ร่วมกับเรจิสเตอร์ DPTR ค่าโอเปอร์แรนด์ใน A จะใช้เป็น Offset (0-255) ต่อจากแอดเดรสใน DPTR ดังนั้น ค่าแอดเดรสที่ถูกชี้ด้วย Effective จะกระโดดไปในส่วนใดๆ ของหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 256 ไบต์

1.4.2 การกระโดดแบบมีข้อแม้

คำสั่งการกระโดดแบบมีข้อแม้จะกระโดดไปสู่เป้าหมายที่กำหนดให้ ขึ้นอยู่กับข้อแม้ที่ตั้งไว้ และจะกระโดดไปได้ไกลจากตำแหน่งของคำสั่งตัวต่อจากคำสั่งนี้ได้ภายใน -128 ถึง +127 ซึ่งจะมีคำสั่งต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

JZ จะกระโดดได้ถ้าค่าในแอกคูมิวเลเตอร์เป็น 0

JNZ จะกระโดดได้ถ้าค่าในแอกคูมิวเลเตอร์ไม่เป็น 0

JC จะกระโดดได้ถ้าค่าในแฟลกตัวทดเซต

JNC จะกระโดดได้ถ้าค่าในแฟลกตัวทดไม่เซต หรือเคลียร์

JB จะกระโดดได้ถ้าค่าในบิตที่ถูกกำหนดด้วยการกำหนดเลขที่อยู่โดยตรงเซต

JNB จะกระโดดได้ถ้าค่าในบิตที่ถูกกำหนดด้วยการกำหนดเลขที่อยู่โดยตรงไม่เซต หรือเคลียร์

JBC จะกระโดดได้ถ้าค่าในบิตที่ถูกกำหนดด้วยการกำหนดเลขที่อยู่โดยตรงเซต และจะเคลียร์ค่า บิตใหม่ตามตำแหน่งของการกำหนดเลขที่อยู่โดยตรง

CJNZ เป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างโอเปอร์แรนด์ตัวแรกกับโอเปอร์แรนด์ตัวที่สองและจะกระโดดไป ถ้าหากทั้งสองค่านี้ไม่เท่ากัน และบิตทด CY จะเซตถ้าหากค่าโอเปอแรนด์มีค่าน้อยกว่าค่าโอเปอร์แรนด์ตัวที่สอง แต่ถ้าค่าโอเปอร์แรนด์กลับกันบิต CY จะเคลียร์ การเปรียบเทียบกันสามารถเปรียบเทียบได้ระหว่าง A กับ ค่าไบต์ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน หรือระหว่างค่าที่ให้โดยทันทีกับ A หรือกับตัวเรจิสเตอร์ อื่นๆ ในแบงค์ที่ถูกเรียกให้ทำงาน หรือกับข้อมูลในหน่วยความจำ ข้อมูลภายใน ที่กำหนดเลขที่อยู่โดยอ้อมจากตัว @Ri (i =1,2)

DJNZ เป็นการลดค่าข้อมูลภายในที่กำหนดจากตัวแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์และนำผลกลับไปตามการกำหนดของโอเปอร์แรนด์ตัวนั้นการกระโดดจะเกิดขึ้นถ้าการลดค่านั้นแล้วมีผลลัพธ์ไม่เป็น0 ตัวแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ของคำสั่งนี้ จะเป็นค่าไบต์ใดๆ ในหน่วยความจำข้อมูลภายใน การกำหนดเลขที่อยู่ทั้งแบบโดยตรง หรือโดยตัวเรจิสเตอร์ สามารถที่จะถูกใช้เป็นตัวกำหนดตำแหน่งได้ จากตำแหน่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์

บทที่ 5
การทำงานของส่วนควบคุมและแสดงผล

5.1 หลักการทำงานทั่วไป

การทำงานของระบบนี้ได้เน้นถึงการทำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบชิพเดี่ยว MCS-51 มาใช้ในส่วนควบคุมและแสดงผล โดยได้ออกแบบมาให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยมีส่วนเชื่อมต่อเข้ากับ MCS-51 ดังนี้

1. ส่วนตรวจจับสัญญาณ
2. ส่วนแสดงผล
3. ส่วนควบคุมการทำงาน
4. ส่วนเชื่อมต่อ (INTERFACE)

โดยแต่ละส่วนจะได้อธิบายรายละเอียดต่อไป แต่เนื่องจากในส่วนของตัวตรวจจับสัญญาณได้กล่าว ไปแล้วนั้น จึงขอกล่าวในส่วนแสดงผล ส่วนควบคุมการทำงาน และส่วนเชื่อมต่อ ต่อไป

5.2 ส่วนควบคุมการทำงาน

การควบคุมการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ของไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีความสามารถสูงและมีความนิยมสูงมาก เนื่องจากมีความสามารถและความคล่องตัวสูง ในการทำงานระบบนี้เราจึงเลือกใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 ซึ่งอยู่ในตระกูลเดียวกันกับ MCS -51 เป็นตัวควบคุมโดยต่อร่วมกับบอร์ดขยายพอร์ท 8255 ซึ่งมี LCD BUS อยู่ในตัว และบอร์ดขยาย RTC จึงมีหน่วยความจำสำรองในการเก็บข้อมูลที่ใช้ในส่วนแสดงผล หน้าที่การทำงานหลักของตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 นี้ มีดังนี้

1) ทำหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของตัวตรวจจับสัญญาณ
2) ทำหน้าที่ควบคุมการแสดงเวลาจริง
3) ทำหน้าที่ควบคุมการแสดงผลทางจอ LCD

5.3 ส่วนแสดงผล

การแสดงผลจะมีการแสดงผลผ่านทางหลอดไฟ LED ในส่วนของบอร์ดควบคุม และมีการแสดงผลออกทางจอแบบ LCD โดยในการออกแบบได้ใช้จอ LCD แบบ Dot Matrix LCD Module ซึ่งมีส่วนประกอบใหญ่ ๆ แบ่งได้เป็น

1) Dot Matrix LCD

เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดและเปิด ตัวเองกับแสง ก็คือ ส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก

2) Driver

เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึก LCD อีกทีหนึ่ง โดยมีเบอร์ที่นิยมใช้ใน LCD MODULE เช่น HD44100H , MSM5259

3) Controller

เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่าง ๆ เช่น การลบจอภาพ การเกิดตัวอักษร เป็นต้น โดยมีเบอร์ ไอซี ที่นิยมใช้กันคือ HD44780 ซึ่งจะใช้ในแบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่ เบอร์ไอซี HD61830 ซึ่งใช้ในแบบ GRAPHIC LCD MODULE

โดยการควบคุมนั้นเราต่อร่วมเข้ากับ บอร์ดขยาย Port E-31 ซึ่งมี LCD BUS ต่อร่วมทำให้เราสามารถที่จะควบคุม LCD ผ่านทาง MCS-51 ได้โดยตรง

นอกจากนี้ในการทำงานเพื่อ ความสะดวกและคุณประโยชน์ในการใช้งาน จึงได้นำ E-31 Time Bord มาต่อร่วมเพื่อที่จะแสดงเวลา รวมทั้งเก็บเวลาที่ตัวตรวจจับสัญญาณมีการทำงานเข้ามาไว้ใน Memory ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มหน่วยความจำให้กับบอร์ดหลักเพื่อการใช้งานที่กว้างขวางขึ้นอีก โดยเลือกใช้ RAM 6264 และ RTC Real Time Clock 6264 ซึ่งยังมี Battery Backup สำรองสำหรับ RAM ได้อีกด้วย

5.4 ส่วนเชื่อมต่อ

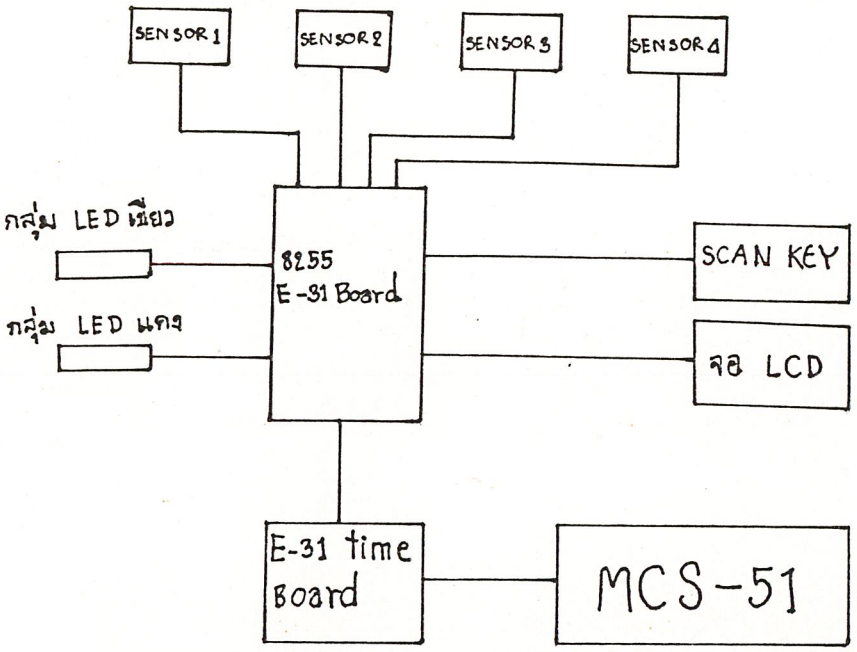
ในการ link ส่วนต่าง ๆ ของระบบเข้าด้วยกันนั้น เราจะต่อส่วนของการตรวจจับสัญญาณ และ ส่วนควบคุมการทำงานโดยผ่านทางแผ่น Print อเนกประสงค์ซึ่งมี Block Diagram แสดงตามรูปที่ 5.1

โดย Sensor แต่ละตัวจะต่อสัญญาณ Output ที่ได้เข้ากับบอร์ด นอกจากนี้ส่วนของไฟเลี้ยง Sensor นั้นจะต่อเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51 โดยผ่านทาง User Port ของ 8255 - Board E31 ซึ่งมีลักษณะ การต่อขาภายใน Board ตามรูปที่ 5.3 ซึ่งสัญญาณที่มาจาก Sensor แต่ละตัวจะถูกนำไปประมวลผลตาม Program ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และผลที่ได้ จากการทำงานก็จะถูกส่งกลับมาทาง Board E-31 และแสดงผลที่ส่วนของไฟ LED บน Board Interface ต่อไปโดยไฟสีเขียวจะแสดงถึง Sensor ตัวที่ได้รับการตรวจสอบจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเราสามารถเลือกการทำงานได้ โดยเข้าสู่ Mode 3 Select Sensor

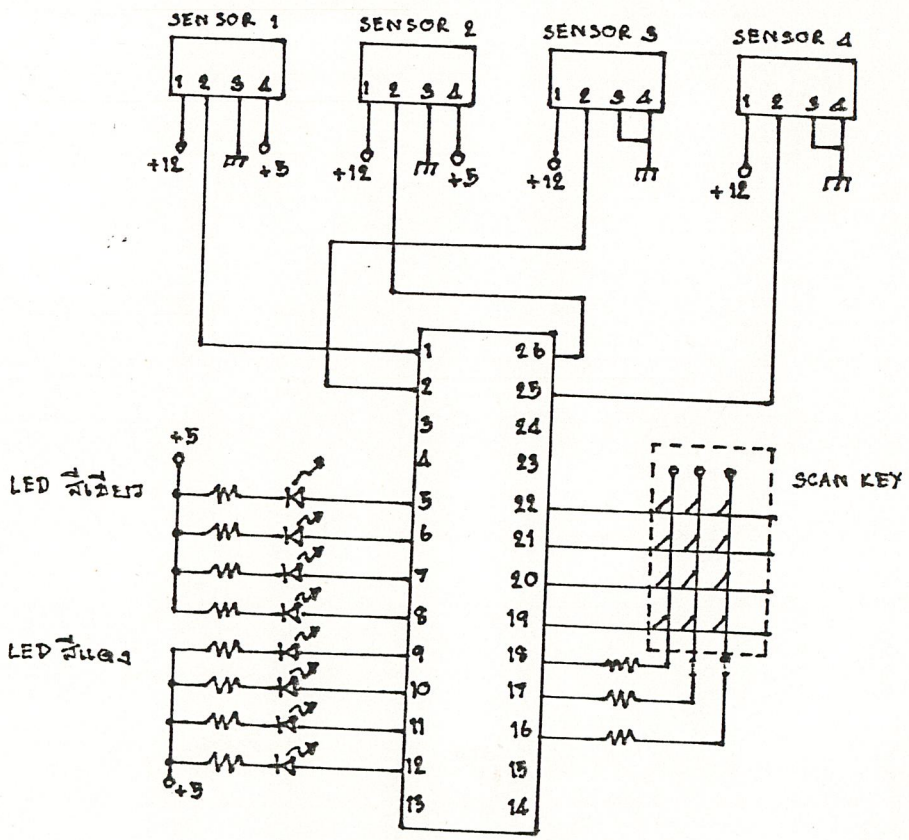
ไฟสีแดงจะบอกให้ทราบว่า Sensor ตัวใดที่มีการทำงานหรือมีการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมได้ และเมื่อเรารับทราบถึงผลของการตรวจจับแล้ว ก็สามารถที่จะ Clear การทำงานได้โดยเข้าสู่ Mode 4 Clear Detect สัญญาณไฟแดงของ Sensor ตัวที่ถูก Clear ก็จะดับลง

ส่วนของการแสดงผล เราแสดงผ่านทาง LCD ซึ่งต่อเข้ากับ Board E-31 ทาง LCD BUS ตามรูปที่ 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ ซึ่งผลของการแสดงจะได้มาจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์อีกที และในส่วนของเวลาเราได้ต่อ E-31 time board เพื่อกำหนด Real Time Clock ให้กับ MCS-51 โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 5.5 และ 5.6 ซึ่งเราจะต่อ E-31 time board เข้ากับ MCS 51-Board ทาง System Bus #1 เพื่อส่งผ่านข้อมูลต่อไป

ส่วนของการป้อนข้อมูล จะป้อนข้อมูลผ่นทาง SCAN KEY ในการส่งสัญญาณจาก SCAN KEY เข้าสู่ส่วนควบคุมนี้ เราต่อเข้ากับ Board Interface และจาก Board Interface นี้ เราก็จะต่อเข้าสู่ User Port ของ 8255 E-31 Board ทางขา 16-22 ต่อไป ดังแสดง ดังรูปที่ 5.2

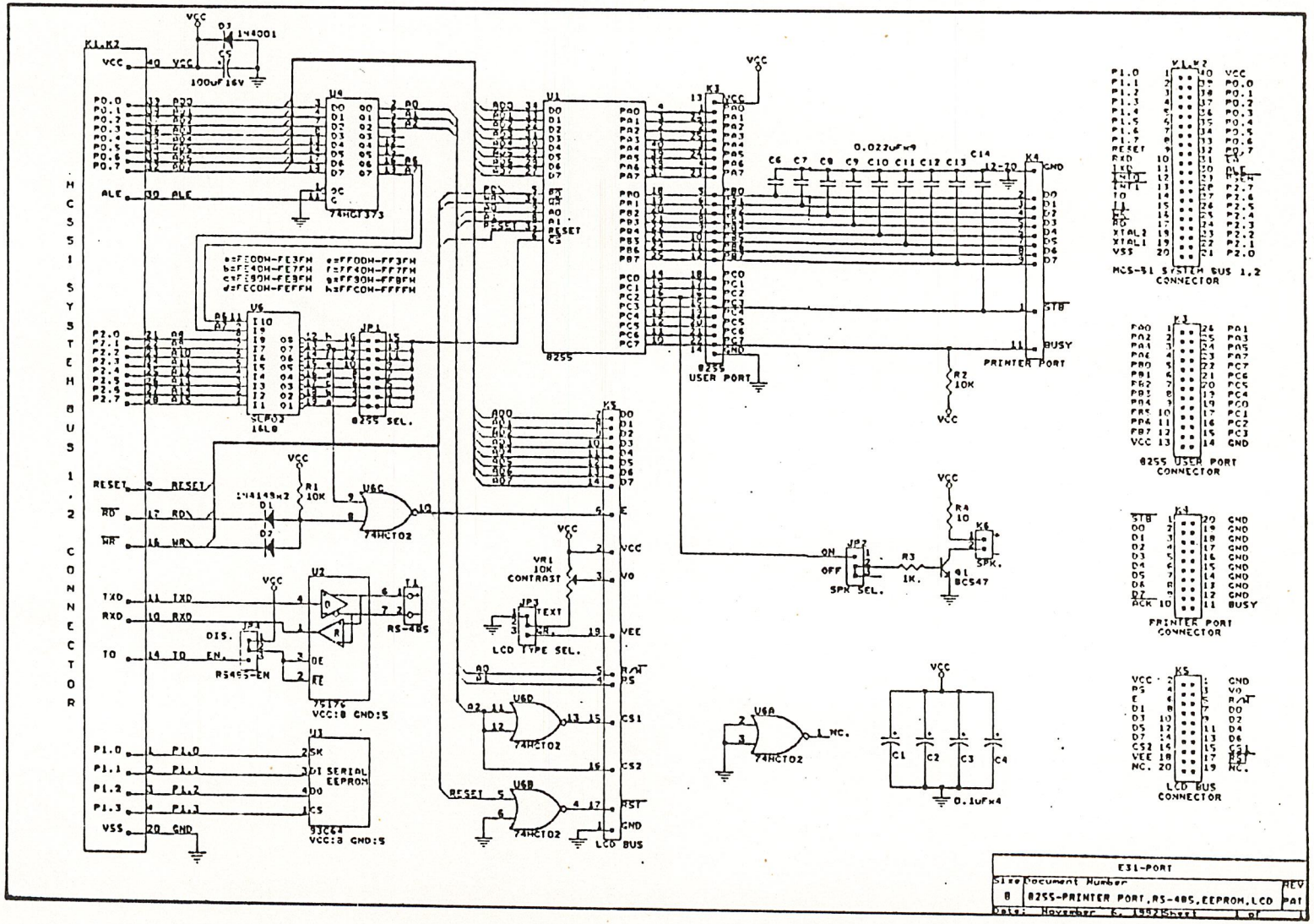


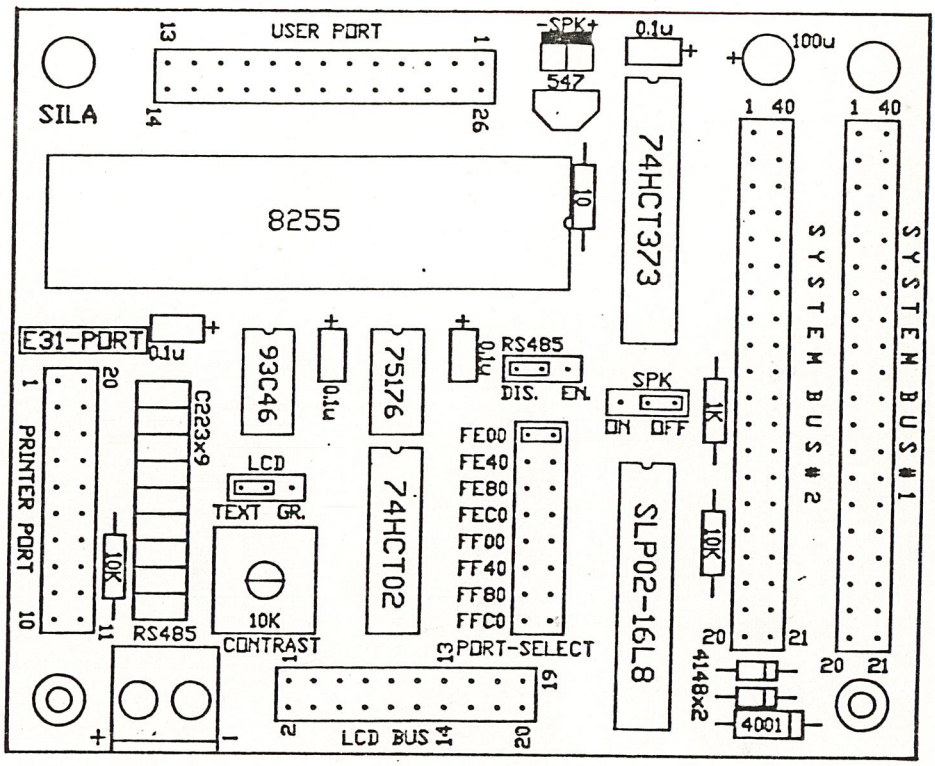
รูปที่ 5.1 BLOCK DIAGRAM ส่วน INTERFACE



ของ 8255 BOARD E-31 รูปที่ 5.3

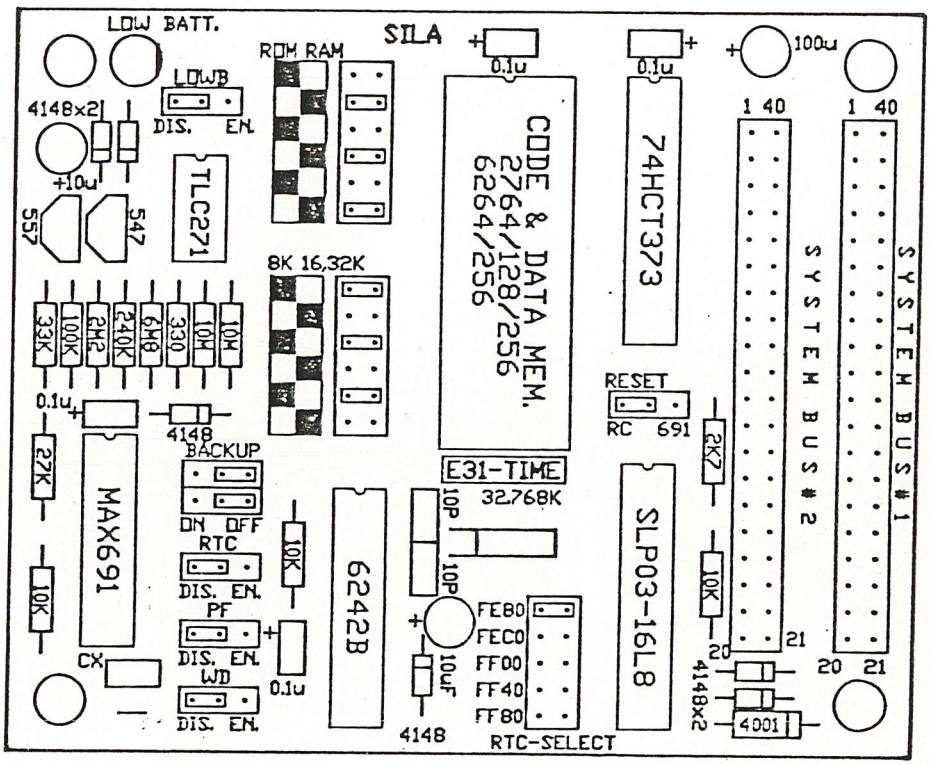
รูปที่ 5.2 วงจร INTERFACE


MCS-51 SYSTEM BUS 1.2 CONNECTOR
8255 USER PORT
PRINTER PORT
8255 SEL.
SPK SEL.
LCD TYPE SEL.
RS485-EN
LCD BUS
E31-PORT
8255-PRINTER PORT,RS-485,EEPROM,LCD



รูปที่ 5.4 บอร์ด E-31

รูปที่ 5.5 E-31 Time



รูปที่ 5.6 E-31 Time Board

บทที่ 6

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองโครงการที่ได้จัดทำขึ้นมา เราสามารถแบ่งการทำงานของโครงการออกได้เป็นส่วนต่าง ๆ เพื่อที่จะวิเคราะห์และสรุปผลารทดลองได้ดังนี้

1. **ส่วนของการตรวจจับสัญญาณ** ในโครงการนี้มีตัวตรวจจับสัญญาณที่จัดทำขึ้นมาด้วยกันทั้งหมด 4 ส่วน ด้วยกันคือ

1.1 ตัวตรวจจับอุลตร้าโซนิค I จะใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนที่ โดยใช้หลักการของคลื่นความถี่เหนือเสียง

จากการทดลอง ตัวตรวจจับอุลตร้าโซนิค I นี้ สามารถตรวจจับการเดินตัดผ่านได้ โดยมีระบบการวางไว้ห่าง 3 ฟุต

1.2 ตัวตรวจจับอุตร้าโซนิค II จุดประสงค์ไว้ติดตั้งกับทรัพย์สินเพื่อป้องกันการโจรกรรม โดยจะมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับตัวตรวจจับอุลตร้าโซนิค I ซึ่งในการติดตั้งเพื่อทำงาน ก็มีระยะห่างจากการทดลองได้ 3 ฟุตเช่นกัน

1.3 ตัวตรวจจับแก๊ส จะใช้ในการตรวจสอบการรั่วไหลของแก๊สหุงต้มภายในบ้านและเนื่องจากเป็นการตรวจสอบถึงอันตรายที่อาจถึงแก่ชีวิตจึงได้มีการติดตั้ง Buzzer เข้าไปในส่วนตัวตรวจจับด้วย เพื่อที่จะสามารถส่งเสียงเตือนได้

จากการทดลอง ได้ทดลองกับแก๊สบิวเทน ซึ่งเป็นแก๊สหุงต้ม วงจรก็สามารถตรวจจับได้

1.4 ตัวตรวจจับอินฟาเรด จะเป็นการตรวจจับการเคลื่อนที่ตัดผ่านรังสีอินฟาเรด ซึ่งจากการทดลองระยะห่างระหว่างตัวรับและตัวส่ง จะวางได้เพียงประมาณ 20 เซนติเมตร

2. **ส่วนควบคุมด้วยไมโครคอลโทรลเลอร์** ส่วนนี้จะทำการรับสัญญาณ ประมวลผล และแสดงผลของสัญญาณที่เกิดขึ้น ซึ่งพอจะแบ่งได้พอสังเขปดังนี้

2.1 ส่วนรับสัญญาณ เราจะรับสัญญาณโดยผ่านทาง User Port ของ 8255 บอร์ E-31

2.2 ส่วนประมวลผล จากการรับสัญญาณโดยบอร์ด E-31 ก็จะเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอลโทรเลอร์ MCS - 51

2.3 ส่วนแสดงผล จะมีการแสดงผลตามการทำงานของโปรแกรมที่เขียนไว้ดังนี้

1. แสดงเวลาปกติ เมื่อเริ่มการทำงาน จอ LCD จะแสดงเวลาตามปกติให้ดู

2. แสดง Mode Select จะเข้าสู่การทำงานของ Mode นี้ได้โดยการกด [*] ของ SCAN KEY แล้วจะเข้าสู่การทำงานว่า จะเลือก Mode โดยแบ่งออกเป็น Mode ต่าง ๆ ได้ดังนี้

Mode 1 Set Time จะเป็นการตั้งเวลาของตัวแสดงผลให้ตรงกับเวลาปัจจุบัน

Mode 2 Set Date จะตั้งวันที่ เดือน และ ปี พ.ศ.

Mode 3 Set Sensor ทำการตั้งให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเลือกที่จะตรวจสอบ Sensor ตัวใดก็ได้

Mode 4 Set Detect เมื่อ Sensor ตัวใดมีการทำงานและถูกตรวจสอบได้ หากเรารับรู้แล้วก็สามารถที่จะ Clear การทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะตรวจสอบการทำงานในครั้งใหม่ต่อไป

2.4 ส่วนการติดต่อกับ Mode การทำงาน โดยผ่านทาง Scan Key เราสามารถที่จะทำการเลือก Mode การทำงาน ตั้งเวลา ตั้งวันที่ Set หรือ Clear Sensor ตัวที่ต้องการตรวจสอบ Clear หรือ การ Detect ที่ตรวจจับได้ โดยผ่านทาง Scan Key ซึ่งต่อเข้ากับส่วน Interface

จากการทดลอง เราสามารถที่จะทำงานตามโปรแกรมโดยผ่านทาง Scan Key ได้เป็นอย่างดี

วิเคราะห์ผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา

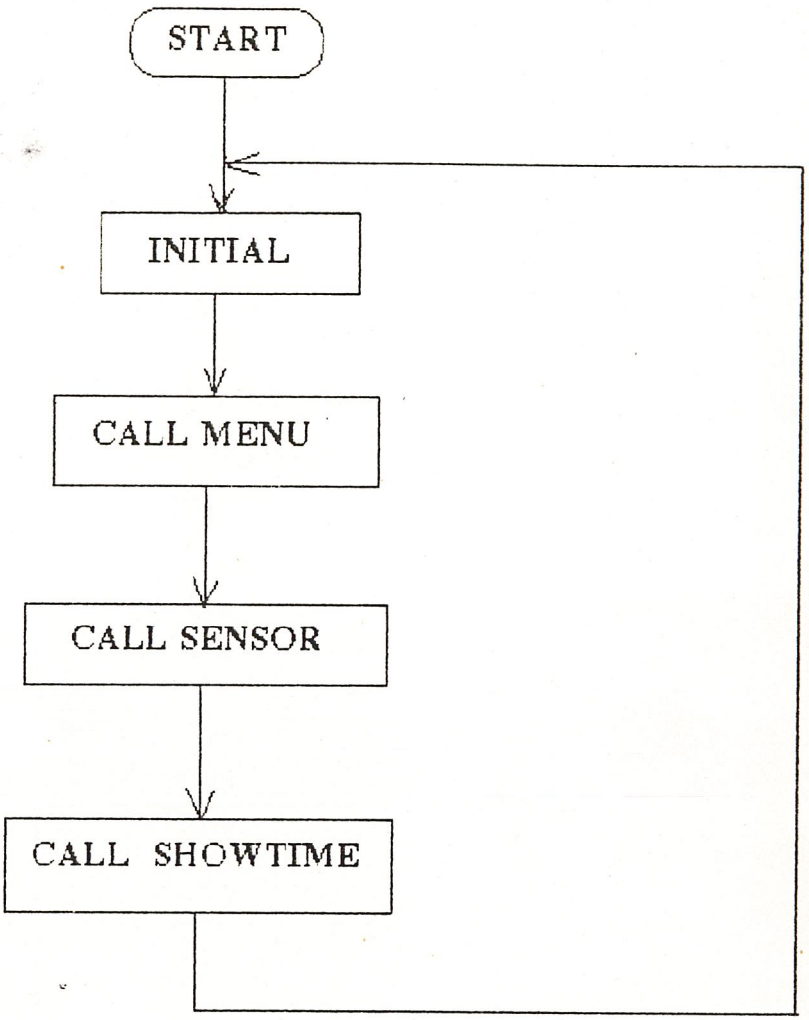
1. ในการติดตั้งตัวตรวจจับอุลตร้าโซนิค นั้น เพื่อให้มีการรับ ส่งสัญญาณกันได้ จึงจำเป็นที่จะต้องเล็งทิศทางให้ตรงกัน

2. ตัวตรวจจับอินฟาเรด นั้น จากโครงงานนี้ยังมีระยะห่างกันเพียงระยะหนึ่ง หากต้องการเพิ่มระยะห่างให้มากขึ้น ควรที่จะใช้ LED Infrared ที่เป็นตัวส่งเพิ่มขึ้น เพื่อให้มีระยะการส่งที่ไกลมากขึ้น

3. การพัฒนาการควบคุมด้วยไมโครคอลโทรลเลอร์ นั้น ยังสามารถที่จะพัฒนาได้อีก เช่น การบันทึกเวลาที่เกิด Detect ลงในหน่วยความจำและสามารถเรียกมาดูได้ นอกจากนี้อาจเชื่อมต่อเข้ากับ ส่วนตรวจสอบสัญญาณชนิดอื่น ๆ หรือ อาจนำมาใช้ในการควบคุมการดูแลความปลอดภัยก็ได้

ภาคผนวก ก.

MAIN PROGRAM



```
                org     8100h

porta           equ     0fe00h          ;8255 Port A
portb           equ     0fe01h          ;8255 Port B
portc           equ     0fe02h          ;8255 Port C
pctrl           equ     0fe03h          ;8255 Control Port
lcdwrc          equ     0ff80h          ;LCD Write Control
lcdrdc          equ     0ff81h          ;LCD Read Control
lcdwrd          equ     0ff82h          ;LCD Write Data
lcdrdd          equ     0ff83h          ;LCD Read Data
lcdbuf          equ     9500h           ;Video memory
bit_sen1        equ     21h             ;Sensor1 flag
bit_sen2        equ     22h             ;Sensor2 flag
bit_sen3        equ     23h             ;Sensor3 flag
bit_sen4        equ     24h             ;Sensor4 flag
b_buff          equ     9600h           ;Buffer PortB

main:           mov     sp,#30h
                lcall   init
                lcall   lcd_disp
                lcall   delay
sub:            lcall   menu
                lcall   sensor
                lcall   rdtime
                mov     a,77h
                clr     c
                subb    a,r4
                jz      sub
                mov     a,r4
                mov     77h,a
                lcall   showtime
                jmp     sub

;*************************************************
;*                Initial Routines               *
;*************************************************
init:           setb    bit_sen1
                setb    bit_sen2
                setb    bit_sen3
                setb    bit_sen4
                mov     dptr,#pctrl
                mov     a,#91h          ;Initial 8255
                movx    @dptr,a
                mov     a,#11110000b
                mov     dptr,#b_buff
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                lcall   lcd_init
                lcall   rtcint
                mov     dptr,#table6
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
                ret

;*************************************************
;*                 Menu Routines                 *
;*************************************************
menu:           lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,menu1
```

```
                ret
menu1:          cjne    a,#0ah,smenu1
                jmp     smenu
smenu1:         ljmp    end_menu
smenu:          mov     dptr,#table5
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
menu2:          lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,menu3
                ljmp    menu2
menu3:          cjne    a,#01h,menu4
                mov     dptr,#table1
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
menu31:         lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,menu32
                ljmp    menu31
menu32:         cjne    a,#0bh,menu33
                lcall   set_time
                ljmp    end_menu
menu33:         cjne    a,#00h,menu31
                ljmp    smenu
menu4:          cjne    a,#02h,menu5
                mov     dptr,#table2
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
menu41:         lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,menu42
                ljmp    menu41
menu42:         cjne    a,#0bh,menu43
                lcall   set_date
                ljmp    end_menu
menu43:         cjne    a,#00h,menu41
                ljmp    smenu
menu5:          cjne    a,#03h,menu6
                mov     dptr,#table3
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
menu51:         lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,menu52
                ljmp    menu51
menu52:         cjne    a,#0bh,menu53
                lcall   set_sensor
                ljmp    end_menu
menu53:         cjne    a,#00h,menu51
                ljmp    smenu
menu6:          cjne    a,#04h,menu7
                mov     dptr,#table4
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
menu61:         lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,menu62
                ljmp    menu61
menu62:         cjne    a,#0bh,menu63
                lcall   clr_sensor
                ljmp    end_menu
menu63:         cjne    a,#00h,menu61
                ljmp    smenu
menu7:          cjne    a,#00h,smenu2
                jmp     end_menu
```

```
smenu2:         ljmp    menu2
end_menu:       ret

t_to_vb:        mov     r0,#10h
                push    dph
                push    dpl
                mov     dptr,#lcdbuf
                mov     78h,dph
                mov     79h,dpl
                pop     dpl
                pop     dph
t_to_vbl:       movx    a,@dptr
                push    dph
                push    dpl
                mov     dph,78h
                mov     dpl,79h
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                mov     78h,dph
                mov     79h,dpl
                pop     dpl
                pop     dph
                inc     dptr
                djnz    r0,t_to_vbl
                ret

set_time:       mov     dptr,#table7
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
                lcall   get_number
                mov     7ah,a
                mov     dptr,#table8
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
                lcall   get_number
                mov     7bh,a
                mov     r2,7ah
                mov     r3,7bh
                mov     r4,#00h
                lcall   wrtime
                ret

set_date:       mov     dptr,#table9
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
                lcall   get_number
                mov     7ah,a
                mov     dptr,#table10
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
                lcall   get_number
                mov     7bh,a
                mov     dptr,#table11
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
                lcall   get_number
                mov     r2,7ah
                mov     r3,7bh
                mov     r4,a
                lcall   wrdate
```

```
                ret
set_sensor:     mov     dptr,#table12
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
set_sensor1:    lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,sub_sen1
                jmp     set_sensor1
sub_sen1:       cjne    a,#01h,sub_sen2
                mov     dptr,#table13
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
                lcall   delay
set_sensor2:    lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,sub_sen11
                jmp     set_sensor2
sub_sen11:      cjne    a,#01h,sub_sen12
                setb    bit_sen1
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                clr     acc.0
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                ret
sub_sen12:      cjne    a,#02h,sub_sen13
                setb    bit_sen2
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                clr     acc.1
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                ret
sub_sen13:      cjne    a,#03h,sub_sen14
                setb    bit_sen3
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                clr     acc.2
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                ret
sub_sen14:      cjne    a,#04h,set_sensor2
                setb    bit_sen4
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                clr     acc.3
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                ret
sub_sen2:       cjne    a,#02h,set_sensor1
                mov     dptr,#table13
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
                lcall   delay
set_sensor3:    lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,sub_sen21
                jmp     set_sensor3
```

```
sub_sen21:      cjne    a,#01h,sub_sen22
                clr     bit_sen1
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                setb    acc.0
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                ret
sub_sen22:      cjne    a,#02h,sub_sen23
                clr     bit_sen2
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                setb    acc.1
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                ret
sub_sen23:      cjne    a,#03h,sub_sen24
                clr     bit_sen3
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                setb    acc.2
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                ret
sub_sen24:      cjne    a,#04h,set_sensor3
                clr     bit_sen4
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                setb    acc.3
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                ret

clr_sensor:     mov     dptr,#table14
                lcall   t_to_vb
                lcall   lcd_disp
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                orl     a,#11110000b
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                lcall   delay
                ret

get_number:     mov     dptr,#lcdwrc
                mov     a,#42h
                setb    acc.7
                movx    @dptr,a
                lcall   sub_get
                anl     a,#0fh
                mov     7dh,a
                lcall   htoa
                mov     a,r3
                mov     dptr,#lcdwrd
                movx    @dptr,a
```

```
                lcall   delay
                lcall   sub_get
                anl     a,#0fh
                mov     7eh,a
                lcall   htoa
                mov     a,r3
                mov     dptr,#lcdwrd
                movx    @dptr,a
                lcall   delay
                mov     a,7dh
                swap    a
                orl     a,7eh
                ret

sub_get:        lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,get2
                jmp     sub_get
get2:           cjne    a,#01h,get3
                ret
get3:           cjne    a,#02h,get4
                ret
get4:           cjne    a,#03h,get5
                ret
get5:           cjne    a,#04h,get6
                ret
get6:           cjne    a,#05h,get7
                ret
get7:           cjne    a,#06h,get8
                ret
get8:           cjne    a,#07h,get9
                ret
get9:           cjne    a,#08h,get10
                ret
get10:          cjne    a,#09h,get11
                ret
get11:          cjne    a,#00h,sub_get
                ret

;*************************************************
;*             Check Sensor Routines             *
;*************************************************
sensor:         mov     dptr,#porta
                movx    a,@dptr
                anl     a,#0fh
                jnb     acc.0,sen1
                lcall   sensor1
sen1:           jnb     acc.1,sen2
                lcall   sensor2
sen2:           jnb     acc.2,sen3
                lcall   sensor3
sen3:           jb      acc.3,sen4
                lcall   sensor4
sen4:           ret

sensor1:        jnb     bit_sen1,end_sen1
                mov     6fh,a
                push    6fh
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                clr     acc.4
```

```
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                pop     6fh
                mov     a,6fh
end_sen1:       ret

sensor2:        jnb     bit_sen2,end_sen2
                mov     6fh,a
                push    6fh
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                clr     acc.5
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                pop     6fh
                mov     a,6fh
end_sen2:       ret

sensor3:        jnb     bit_sen3,end_sen3
                mov     6fh,a
                push    6fh
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                clr     acc.6
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                pop     6fh
                mov     a,6fh
end_sen3:       ret

sensor4:        jnb     bit_sen4,end_sen4
                mov     6fh,a
                push    6fh
                mov     dptr,#b_buff
                movx    a,@dptr
                clr     acc.7
                movx    @dptr,a
                mov     dptr,#portb
                movx    @dptr,a
                pop     6fh
                mov     a,6fh
end_sen4:       ret

;*************************************************
;*                Scan key Routines              *
;*************************************************
scankey:        lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,scankey1
                ret
scankey1:       mov     r0,a
                mov     dptr,#lcdwrc
                mov     a,#01h
                movx    @dptr,a
                lcall   waitbf
                mov     a,r0
                lcall   htoa
                mov     a,r3
```

```
                mov     dptr,#lcdwrd
                movx    @dptr,a
                lcall   waitbf
                lcall   delay
                ret

scloop:         lcall   scan
                cjne    a,#0ffh,scloopl
                sjmp    scloop
scloopl:        lcall   scan
                ret

scan:           mov     r7,#00h
                mov     r6,#11101110b
                mov     r5,#04h
                mov     r2,#0ffh
                mov     r3,#00h
                clr     c
krow:           mov     a,r6
                anl     a,#11110000b
                mov     dptr,#portc
                movx    @dptr,a
                movx    a,@dptr
                anl     a,#00000111b
                mov     r4,#03h
kcol:           rrc     a
                jc      nokey
                mov     b,a
                mov     a,r7
                mov     r2,a
                mov     r3,#0ffh
                mov     a,b
nokey:          clr     c
                inc     r7
                djnz    r4,kcol
                mov     a,r6
                rl      a
                mov     r6,a
                djnz    r5,krow
                clr     c
                mov     a,r3
                add     a,#01h
                mov     a,r2
                jnc     scanl
zero:           cjne    a,#0ah,one
                mov     a,#00h
                ljmp    end_scan
one:            cjne    a,#00h,two
                mov     a,#01h
                ljmp    end_scan
two:            cjne    a,#01h,three
                mov     a,#02h
                ljmp    end_scan
three:          cjne    a,#02h,four
                mov     a,#03h
                ljmp    end_scan
four:           cjne    a,#03h,five
                mov     a,#04h
                ljmp    end_scan
five:           cjne    a,#04h,six
```

```
                mov     a,#05h
                ljmp    end_scan
six:            cjne    a,#05h,seven
                mov     a,#06h
                ljmp    end_scan
seven:          cjne    a,#06h,eight
                mov     a,#07h
                ljmp    end_scan
eight:          cjne    a,#07h,nine
                mov     a,#08h
                ljmp    end_scan
nine:           cjne    a,#08h,sharp
                mov     a,#09h
                ljmp    end_scan
sharp:          cjne    a,#09h,star
                mov     a,#0ah
                ljmp    end_scan
star:           cjne    a,#0bh,scanl
                mov     a,#0bh
                ljmp    end_scan
scanl:          mov     a,#0ffh
end_scan:       ret

;*************************************************
;*                  Delay Routines               *
;*************************************************
delay:          mov     r0,#0ffh
delay0:         mov     r1,#0ffh
delay1:         mov     r2,#06h
delay2:         djnz    r2,delay2
                djnz    r1,delay1
                djnz    r0,delay0
                ret

showtime:       lcall   rdtime
                mov     70h,r2          ;70h keep hours
                mov     71h,r3          ;71h keep minutes
                mov     72h,r4          ;72h keep seconds
                lcall   rddate
                mov     73h,r2          ;73h keep days
                mov     74h,r3          ;74h keep months
                mov     75h,r4          ;75h keep years
                mov     76h,r5          ;76h keep weeks
                mov     dptr,#lcdbuf
                mov     a,#' '
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                mov     a,70h           ;hour
                lcall   a_to_lcd
                mov     a,#':'
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                mov     a,71h           ;minute
                lcall   a_to_lcd
                mov     a,#':'
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                mov     a,72h           ;second
                lcall   a_to_lcd
                mov     a,#' '
```

```
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                mov     a,73h           ;day
                lcall   a_to_lcd
                mov     a,#'/'
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                mov     a,74h           ;month
                lcall   a_to_lcd
                mov     a,#' '
                movx    @dptr,a
                lcall   lcd_disp
                ret

a_to_lcd:       lcall   htoa
                mov     a,r2
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                mov     a,r3
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                ret

;*************************************************
;*              Hex to Ascii Routines            *
;*************************************************
HTOA:           PUSH    ACC
                SWAP    A
                LCALL   HTOAS
                MOV     R2,A
                POP     ACC
                LCALL   HTOAS
                MOV     R3,A
                RET
HTOAS:          ANL     A,#0FH
                CJNE    A,#0AH,$+3
                JNC     HTOAS1
                ORL     A,#30H
                RET
HTOAS1:         SUBB    A,#09H
                ORL     A,#40H
                RET

;*************************************************
;*                  RTC Routines                 *
;*************************************************
RTCINT:         MOV     DPTR,#0FE8FH
                MOV     A,#00000011B    ;STOP=1,RESET=1
                MOVX    @DPTR,A
                ORL     A,#00000100B    ;24 HOUR
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE8EH
                MOV     A,#00000100B    ;SET STND 1SEC
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE8DH
                MOV     A,#00000000B    ;HOLD=0
                MOVX    @DPTR,A

                MOV     DPTR,#0FE8FH
                MOVX    A,@DPTR
```

```
                ANL     A,#00000100B    ;STOP=0,RESET=0
                MOVX    @DPTR,A
                RET

RDTIME:         MOV     DPTR,#0FE8DH
                MOVX    A,@DPTR
                SETB    ACC.0           ;HOLD=1
                MOVX    @DPTR,A
                MOVX    A,@DPTR         ;READ BUSY
                JNB     ACC.1,RDTIME1
                CLR     ACC.0           ;HOLD=0
                MOVX    @DPTR,A
                SJMP    RDTIME
RDTIME1:        MOV     DPTR,#0FE80H    ;SECOND
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#0FH
                MOV     R0,A
                MOV     DPTR,#0FE81H
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#07H
                SWAP    A
                ORL     A,R0
                MOV     R4,A
                MOV     DPTR,#0FE82H    ;MINUTE
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#0FH
                MOV     R0,A
                MOV     DPTR,#0FE83H
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#07H
                SWAP    A
                ORL     A,R0
                MOV     R3,A
                MOV     DPTR,#0FE84H    ;HOUR
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#0FH
                MOV     R0,A
                MOV     DPTR,#0FE85H
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#03H          ; 24 HOUR
                SWAP    A
                ORL     A,R0
                MOV     R2,A
                MOV     DPTR,#0FE8DH
                MOVX    A,@DPTR
                CLR     ACC.0           ;HOLD=0
                MOVX    @DPTR,A
                RET

RDDATE:         MOV     DPTR,#0FE8DH
                MOVX    A,@DPTR
                SETB    ACC.0           ;HOLD=1
                MOVX    @DPTR,A
                MOVX    A,@DPTR         ;READ BUSY
                JNB     ACC.1,RDDATE1
                CLR     ACC.0           ;HOLD=0
                MOVX    @DPTR,A
                SJMP    RDDATE
RDDATE1:        MOV     DPTR,#0FE86H    ;DAY
                MOVX    A,@DPTR
```

```
                ANL     A,#0FH
                MOV     R0,A
                MOV     DPTR,#0FE87H
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#03H
                SWAP    A
                ORL     A,R0
                MOV     R2,A
                MOV     DPTR,#0FE88H    ;MONTH
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#0FH
                MOV     R0,A
                MOV     DPTR,#0FE89H
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#01H
                SWAP    A
                ORL     A,R0
                MOV     R3,A
                MOV     DPTR,#0FE8AH    ;YEAR
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#0FH
                MOV     R0,A
                MOV     DPTR,#0FE8BH
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#0FH
                SWAP    A
                ORL     A,R0
                MOV     R4,A
                MOV     DPTR,#0FE8CH    ;WEEK
                MOVX    A,@DPTR
                ANL     A,#07H
                MOV     R5,A
                MOV     DPTR,#0FE8DH
                MOVX    A,@DPTR
                CLR     ACC.0           ;HOLD=0
                MOVX    @DPTR,A
                RET

WRTIME:         MOV     DPTR,#0FE8DH
                MOVX    A,@DPTR
                SETB    ACC.0           ;HOLD=1
                MOVX    @DPTR,A
                MOVX    A,@DPTR         ;READ BUSY
                JNB     ACC.1,WRTIME1
                CLR     ACC.0           ;HOLD=0
                MOVX    @DPTR,A
                SJMP    WRTIME
WRTIME1:        MOV     DPTR,#0FE80H    ;SECOND
                MOV     A,R4
                ANL     A,#0FH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE81H
                MOV     A,R4
                ANL     A,#70H
                SWAP    A
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE82H    ;MINUTE
                MOV     A,R3
                ANL     A,#0FH
                MOVX    @DPTR,A
```

```
                MOV     DPTR,#0FE83H
                MOV     A,R3
                ANL     A,#70H
                SWAP    A
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE84H    ;HOUR
                MOV     A,R2
                ANL     A,#0FH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE85H
                MOV     A,R2
                ANL     A,#30H          ; 24 HOUR
                SWAP    A
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE8DH
                MOVX    A,@DPTR
                CLR     ACC.0           ;HOLD=0
                MOVX    @DPTR,A
                RET

WRDATE:         MOV     DPTR,#0FE8DH
                MOVX    A,@DPTR
                SETB    ACC.0           ;HOLD=1
                MOVX    @DPTR,A
                MOVX    A,@DPTR         ;READ BUSY
                JNB     ACC.1,WRDATE1
                CLR     ACC.0           ;HOLD=0
                MOVX    @DPTR,A
                SJMP    WRDATE
WRDATE1:        MOV     DPTR,#0FE86H    ;DAY
                MOV     A,R2
                ANL     A,#0FH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE87H
                MOV     A,R2
                ANL     A,#30H
                SWAP    A
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE88H    ;MONTH
                MOV     A,R3
                ANL     A,#0FH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE89H
                MOV     A,R3
                ANL     A,#10H
                SWAP    A
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE8AH    ;YEAR
                MOV     A,R4
                ANL     A,#0FH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE8BH
                MOV     A,R4
                ANL     A,#0F0H
                SWAP    A
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#0FE8DH
                MOVX    A,@DPTR
                CLR     ACC.0           ;HOLD=0
                MOVX    @DPTR,A
```

```
;*************************************************
;*                 LCD Routines                  *
;*************************************************
lcd_disp:       push    dpl
                push    dph
                mov     dptr,#lcdwrc
                mov     a,#01h          ;Clear display
                movx    @dptr,a
                lcall   waitbf
                mov     dptr,#lcdbuf
                lcall   lcd_1_line
                push    dpl
                push    dph
                mov     dptr,#lcdwrc
                mov     a,#40h          ;Set 8 char right
                setb    acc.7
                movx    @dptr,a
                lcall   waitbf
                pop     dph
                pop     dpl
                lcall   lcd_1_line
                pop     dph
                pop     dpl
                ret

lcd_1_line:     mov     r0,#08h
lcd_1_linel:    movx    a,@dptr
                lcall   lcd_displ
                inc     dptr
                djnz    r0,lcd_1_linel

lcd_displ:      push    dpl
                push    dph
                mov     dptr,#lcdwrd
                movx    @dptr,a
                lcall   waitbf
                pop     dph
                pop     dpl
                ret

lcd_init:       push    dpl
                push    dph
                mov     dptr,#lcdwrc
                mov     a,#38h          ;8bit, lline, 5x7dot
                movx    @dptr,a
                lcall   waitbf
                mov     a,#0fh          ;Display on, Cursor on and bl

                movx    @dptr,a
                lcall   waitbf
                mov     a,#06h          ;Increment dd, Shift cursor
                movx    @dptr,a
                lcall   waitbf
                mov     a,#01h          ;Clear display
                movx    @dptr,a
                lcall   waitbf
                pop     dph
                pop     dpl
```

```
                ret

waitbf:         push    dpl
                push    dph
                mov     dptr,#lcdrdc
rdyl:           movx    a,@dptr
                jb      acc.7,rdyl      ;Busy Flag
                pop     dph
                pop     dpl
                ret

table1:         db      "1) Set Time     "
table2:         db      "2) Set Date     "
table3:         db      "3) Set Sensor   "
table4:         db      "4) Clear Detect "
table5:         db      " Select 1,2,3,4 "
table6:         db      " Sensor Control "
table7:         db      " Hour   :       "
table8:         db      " Minute :       "
table9:         db      " Day    :       "
table10:        db      " Month  :       "
table11:        db      " Year   :       "
table12:        db      " 1)Set  2)Clear "
table13:        db      " Select sensor  "
table14:        db      " Sensor Clear   "
                org     9500h
                db      "                "

                end
```

ภาคผนวก ข.

National Semiconductor

Voltage Comparators

LM193/LM293/LM393, LM193A/LM293A/LM393A, LM2903 Low Power Low Offset Voltage Dual Comparators

General Description

The LM193 series consists of two independent precision voltage comparators with an offset voltage specification as low as 2.0 mV max for two comparators which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground, even though operated from a single power supply voltage.

Application areas include limit comparators, simple analog to digital converters; pulse, squarewave and time delay generators; wide range VCO; MOS clock timers; multivibrators and high voltage digital logic gates. The LM193 series was designed to directly interface with TTL and CMOS. When operated from both plus and minus power supplies, the LM193 series will directly interface with MOS logic where their low power drain is a distinct advantage over standard comparators.

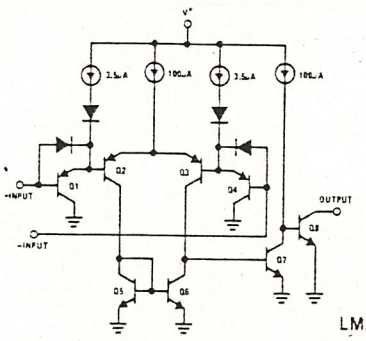
Advantages

- High precision comparators
- Reduced V_{OS} drift over temperature
- Eliminates need for dual supplies
- Allows sensing near ground
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

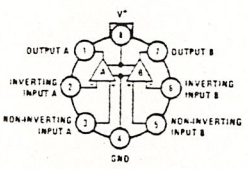
Features

- Wide single supply
  Voltage range — 2.0 V_{DC} to 36 V_{DC}
  or dual supplies — ±1.0 V_{DC} to ±18 V_{DC}
- Very low supply current drain (0.8 mA)—independent of supply voltage (1.0 mW/comparator at 5.0 V_{DC})
- Low input biasing current — 25 nA
- Low input offset current — ±5 nA
  and maximum offset voltage — ±3 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Low output saturation voltage — 250 mV at 4 mA
- Output voltage compatible with TTL, DTL, ECL, MOS and CMOS logic systems

Schematic and Connection Diagrams



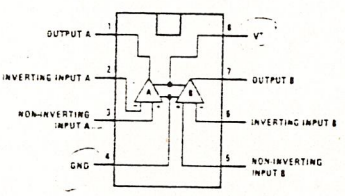
Metal Can Package



TOP VIEW

Order Number LM193H, LM193AH, LM293H, LM293AH, LM393H or LM393AH
See NS Package H08C

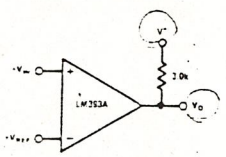
Dual-In-Line Package



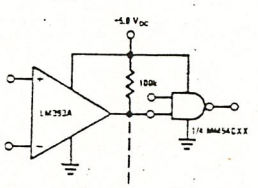
TOP VIEW

Order Number LM393N, LM393AN, or LM2903N
See NS Package N08B

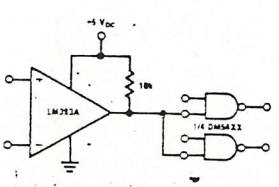
Typical Applications (V^+ = 5.0 V_{DC})



Basic Comparator



Driving CMOS



Driving TTL

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage, V^+	36 V_{DC} or ±18 V_{DC}
Differential Input Voltage	36 V_{DC}
Input Voltage	−0.3 V_{DC} to +36 V_{DC}
Power Dissipation (Note 1)	
Molded DIP	570 mW
Metal Can	830 mW
Output Short Circuit to Ground, (Note 2)	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3\ V_{DC}$), (Note 3)	50 mA
Operating Temperature Range	
LM393/LM393A	0°C to +70°C
LM293/LM293A	−25°C to +85°C
LM193/LM193A	−55°C to +125°C
LM2903	−40°C to +85°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Electrical Characteristics ($V^+ = 5\ V_{DC}$) (Note 4)

PARAMETER	CONDITIONS	LM193A			LM293A, LM393A			LM193			LM293, LM393			LM2903			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$T_A = 25°C$, (Note 9)		±1.0	±2.0		±1.0	±2.0		±1.0	±5.0		±1.0	±5.0		±2.0	±7.0	mV_{DC}
Input Bias Current	I_{IN+} or I_{IN-} with Output In Linear Range, $T_A = 25°C$, (Note 5)		25	100		25	250		25	100		25	250		25	250	nA_{DC}
Input Offset Current	$I_{IN+} - I_{IN-}$, $T_A = 25°C$		±3.0	±25		±5.0	±50		±3.0	±25		±5.0	±50		±5.0	±50	nA_{DC}
Input Common-Mode Voltage Range	$T_A = 25°C$, (Note 6)	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V_{DC}
Supply Current	$R_L = \infty$ on All Comparators, $T_A = 25°C$		0.4	1		0.4	1		0.4	1		0.4	1		0.4	1.0	mA_{DC}
	$R_L = \infty$ on All Amps, $V^+ = 30\ V_{DC}$		1	2.5		1	2.5			2.5			2.5		1	2.5	mA_{DC}
Voltage Gain	$R_L \geq 15\ k\Omega$, $T_A = 25°C$, $V^+ = 15\ V_{DC}$ (To Support Large V_O Swing)	50	200		50	200		50	200		50	200		25	100		V/mV
Large Signal Response Time	V_{IN} = TTL Logic Swing, $V_{REF} = 1.4\ V_{DC}$ $V_{RL} = 5\ V_{DC}$, $R_L = 5.1\ k\Omega$, $T_A = 25°C$		300			300			300			300			300		ns
Response Time	$V_{RL} = 5\ V_{DC}$, $R_L = 5.1\ k\Omega$, $T_A = 25°C$, (Note 7)		1.3			1.3			1.3			1.3			1.5		µs
Output Sink Current	$V_{IN-} \geq 1\ V_{DC}$, $V_{IN+} = 0$, $V_O \leq 1.5\ V_{DC}$, $T_A = 25°C$	6.0	16		6.0	16		6.0	16		6.0	16		6	16		mA_{DC}
Saturation Voltage	$V_{IN-} \geq 1\ V_{DC}$, $V_{IN+} = 0$, $I_{SINK} \leq 4\ mA$, $T_A = 25°C$		250	400		250	400		250	400		250	400			400	mV_{DC}
Output Leakage Current	$V_{IN-} = 0$, $V_{IN+} \geq 1\ V_{DC}$, $V_O = 5\ V_{DC}$, $T_A = 25°C$		0.1			0.1			0.1			0.1			0.1		nA_{DC}

Application Hints

The LM193 series are high gain, wide bandwidth devices which, like most comparators, can easily oscillate if the output lead is inadvertently allowed to capacitively couple to the inputs via stray capacitance. This shows up only during the output voltage transition intervals as the comparator changes states. Power supply bypassing is not required to solve this problem. Standard PC board layout is helpful as it reduces stray input-output coupling. Reducing the input resistors to $< 10\ k\Omega$ reduces the feedback signal levels and finally, adding even a small amount (1.0 to 10 mV) of positive feedback (hysteresis) causes such a rapid transition that oscillations due to stray feedback are not possible. Simply socketing the IC and attaching resistors to the pins will cause input-output oscillations during the small transition intervals unless hysteresis is used. If the input signal is a pulse waveform, with relatively fast rise and fall times, hysteresis is not required.

All pins of any unused comparators should be grounded.

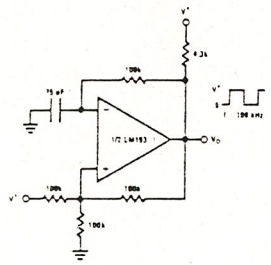
The bias network of the LM193 series establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from 2.0 V_{DC} to 30 V_{DC}.

It is usually unnecessary to use a bypass capacitor across the power supply line.

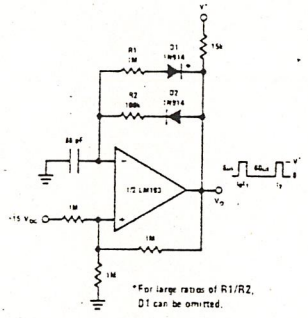
The differential input voltage may be larger than V^+ without damaging the device (see Note 8). Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than −0.3 V_{DC} (at 25°C). An input clamp diode can be used as shown in the applications section.

The output of the LM193 series is the uncommitted collector of a grounded-emitter NPN output transistor. Many collectors can be tied together to provide an output OR'ing function. An output pull-up resistor can be connected to any available power supply voltage within the permitted supply voltage range and there is no restriction on this voltage due to the magnitude of the voltage which is applied to the V^+ terminal of the LM193 package. The output can also be used as a simple SPST switch to ground (when a pull-up resistor is not used). The amount of current which the output device can sink is limited by the drive available (which is independent of V^+) and the β of this device. When the maximum current limit is reached (approximately 16 mA), the output transistor will come out of saturation and the output voltage will rise very rapidly. The output saturation voltage is limited by the approximately 60Ω r_{SAT} of the output transistor. The low offset voltage of the output transistor (1.0 mV) allows the output to clamp essentially to ground level for small load currents.

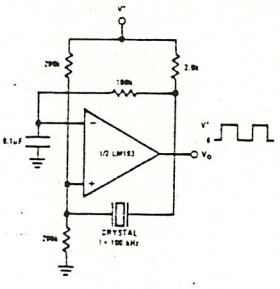
Typical Applications (Continued) ($V^+ = 15\ V_{DC}$)



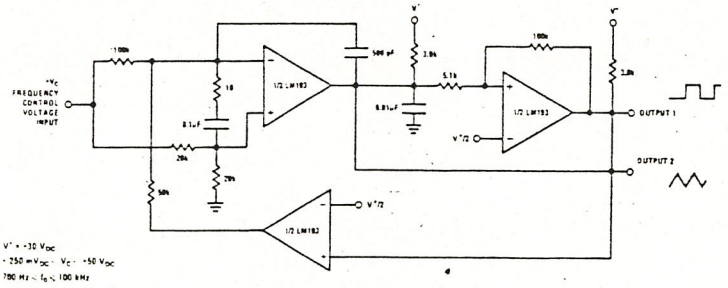
Squarewave Oscillator



Pulse Generator



Crystal Controlled Oscillator



Two-Decade High-Frequency VCO

National Semiconductor

Industrial Blocks

LM567/LM567C Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

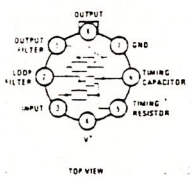
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

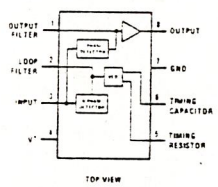
Schematic and Connection Diagrams

Metal Can Package

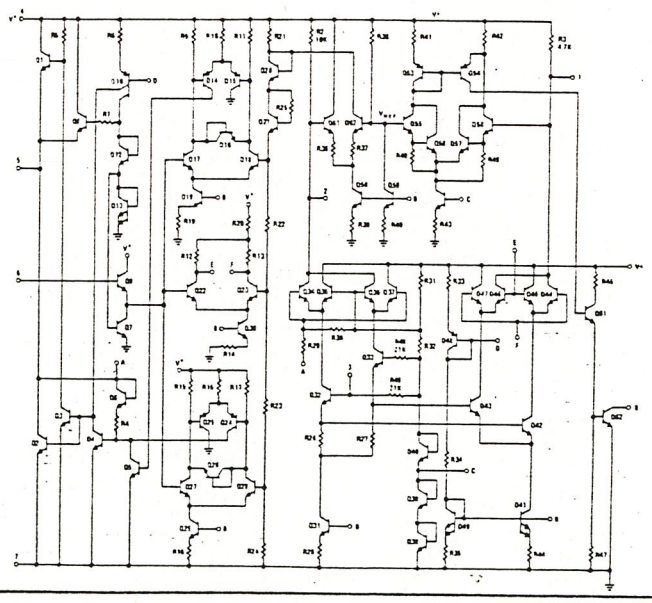


Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package H08C

Dual-In-Line Package



Order Number LM567CN
See NS Package N08B



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage Pin	10V
Power Dissipation (Note 1)	300 mW
V_8	15V
V_3	−10V
V_3	V_8 + 0.5V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

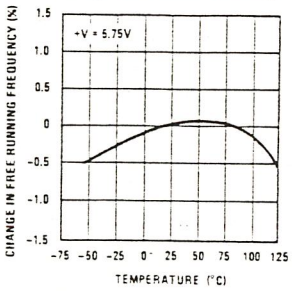
Electrical Characteristics (AC Test Circuit, T_A = 25°C, V_C = 5V)

PARAMETERS	CONDITIONS	LM567			LM567C/LM567CN			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current	R_L = 20k							
Quiescent			6	8		7	10	mA
Power Supply Current	R_L = 20k							
Activated			11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20	22	15	20	25	kΩ
Smallest Detectable Input Voltage	I_L = 100 mA, $f_i = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	I_C = 100 mA, $f_i = f_o$	10	15		10	15		mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	B_n = 140 kHz		−6			−6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			±0.1	0.25		±0.1	0.5	%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75V − 6.75V		±1	±2		±1	±5	%/V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability	$0 < T_A < 70$		35 ± 60			35 ± 60		ppm/°C
	$-55 < T_A < +125$		35 ± 140			35 ± 140		ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V − 6.75V		0.5	1.0		0.4	2.0	%/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			f_o/20			f_o/20		
Output Leakage Current	V_8 = 15V		0.01	25		0.01	25	μA
Output Saturation Voltage	e_i = 25 mV, I_8 = 30 mA		0.2	0.4		0.2	0.4	V
	e_i = 25 mV, I_8 = 100 mA		0.6	1.0		0.6	1.0	
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

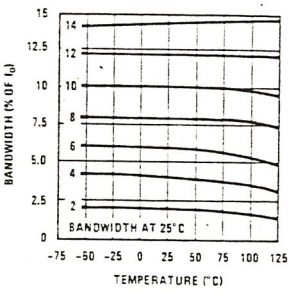
Note 1: The maximum junction temperature of the LM567 is 150°C, while that of the LM567C and LM567CN is 100°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 187°C/W, junction to ambient.

Typical Performance Characteristics

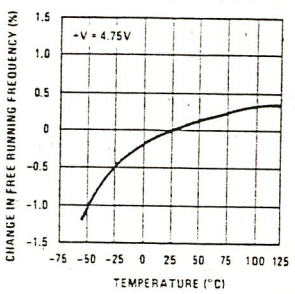
Typical Frequency Drift with Temperature (Mean and S.D.)



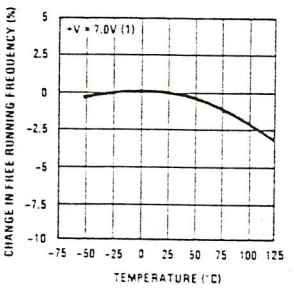
Typical Bandwidth Variation with Temperature



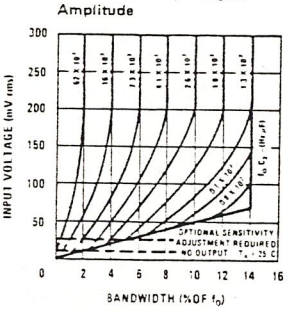
Typical Frequency Drift with (Mean and S.D.) Temperature



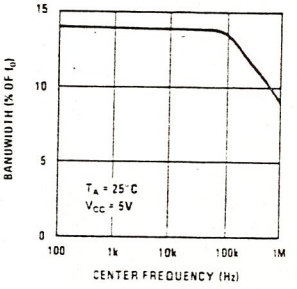
Typical Frequency Drift with Temperature (Mean and S.D.)



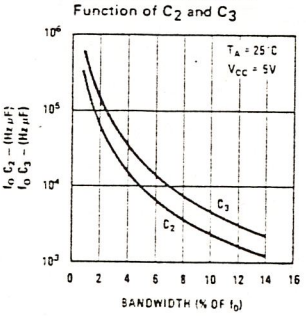
Bandwidth vs Input Signal Amplitude



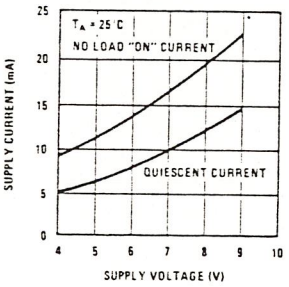
Largest Detection Bandwidth



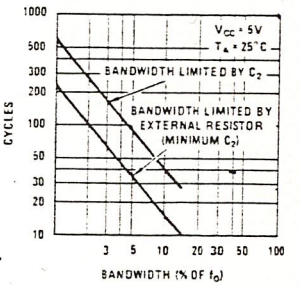
Detection Bandwidth as a Function of C_2 and C_3



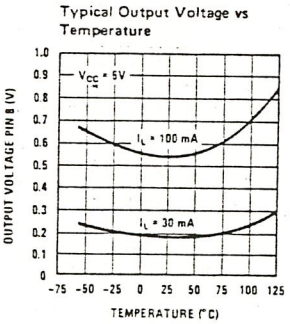
Typical Supply Current vs Supply Voltage



Greatest Number of Cycles Before Output

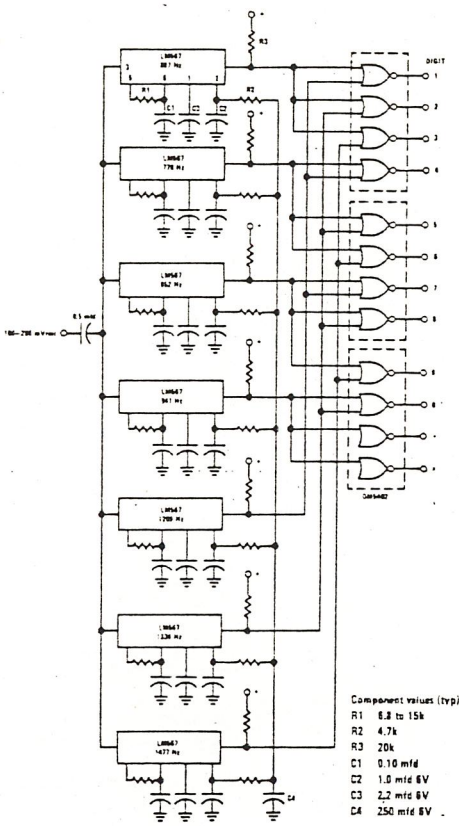


Typical Output Voltage vs Temperature



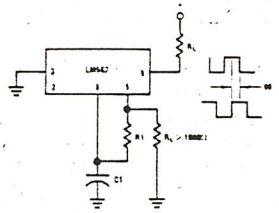
Typical Applications

Touch-Tone Decoder



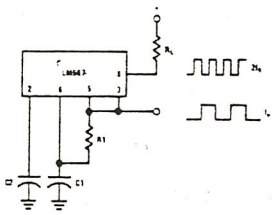
Component values (typ)
R1 6.8 to 15k
R2 4.7k
R3 20k
C1 0.10 mfd
C2 1.0 mfd 6V
C3 2.2 mfd 6V
C4 250 mfd 6V

Oscillator with Quadrature Output

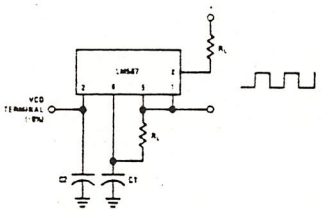


Connect pin 3 to 2.8V to invert output.

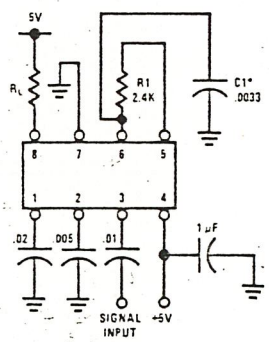
Oscillator with Double Frequency Output



Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



AC Test Circuit



f_o = 100 kHz +5V

*Note: Adjust for f_o = 100 kHz.

Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_o \cong \frac{1}{1.1 R_1 C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_o C_2}} \quad \text{in \% of } f_o$$

Where:

V_i = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200$ mV

C_2 = Capacitance at Pin 2 (μF)

National Semiconductor

LM555/LM555C Timer

General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

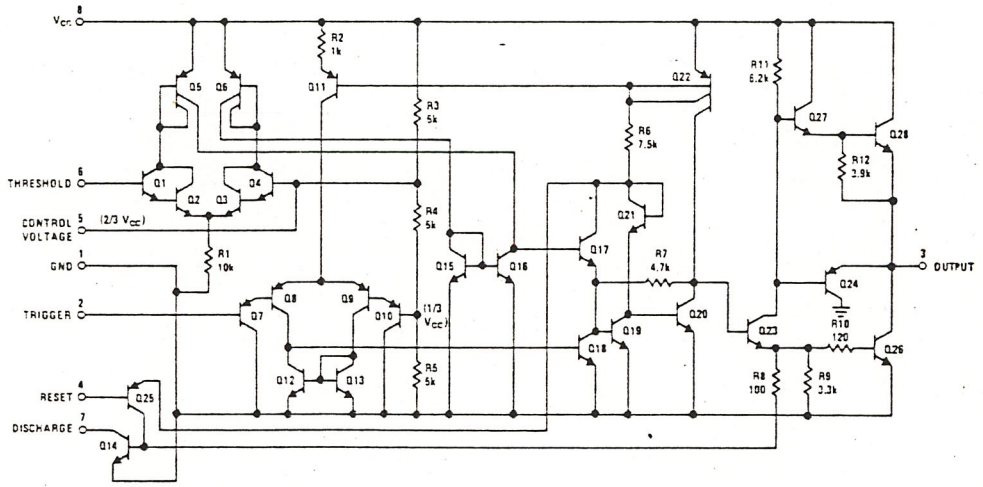
Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

Applications

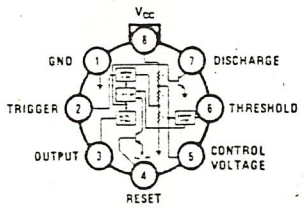
- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

Schematic Diagram



Connection Diagrams

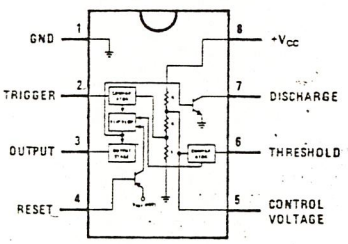
Metal Can Package



TOP VIEW

Order Number LM555H, LM555CH
See NS Package H08C

Dual-In-Line Package



TOP VIEW

Order Number LM555CN*
See NS Package N08B
Order Number LM555J or LM555CJ
See NS Package J08A

Applications Information (Continued)

generated. *Figure 12* shows a circuit configuration that will perform this function.

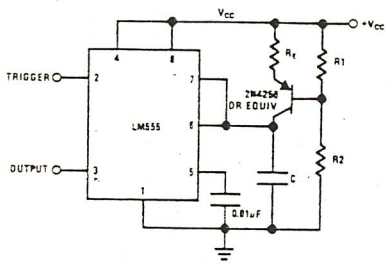


FIGURE 12.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3\ V_{CC}\ R_E\ (R_1 + R_2)\ C}{R_1\ V_{CC} - V_{BE}\ (R_1 + R_2)}$$

$$V_{BE} \simeq 0.6V$$

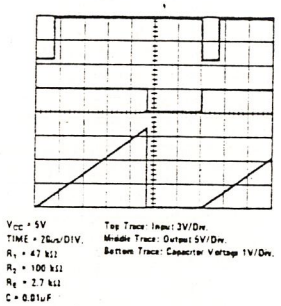


FIGURE 13. Linear Ramp

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors R_A and R_B may be connected as in *Figure 14*. The time period for the output high is the same as previous, $t_1 = 0.693\ R_A\ C$. For the output low it is t_2 =

$$[(R_A\ R_B)/(R_A + R_B)]\ C\ \text{Ln}\left[\frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A}\right]$$

Thus the frequency of oscillation is $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$

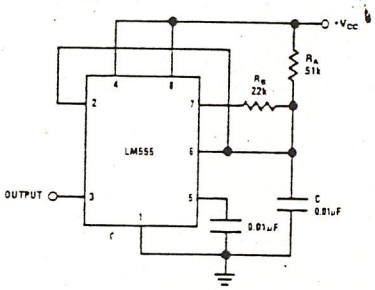


FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if R_B is greater than 1/2 R_A because the junction of R_A and R_B cannot bring pin 2 down to 1/3 V_{CC} and trigger the lower comparator.

ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is 0.1μF in parallel with 1μF electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as 10μs when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to 10μs minimum.

Delay time reset to output is 0.47μs typical. Minimum reset pulse width must be 0.3μs, typical.

Pin 7 current switches within 30 ns of the output (pin 3) voltage.

National Semiconductor

Operational Amplifiers/Buffers

LM101A/LM201A/LM301A Operational Amplifiers

General Description

The LM101A series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. Advanced processing techniques make possible an order of magnitude reduction in input currents, and a redesign of the biasing circuitry reduces the temperature drift of input current. Improved specifications include:

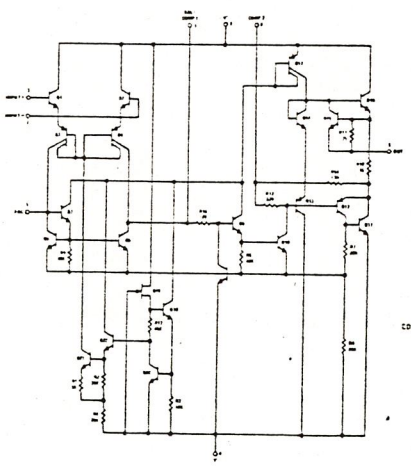
- Offset voltage 3 mV maximum over temperature (LM101A/LM201A)
- Input current 100 nA maximum over temperature (LM101A/LM201A)
- Offset current 20 nA maximum over temperature (LM101A/LM201A)
- Guaranteed drift characteristics
- Offsets guaranteed over entire common mode and supply voltage ranges
- Slew rate of 10V/μs as a summing amplifier

This amplifier offers many features which make its application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, freedom from oscillations and compensation with a single 30 pF capacitor. It has advantages over internally compensated amplifiers in that the frequency compensation can be tailored to the particular application. For example, in low frequency circuits it can be overcompensated for increased stability margin. Or the compensation can be optimized to give more than a factor of ten improvement in high frequency performance for most applications.

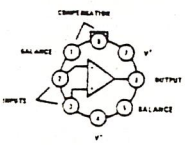
In addition, the device provides better accuracy and lower noise in high impedance circuitry. The low input currents also make it particularly well suited for long interval integrators or timers, sample and hold circuits and low frequency waveform generators. Further, replacing circuits where matched transistor pairs buffer the inputs of conventional IC op amps, it can give lower offset voltage and drift at a lower cost.

The LM101A is guaranteed over a temperature range of −55°C to +125°C, the LM201A from −25°C to +85°C, and the LM301A from 0°C to 70°C.

Schematic** and Connection Diagrams (Top Views)

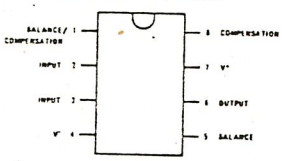


Metal Can Package



Order Number LM101AH, LM201AH or LM301AH
See NS Package H08C

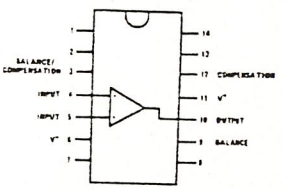
Dual-In-Line Package



Order Number LM101AJ, LM201AJ, LM301AJ
See NS Package J08A

Order Number LM301AN
See NS Package N08A

Dual-In-Line Package



Note: Pin 6 connected to bottom of package.

Order Number LM101AJ-14
LM201AJ-14 or LM301AJ-14
See NS Package J14A

**Pin connections shown are for metal can.

Absolute Maximum Ratings

	LM101A/LM201A	LM301A
Supply Voltage	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration (Note 3)	Indefinite	Indefinite
Operating Temperature Range	−55°C to +125°C (LM101A) −25°C to +85°C (LM201A)	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C

Electrical Characteristics (Note 4)

PARAMETER	CONDITIONS	LM101A/LM201A			LM301A			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage LM101A, LM201A, LM301A	$T_A = 25°C$ $R_S \leq 50\ k\Omega$		0.7	2.0		2.0	7.5	mV
Input Offset Current	$T_A = 25°C$		1.5	10		3.0	50	nA
Input Bias Current	$T_A = 25°C$		30	75		70	250	nA
Input Resistance	$T_A = 25°C$	1.5	4.0		0.5	2.0		MΩ
Supply Current	$T_A = 25°C$							
	$V_S = \pm 20V$		1.8	3.0				mA
	$V_S = \pm 15V$					1.8	3.0	mA
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25°C$, $V_S = \pm 15V$ $V_{OUT} = \pm 10V$, $R_L \geq 2\ k\Omega$	50	160		25	160		V/mV
Input Offset Voltage	$R_S \leq 50\ k\Omega$			3.0			10	mV
	$R_S \leq 10\ k\Omega$							mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage	$R_S \leq 50\ k\Omega$		3.0	15		6.0	30	μV/°C
	$R_S \leq 10\ k\Omega$							μV/°C
Input Offset Current				20			70	nA
	$T_A = T_{MAX}$							nA
	$T_A = T_{MIN}$							nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current	$25°C \leq T_A \leq T_{MAX}$		0.01	0.1		0.01	0.3	nA/°C
	$T_{MIN} \leq T_A \leq 25°C$		0.02	0.2		0.02	0.6	nA/°C
Input Bias Current				0.1			0.3	μA
Supply Current	$T_A = T_{MAX}$, $V_S = \pm 20V$		1.2	2.5				mA
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15V$, $V_{OUT} = \pm 10V$, $R_L \geq 2k$	25			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15V$							
	$R_L = 10\ k\Omega$	±12	±14		±12	±14		V
	$R_L = 2\ k\Omega$	±10	±13		±10	±13		V
Input Voltage Range	$V_S = \pm 20V$	±15						V
	$V_S = \pm 15V$		+15, −13		±12	+15, −13		V
Common-Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 50\ k\Omega$	80	96		70	90		dB
	$R_S \leq 10\ k\Omega$							dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$R_S \leq 50\ k\Omega$	80	96		70	96		dB
	$R_S \leq 10\ k\Omega$							dB

Note 1: The maximum junction temperature of the LM101A is 150°C, and that of the LM201A/LM301A is 100°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient, or 45°C/W, junction to case. The thermal resistance of the dual-in-line package is 187°C/W, junction to ambient.

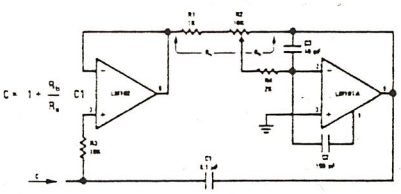
Note 2: For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 3: Continuous short circuit is allowed for case temperatures to 125°C and ambient temperatures to 75°C for LM101A/LM201A, and 70°C and 55°C respectively for LM301A.

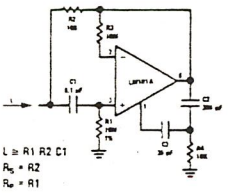
Note 4: Unless otherwise specified, these specifications apply for C1 = 30 pF, $\pm 5V \leq V_S \leq \pm 20V$ and $-55°C \leq T_A \leq +125°C$ (LM101A), $\pm 5V \leq V_S \leq \pm 20V$ and $-25°C \leq T_A \leq +85°C$ (LM201A), $\pm 5V \leq V_S \leq \pm 15V$ and $0°C \leq T_A \leq +70°C$ (LM301A).

Typical Applications **

Variable Capacitance Multiplier



Simulated Inductor

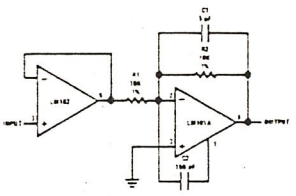


$L \geq R1\,R2\,C1$

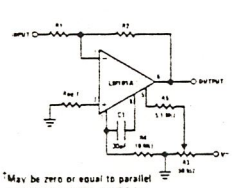
$R_S = R2$

$R_P = R1$

Fast Inverting Amplifier With High Input Impedance

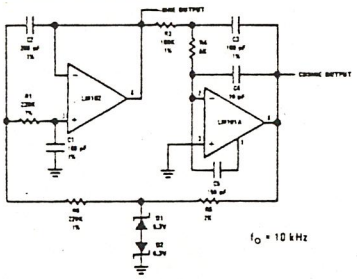


Inverting Amplifier with Balancing Circuit



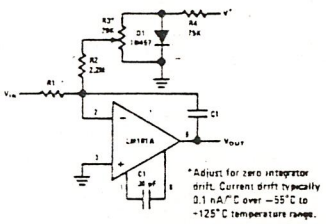
*May be zero or equal to parallel combination of R1 and R2 for minimum offset.

Sine Wave Oscillator



$f_O = 10$ kHz

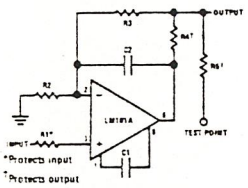
Integrator with Bias Current Compensation



*Adjust for zero integrator drift. Current drift typically 0.1 nA/°C over −55°C to +125°C temperature range.

Application Hints **

Protecting Against Gross Fault Conditions

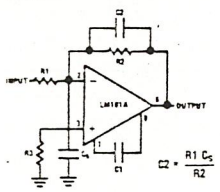


*Protects input

†Protects output

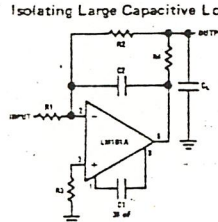
‡Protects output—not needed when R4 is used.

Compensating For Stray Input Capacitances Or Large Feedback Resistor



$C_2 = \frac{R1\,C_S}{R2}$

Isolating Large Capacitive Loads



Although the LM101A is designed for trouble free operation, experience has indicated that it is wise to observe certain precautions given below to protect the devices from abnormal operating conditions. It might be pointed out that the advice given here is applicable to practically any IC op amp, although the exact reason why may differ with different devices.

When driving either input from a low-impedance source, a limiting resistor should be placed in series with the input lead to limit the peak instantaneous output current of the source to something less than 100 mA. This is especially important when the inputs go outside a piece of equipment where they could accidentally be connected to high voltage sources. Large capacitors on the input (greater than 0.1 μF) should be treated as a low source impedance and isolated with a resistor. Low impedance sources do not cause a problem unless their output voltage exceeds the supply voltage. However, the supplies go to zero when they are turned off, so the isolation is usually needed.

The output circuitry is protected against damage from shorts to ground. However, when the amplifier output is connected to a test point, it should be isolated by a limiting resistor, as test points frequently get shorted to bad places. Further, when the amplifier drives a load external to the equipment, it is also advisable to use some sort of limiting resistance to preclude mishaps.

Precautions should be taken to insure that the power supplies for the integrated circuit never become reversed—even under transient conditions. With reverse voltages greater than 1V, the IC will conduct excessive current, fuzing internal aluminum interconnects. If there is a possibility of this happening, clamp diodes with a high peak current rating should be installed on the supply lines. Reversal of the voltage between V^+ and V^- will always cause a problem, although reversals with respect to ground may also give difficulties in many circuits.

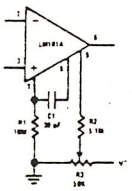
The minimum values given for the frequency compensation capacitor are stable only for source resistances less than 10 kΩ, stray capacitances on the summing junction less than 5 pF and capacitive loads smaller than 100 pF. If any of these conditions are not met, it becomes necessary to overcompensate the amplifier with a larger compensation capacitor. Alternately, lead capacitors can be used in the feedback network to negate the effect of stray capacitance and large feedback resistors or an RC network can be added to isolate capacitive loads.

Although the LM101A is relatively unaffected by supply bypassing, this cannot be ignored altogether. Generally it is necessary to bypass the supplies to ground at least once on every circuit card, and more bypass points may be required if more than five amplifiers are used. When feed-forward compensation is employed, however, it is advisable to bypass the supply leads of each amplifier with low inductance capacitors because of the higher frequencies involved.

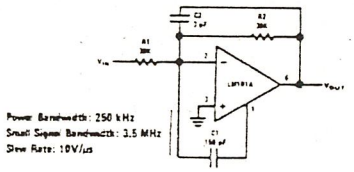
**Pin connections shown are for metal can.

Typical Applications** (Continued)

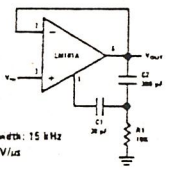
Standard Compensation and Offset Balancing Circuit



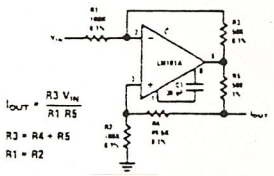
Fast Summing Amplifier



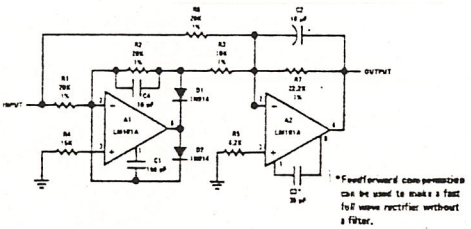
Fast Voltage Follower



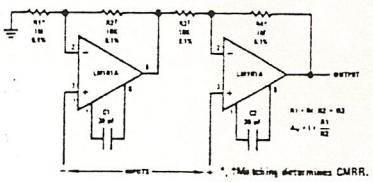
Bilateral Current Source



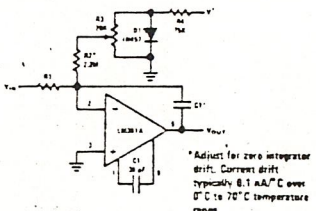
Fast AC/DC Converter*



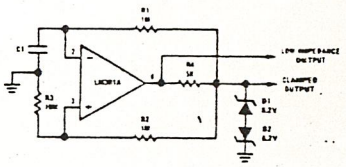
Instrumentation Amplifier



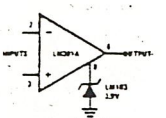
Integrator with Bias Current Compensation



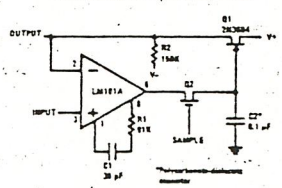
Low Frequency Square Wave Generator



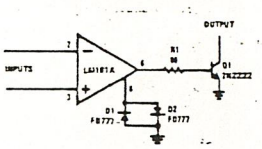
Voltage Comparator for Driving RTL Logic or High Current Driver



Low Drift Sample and Hold



Voltage Comparator for Driving DTL or TTL Integrated Circuits



**Pin connections shown are for metal can.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลงได้ด้วยคำแนะนำ และการได้รับความร่วมมือและช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษา และเพื่อน ๆ ทุกคนโดยเฉพาะเพื่อน ๆ ชุมนุมวิชาการ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา คือ ผศ. พิพัฒน์ เลาหสงคราม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ชุมนุมวิชาการทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและกำลังสมอง ในการทำงานครั้งนี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอบคุณมากจริง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควัดคุมที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์เล็ก ๆ น้อย ๆ และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

คณะผู้จัดทำ

บรรณานุกรม

1. ชัยศักดิ์ ชุมวงษ์ " **เครื่องตรวจจับและเตือนแก๊สรั่ว** " วารสารคอมพิวเตอร์อิเลคทรอนิคส์ เวิลด์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 81 หน้า 71 2526
2. พนม เพชรจตุพร " **ระบบป้องกันภัย** " คณะวิศวกรรมศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ผศ. พิพัฒน์ เลาหสงคราม " **ไมโครคอนโทรลเลอร์** " คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. Tagushi " **Gas Sensor Handbook by Figaro Engineering Inc.** "
5. National Semiconductor " **DATABOOK** "